

KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ TÌNH TRẠNG KỸ THUẬT CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL TRÊN MÁY ỦI

EXPERIMENTAL RESULTS ON TECHNICAL CONDITIONS OF DIESEL ENGINE ON THE BULLDOZERS

Nguyễn Huy Chiến^{1,*}, Nguyễn Hà Hiệp², Nguyễn Văn Tuấn³, Nguyễn Phi Trường¹, Nguyễn Văn Ninh⁴, Nguyễn Hữu Tuấn⁵

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.144>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả thử nghiệm xác định đặc tính khởi động, đo áp suất cuối nén, áp suất dầu bôi trơn, nồng độ khói đen khí thải, tốc độ quay trục khuỷu động cơ, vận tốc chuyển động của máy ủi khi hành trình ở các số khác nhau, cũng như đo lực kéo của máy ủi khi sử dụng các thiết bị và dụng cụ đo hiện đại, có kiểm định. Trên cơ sở kết quả đo và kết quả xử lý dữ liệu đo, tiến hành đánh giá tình trạng kỹ thuật của động cơ diesel trên máy ủi. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để đánh giá động cơ diesel trên máy ủi khi mua mới hay sửa chữa hoán cải.

Từ khóa: Động cơ diesel, máy ủi, áp suất, khí thải, tốc độ.

ABSTRACT

This article experimentally explores starting characteristics and measures compression pressure, lubricating oil pressure, black smoke concentration, crankshaft rotation speed, and bulldozer speed when operating under different gear levels and measuring bulldozer thrust using modern accredited tools. Based on the measurement results and data processing results, the technical state of diesel engines on bulldozers is assessed. The research results are the basis for the evaluation of engines, as well as bulldozers when buying new, repair.

Keywords: Diesel engines, bulldozer, pressure, exhaust, speed.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Học viện Kỹ thuật Quân sự

³Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

⁴Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

⁵Trường Đại học Thủy lợi

*Email: chiennh@hau.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/3/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/5/2023

Ngày chấp nhận đăng: 25/8/2023

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy ủi, đặc biệt là các máy ủi thế hệ mới được chế tạo với nhiều tính năng để có thể san ủi khối lượng lớn đất, đá trong các điều kiện nhiệt độ và tính chất đất, đá khác nhau. Nhu cầu xây dựng ngày càng cao, dẫn đến nhu cầu nhập khẩu,

sản xuất mới, sửa chữa cải tiến các máy ủi đã qua sử dụng ngày càng lớn.

Một trong những nhiệm vụ quan trọng khi nhập khẩu, xuất xưởng máy ủi mới hoặc sau khi sửa chữa máy ủi đã qua sử dụng là đánh giá chất lượng của nó, trong đó đánh giá tình trạng kỹ thuật của động cơ diesel lắp trên máy ủi là khâu quan trọng. Đặc biệt là khi động cơ đã được đại tu tại nhà máy sửa chữa.

Khi nhập khẩu cả lô nhiều chiếc máy ủi, cũng như khi xuất xưởng máy ủi mới được sản xuất, cơ quan chức năng thường đánh giá một mẫu đại diện của lô. Khi sửa chữa, đặc biệt là sửa chữa đơn chiếc trong điều kiện của nước ta thì việc kiểm tra đánh giá máy ủi nói chung và tình trạng kỹ thuật của động cơ lắp trên đó được thực hiện cho từng máy ủi riêng biệt.

Bài báo trình bày kết quả thực nghiệm đo các thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ như áp suất cuối nén, áp suất dầu bôi trơn, nồng độ khói đen khí thải, tốc độ quay trục khuỷu động cơ, vận tốc chuyển động của máy ủi khi hành trình ở các số khác nhau, cũng như đo lực kéo của máy ủi. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để đánh giá tình trạng kỹ thuật của động cơ diesel trên máy ủi khi mua mới hay sửa chữa hoán cải.

2. ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ THIẾT BỊ THỬ NGHIỆM

2.1. Đối tượng, nội dung và tiêu chuẩn áp dụng

Đối tượng nghiên cứu là động cơ diesel YAMZ-236B-4 lắp trên máy ủi B12 [7]. Đây là loại máy ủi được chế tạo bởi Nhà máy sản xuất máy kéo Chelyabinsk, thuộc thành phần của Tập đoàn Uralvagonzavod, Nga.

Động cơ có 6 xi lanh, bố trí hình chữ V, đường kính xi lanh và hành trình piston tương ứng là 130mm và 140mm, công suất tại bánh đà 169kW (230HP) khi đạt tốc độ quay 1800 vòng/phút, suất tiêu thụ nhiên liệu không quá 162g/HP.h, tiêu hao dầu không quá 0,5% tiêu thụ nhiên liệu.

Để đánh giá tình trạng kỹ thuật của động cơ cần tiến hành thử nghiệm đo một số thông số làm việc cơ bản của

động cơ, được quy định trong các tài liệu tiêu chuẩn. Trong nghiên cứu này sử dụng một số tiêu chuẩn trong nước, cũng như nước ngoài tương đương. Các thông số hoặc đại lượng cần đo, nội dung thử nghiệm và tiêu chuẩn áp dụng khi tiến hành thử nghiệm được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số, nội dung và tiêu chuẩn áp dụng khi thử nghiệm

TT	Thông số	Nội dung	Tiêu chuẩn
1	Đặc tính khởi động	Đánh giá khả năng khởi động động cơ trong điều kiện vận hành thực tế	TCVN 7772-2015 [1]
2	Áp suất cuối nén	Đánh giá tính bao kín của pit tông-xéc măng-xi lanh và các xupap (Bộ hơi)	TT 89/2015/TT-BGTVT [2]
3	Tốc độ quay trực khuỷu động cơ	Đánh giá sự tương ứng giữa đặc tính kỹ thuật động cơ theo Cataloge, thông số hiển thị của đồng hồ đo trên máy ủi và chỉ báo trên thiết bị đo đã qua kiểm định	QCVN13:2011/BGTVT [4]
4	Áp suất dầu bôi trơn	Đánh giá sự tương ứng giữa đặc tính kỹ thuật động cơ theo Cataloge, chỉ báo của đồng hồ đo trên máy ủi và chỉ báo trên thiết bị đo đã qua kiểm định	QCVN13:2011/BGTVT [4]
5	Nồng độ khói đen	Đánh giá chất lượng chu trình công tác của động cơ: hệ số nạp, mức độ cháy hoàn toàn; rò lọt dầu bôi trơn vào buồng cháy; thỏa mãn tiêu chuẩn về khí thải	TCVN 6438-2005 [3]
6	Vận tốc của máy ủi khi chạy ở các số khác nhau	Đánh giá khả năng phát công suất có ích của động cơ tương ứng với tốc độ quy định trong Cataloge	QCVN13:2011/BGTVT [4]
7	Lực kéo của máy ủi	Đánh giá khả năng phát mô-men và công suất có ích của động cơ tương ứng với giá trị ghi trong Cataloge	GOST 18509-2001 [5]

2.2. Dụng cụ và thiết bị đo

Các dụng cụ và thiết bị đo dùng trong thử nghiệm đã qua kiểm định, được sử dụng để kiểm định phương tiện. Danh mục các dụng cụ và thiết bị đo được đưa ra trong bảng 2.

Bảng 2. Danh mục các dụng cụ và thiết bị

TT	Tên dụng cụ, thiết bị	Dải đo	Độ chính xác
1	Đồng hồ đo áp suất	0 - 7MPa	0,015MPa
2	Dụng cụ đo tốc độ, ME	0 - 10000vg/ph	±0,01%
4	Diesel Smoke Tester, Koen DS-2000	0 - 100 HSU	1 HSU
5	Đồng hồ đo tốc độ vòng quay HHT13	0 - 20000vg/ph	±0,01%
6	Đầu đo lực Load cell	0 - 12 tấn	±0,1%
7	Thiết bị chuyển đổi dữ liệu NI 6009		

3. TIẾN HÀNH THỬ NGHIỆM

3.1. Xác định đặc tính khởi động

Máy ủi B12 đã được đại tu tại nhà máy sửa chữa sau đó để máy ủi ít nhất 18 giờ trong điều kiện môi trường [1]. Chuẩn bị động cơ và các thao tác khởi động theo hướng dẫn của Nhà sản xuất động cơ [7]. Tiến hành khởi động bằng động cơ điện.

Kết quả như sau: Khởi động 1 lần thời gian không quá 15 giây, động cơ làm việc ổn định. Sau khi khởi động, động cơ được chạy sấy nóng ở chế độ không tải tại tốc độ 1000vg/ph trong vòng 5 phút theo khuyến cáo của Nhà sản xuất [7]. Tiến hành cấp nhiên liệu tối đa (bàn đạp ga được nhấn đến cỡ chặn) tốc độ động cơ tăng lên tối đa là 1890vg/ph (hình 1) ứng với tốc độ bằng 1,05 lần tốc độ quay định mức (1800vg/ph).



Hình 1. Tốc độ tối đa của động cơ ở chế độ không tải

Động cơ khởi động thành công trong 1 lần, thỏa mãn điều kiện quy định về đặc tính khởi động của động cơ và tốc độ cực đại của động cơ bằng 1,05 lần tốc độ định mức thỏa mãn [1].

3.2. Đo áp suất cuối nén



Hình 2. Thiết bị và kết quả đo áp suất cuối nén

Đo áp suất cuối nén bằng đồng hồ đo áp suất thông qua lỗ lắp vòi phun trên nắp xi lanh. Tháo vòi phun động cơ, lắp đồ gá đầu lấy mẫu vào lỗ lắp vòi phun. Trước khi lắp thiết bị đo, động cơ được khởi động và sấy nóng đến 80 - 85°C. Khi đo ngắt hoàn toàn nhiên liệu, bật chìa khóa điện để máy khởi động quay trục khuỷu động cơ, áp suất được đo ba lần cho mỗi xi lanh, sau đó tính giá trị trung bình cho ba lần đo, độ lệch áp suất giữa các xi lanh không quá 0,05 MPa. Giá trị áp suất cuối nén trung bình theo kết quả đo $p_c = 3,30\text{MPa}$. Áp suất cuối kỳ nén của động cơ thử nghiệm theo tính toán chu trình công tác $p_c = 3,40\text{MPa}$, sai số 2,9%.

Thiết bị đo và kết quả đo áp suất cuối nén được thể hiện trên hình 2. Áp suất cuối kỳ nén tương ứng với giá trị đặc tính kỹ thuật của động cơ mới, tính bao kín của bộ hơi đảm bảo [7].

3.3. Đo tốc độ quay trục khuỷu động cơ

Đo tốc độ quay trục khuỷu động cơ bằng cảm biến gắn trên đường nhiên liệu cao áp ở chế độ không tải tại ba tốc độ 600vg/ph; 1060vg/ph và 1890vg/ph [6]. Chỉ số trên dụng cụ đo và trên đồng hồ báo tốc độ của máy ủ tương ứng với nhau. Thiết bị đo và kết quả đo tốc độ quay trục khuỷu động cơ được thể hiện trên hình 3. Chỉ báo tốc độ trên đồng hồ của máy ủ sát với tốc độ quay trục khuỷu động cơ thực và động cơ đạt tốc độ cực đại 1860vg/ph khi cấp nhiên liệu tối đa.



Hình 3. Thiết bị và kết quả đo tốc độ quay trục khuỷu động cơ

3.4. Đo áp suất dầu bôi trơn

Áp suất dầu bôi trơn được đo trên đường dầu chính ở 3 chế độ tốc độ khác nhau, mỗi chế độ đo 3 lần sau đó lấy giá trị trung bình. Kết quả đo áp suất dầu bôi trơn như trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả đo áp suất dầu bôi trơn

Tốc độ quay, vg/ph	600	1060	1890
Áp suất dầu trên đường dầu chính, kPa	0,38	0,54	0,6

Chỉ số trên dụng cụ đo và chỉ báo đồng hồ áp suất dầu trên máy ủ tương ứng nhau và tương ứng với thông số áp suất của hệ thống bôi trơn trên động cơ.

Áp suất dầu trên đường dầu chính sát với giá trị thông số kỹ thuật của động cơ mới.

3.5. Đo nồng độ khói đen

Nhiên liệu dùng trong thử nghiệm là nhiên liệu diesel truyền thống, dầu bôi trơn dùng trong thử nghiệm có ký

hiệu M-5з/16-Д₂ theo khuyến cáo của nhà sản xuất [8]. Đo nồng độ khói đen bằng phương pháp gia tốc tự do ba giai đoạn [3]. Thiết bị và hiển thị kết quả đo nồng độ khói đen được thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Thiết bị và hiển thị kết quả đo nồng độ khói đen

Quy trình đo theo phương pháp gia tốc tự do ba giai đoạn như sau: Khi động cơ làm việc ở chế độ không tải với tốc độ ổn định nhỏ nhất n_{min} nhấn bàn đạp ga từ từ trong 0,5 - 1,0 giây đến cỡ chặn. Giữ bàn đạp ga ở vị trí này trong 2 - 3 giây, sau đó nhả bàn đạp ga, sau 8 - 10 giây tiến hành thao tác lại. Đo 3 lần, kết quả đo nồng độ khói đen như trong bảng 4.

Bảng 4. Kết quả đo nồng độ khói đen

Lần đo	1	2	3
%HSU	5,4	7,7	6,8
%HSU trung bình	6,6		

Khi sử dụng nhiên liệu và dầu bôi trơn theo khuyến cáo của Nhà sản xuất, nồng độ khói đen của khí thải động cơ là 6,6 HSU, nồng độ này thỏa mãn Tiêu chuẩn Việt Nam quy định 50 HSU đối với động cơ mới [3]. Trong động cơ không xảy ra tình trạng lọt và cháy dầu bôi trơn, khả năng tạo hỗn hợp trong buồng cháy tốt, nhiên liệu cháy hoàn toàn, nghĩa là tình trạng kỹ thuật của động cơ tốt.

3.6. Đo vận tốc của máy ủ ở các số khác nhau

Khi tiến hành phép đo này sử dụng đồng hồ đo số vòng quay HHT13 của hãng Omega. Đồng hồ đo tốc độ vòng quay HHT13 có dải đo lớn, độ chính xác cao, khả năng đo được tốc độ lên tới 20.000vg/ph. Thiết bị này có thể xuất tín hiệu dạng

analog sang các bộ xử lý tín hiệu khác phục vụ việc ghi dữ liệu và đồng bộ với các thiết bị đo khác. Bộ thiết bị gồm có một cảm biến đo số vòng quay bằng quang học (sử dụng ánh sáng laser), thiết bị cảm biến đo số vòng quay kiểu tiếp xúc, băng dính phản quang và các dây tín hiệu. Đồng hồ đo số vòng quay và lắp đặt đồng hồ lên máy ủi để đo tốc độ của bánh sau được thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Đồng hồ đo số vòng quay và lắp đặt lên máy ủi

Kết quả đo theo các số tiến, số lùi được thể hiện trong bảng 5, trong đó n_2 - tốc độ quay của bánh sao, vg/ph; n_1 - tốc độ quay trục khuỷu động cơ, vg/ph.

Bảng 5. Kết quả đo tốc độ bánh sao và trục khuỷu động cơ

Tốc độ, vg/ph	Tiến			Lùi		
	Số 1	Số 2	Số 3	Số 1	Số 2	Số 3
n_2	18,4	33,9	76,1	24,3	42,1	63,2
n_1	1882	1860	1860	1870	1880	1885

Với bán kính của bánh sao $R = 0,59m$, vận tốc chuyển động của máy ủi được xác định theo công thức $v = 2\pi Rn_2$, vận tốc tối đa của máy ủi ghi trong Cataloge tại các số khác nhau là v_{max} . Kết quả xử lý số liệu đo trong bảng 5 và so sánh với giá trị v_{max} của nhà sản xuất [7] được trình bày trong bảng 6.

Bảng 6. Kết quả xác định vận tốc của máy ủi và so sánh với giá trị của nhà sản xuất

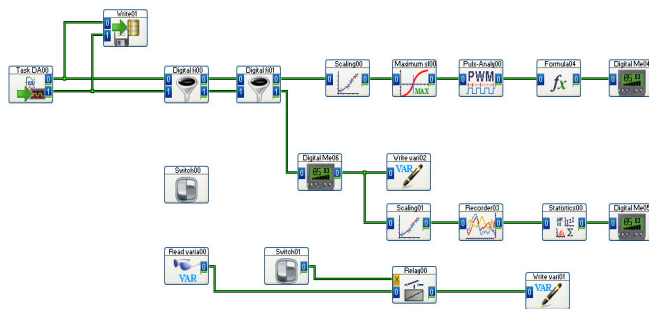
Thông số		Tiến			Lùi		
		Số 1	Số 2	Số 3	Số 1	Số 2	Số 3
n_2	vg/ph	18,4	33,9	76,1	24,3	42,1	63,2
v	m/ph	57,78	106,45	238,95	76,30	132,19	198,45
	km/h	3,47	6,39	14,34	4,58	7,93	11,91
v_{max}	km/h	3,42	6,07	9,57	4,25	7,54	11,87
Sai số (giữa v và v_{max}), %		1,4	5,0	33,3	7,2	4,9	0,3

Nhà sản xuất xác định tốc độ tối đa của máy ủi là v_{max} khi động cơ làm việc ở chế độ tốc độ cực đại $n_{1max} = 1890vg/ph$. Khi thử nghiệm chúng ta đo vận tốc của máy ủi ở các số khác nhau với $n_1 \approx n_{1max}$, kết quả đo giá trị $v > v_{max}$, nghĩa là động cơ hoạt động ở chế độ tốc độ gần tối đa phát ra công suất cực đại. Trong thử nghiệm này $v > v_{max}$ được giải thích là do đường thử được chuẩn bị sạch sẽ, tạo điều kiện thuận lợi cho máy ủi chuyển động. Tình trạng kỹ thuật của động cơ tốt, nên động cơ phát công suất tối đa.

3.7. Đo lực kéo của máy ủi

Khi đo lực kéo sử dụng đầu đo lực (Load cell). Load cell là loại đầu đo chuyên dụng dùng để đo lực nén, được chế tạo liền khối với chất liệu thép không gỉ. Vì đầu đo là dạng đo lực nén, nên để đo lực kéo, đã tiến hành thiết kế, chế tạo đồ gá để lắp đặt đầu đo, chuyển dạng đo lực nén sang đo lực kéo. Để chuyển đổi dữ liệu sử dụng bộ chuyển đổi dữ liệu NI 6009. Để xử lý số liệu sử dụng máy tính có cài phần mềm DaSyLab 11 chạy trên nền window 7 kết hợp với phần mềm Messurement & Automation NI-DAQmx8x dùng để nhận tín hiệu của thiết bị đo qua thiết bị xử lý NI-6009. Thiết bị và phần mềm để đo lực kéo được thể hiện trên hình 6. Hoàn chỉnh lắp đặt đo lực kéo thể hiện trên hình 7.

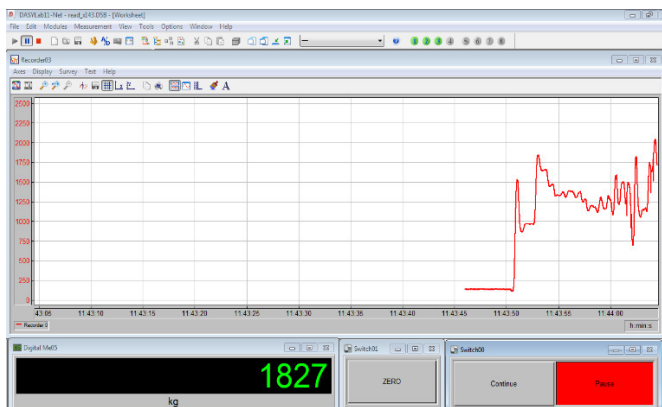
Khi đo lực kéo, tiến hành cho máy ủi chuyển động ở số 2 tiến. Phép đo được thực hiện ở hai chế độ tốc độ là chế độ cục bộ (khi chân ga chưa chạm cũ chặn) và chế độ đặc tính ngoài (khi cấp nhiên liệu tối đa). Mỗi chế độ được đo 3 lần sau đó lấy giá trị trung bình các lần đo, giá trị lực kéo là giá trị trung bình của toàn bộ quá trình đo trong một chế độ. Trên hình 8 là ví dụ kết quả đo lực kéo ở chế độ cục bộ tốc độ quay trục khuỷu 1070vg/ph. Kết quả đo ở các chế độ được thể hiện trong bảng 7.



Hình 6. Thiết bị và phần mềm để đo lực kéo



Hình 7. Hoàn chỉnh lắp đặt, tiến hành đo lực kéo



Hình 8. Kết quả đo lực kéo ở chế độ cục bộ tốc độ quay trục khuỷu 1070vg/ph

Bảng 7. Kết quả đo lực kéo ở các chế độ khác nhau

Chế độ	Tốc độ động cơ, vg/ph	Tốc độ trung bình, vg/ph	Lực kéo trung bình, kN
Chế độ cục bộ	1070; 1069; 1072	1070	1827
	1200; 1200; 1198	1200	1967
Theo đặc tính ngoài	1102; 1100; 1098	1100	7380
	1202; 1200; 1198	1200	8524

Xử lý kết quả đo:

- Mômen quay tại bánh sau: $M_b = F \cdot R$
- Tỷ số truyền từ trục khuỷu đến bánh sau: $i = \frac{n_1}{n_2} = 54,87$
- Mômen trên trục khuỷu động cơ: $M_e = M_b / i$
- Công suất động cơ: $N_e = \frac{M_e \cdot n_1}{9550}$

Kết quả xử lý số liệu để tính mô men trên trục khuỷu động cơ như bảng 8.

Bảng 8. Kết quả xử lý số liệu để tính mô men trên trục khuỷu động cơ

Thông số	n_1 , vg/ph	F, N	M_b , Nm	M_e , Nm	N_e , kW
Chế độ cục bộ	1070	18270	10779	196	22
	1200	19670	11605	212	27
Theo đặc tính ngoài	1100	73800	43542	794	92
	1200	85235	50289	917	115

So sánh giá trị mômen, công suất thử nghiệm với giá trị theo đường đặc tính ngoài của nhà sản xuất động cơ như trong bảng 9.

Bảng 9. So sánh mômen, công suất theo đường đặc tính ngoài

Thử nghiệm		Cataloge		Sai số	
M_e , Nm	N_e , kW	M_e , Nm	N_e , kW	M_e , %	N_e , %
794	92	800	94	0,75	3,2
917	115	925	120	0,86	4,1

Kết quả đo kéo cho thấy động cơ phát mô men quay có ích gần tương ứng với giá trị theo đặc tính ngoài của động cơ do nhà sản xuất công bố, sai số dưới 1%. Công suất của

động cơ theo đường đặc tính ngoài gần bằng công suất của động cơ do Nhà sản xuất thử nghiệm (sai số dưới 5%).

4. KẾT LUẬN

Căn cứ vào kết quả thử nghiệm xác định đặc tính khởi động; đo áp suất cuối nén; áp suất dầu bôi trơn; nồng độ khói đen; tốc độ quay trục khuỷu động cơ; vận tốc của máy ủi khi chạy ở các số khác nhau, cũng như đo lực kéo của máy ủi có thể thấy rằng tình trạng kỹ thuật của động cơ tốt, động cơ phát mô men và công suất tối đa phù hợp với giá trị quy định của nhà sản xuất.

Nội dung và kết quả nghiên cứu là cơ sở để xây dựng quy trình thử nghiệm động cơ trên máy ủi, cũng như đánh giá tình trạng kỹ thuật của động cơ khi mua máy ủi mới, hoán cải thay động cơ trên máy ủi, cũng như khi đại tu động cơ diesel trên máy ủi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TCVN 7772-2015. *Moving engineering construction machinery and equipment - Classification.*
- [2]. Circular No. 89/2015/TT-BGTVT dated 31/12/2015 of Ministry of Transport providing for technical safety quality and environmental protection inspection of transport construction machinery.
- [3]. TCVN 6438-2005. *Road vehicles - Maximum permitted emission limits of exhaust gases.*
- [4]. QCVN13:2011/BGTVT. *National technical regulation on quality, safety and environmental protection for construction machinery.*
- [5]. GOST 18509-2001. *Tractor and combine diesel engines. Methods of bench tests.*
- [6]. GOST 30748-2001. *Agricultural tractors. Measurement of the maximum speed.*
- [7]. YaMZ-236 engines. *Specifications and device.* www.yamz-dizel.ru/engines/yamz/236.
- [8]. B12. *Specifications.* www.chtz-uraltrac.ru.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Huy Chien¹, Nguyen Ha Hiep², Nguyen Van Tuan³,
Nguyen Phi Truong¹, Nguyen Van Ninh⁴, Nguyen Huu Tuan⁵

¹Hanoi University of Industry, Vietnam

²Military Technical Academy, Hanoi, Vietnam

³University of Transport Technology, Hanoi, Vietnam

⁴Hung Yen University of Technology and Education, Vietnam

⁵ThuyLoi University, Hanoi, Vietnam