

NGHIÊN CỨU THAY THẾ ĐỘNG CƠ TRÊN XE THIẾT GIÁP XÍCH RESEARCH ON REPLACING ENGINES IN CHAIN ARMoured VEHICLE

DƯƠNG THÀNH CÔNG^{1*}, CÙ XUÂN PHONG¹, TÔ VIỆT THÀNH¹,
NGUYỄN ANH VƯỢNG², VŨ MẠNH TẤN²

¹Khoa Động lực, Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

*Email liên hệ: duongthanhcongmta@gmail.com

Tóm tắt

Quân đội ta đang được trang bị một số xe thiết giáp xích như xe chiến đấu bộ binh BMP-1, BMP-2, M-113, ... Trong quá trình khai thác, sử dụng, tình trạng kỹ thuật của trang bị đều đã xuống cấp, công tác bảo đảm kỹ thuật gặp nhiều khó khăn do khan hiếm vật tư phụ tùng. Vì vậy việc nghiên cứu sản xuất vật tư hoặc cụm hệ thống tương đương để thay thế là nhu cầu cấp thiết. Bài báo này tập trung trình bày phương án thay thế động cơ nguyên bản VTĐ-20 trên xe BMP-1 bằng động cơ mới, có sẵn trên thị trường, cụ thể là động cơ DOOSAN DL-08. Nội dung chính gồm: giải pháp kết cấu lắp đặt động cơ mới, tính toán kiểm nghiệm lại phương án thay thế động cơ.

Từ khóa: Xe thiết giáp, động cơ, kết cấu, động lực học.

Abstract

Our army is equipped with a number of chained armored vehicles such as infantry fighting vehicles BMP-1, BMP-2, M-113, ... In the process of exploitation and use, the technical condition of the equipment has deteriorated, and technical assurance has encountered many difficulties due to the scarcity of spare parts. Therefore, the research and production of equivalent materials or systems for replacement is an urgent need. This article focuses on presenting a plan to replace the original VTĐ-20 engine on the BMP-1 with a new, commercially available engine, specifically the DOOSAN DL-08 engine. The main content includes: structural solution to install a new engine, calculation and re-testing of the engine replacement plan.

Keywords: Armored vehicle, engine, structure, dynamics.

1. Mở đầu

Động cơ là nguồn cung cấp lực kéo giúp cho xe chuyển động. Các thông số của động cơ ảnh hưởng trực tiếp đến động lực học chuyển động của xe. Xe chiến đấu bộ binh BMP-1 của quân đội ta sử dụng động cơ VTĐ-20 do Nga sản xuất, hiện đã lỗi thời và có thời gian khai thác, sử dụng dài dẫn đến xuống cấp nghiêm trọng. Vì vậy việc thay thế động cơ này là hết sức cấp thiết.

Bảng 1. So sánh các thông số động cơ VTĐ-20 và DOOSAN DL-08 [2]

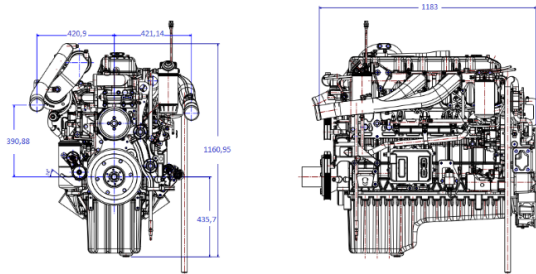
Thông số xe	Động cơ VTĐ-20	Động cơ DOOSAN DL-08
Kiểu động cơ	Diezel, 4 kỳ	Diezel, 4 kỳ, tăng áp
Số lượng, bố trí xi lanh	6, chữ V	6, chữ I
Công suất lớn nhất (KW)	225	250
Trọng lượng khô (kg)	665	836
Kích thước bao của động cơ (mm) D x R x C	791 x 1150 x 742	1183 x 918 x 1161
Mômen xoắn lớn nhất (N.m)	1000	1323
Số vòng quay ở công suất lớn nhất (vòng/phút)	2600	2200
Số vòng quay lớn nhất (vòng/phút)	2850	2420
Số vòng quay nhỏ nhất (vòng/phút)	700	600

Đã có nhiều công trình nghiên cứu về thay thế động cơ trên xe quân sự nhưng đa phần là xe thiết giáp lớp [1], chưa có nghiên cứu đối với xe thiết giáp xích. Bài báo này trình bày nghiên cứu về phương án thay động cơ VTĐ-20 trên xe thiết giáp xích bằng động cơ mới DOOSAN DL-08, do Hàn Quốc sản xuất, dễ dàng

có thể đặt mua. Hai động cơ có kích thước, công suất và mô men xoắn khác nhau nên cần phải thiết kế, tính toán phương án lắp đặt và khảo sát lại động lực học chuyển động của xe. Các thông số chính của động cơ YTD-20 và động cơ thay thế (DOOSAN DL-08) được mô tả trong Bảng 1 ở trên.

2. Phương án lắp đặt động cơ DOOSAN DL-08

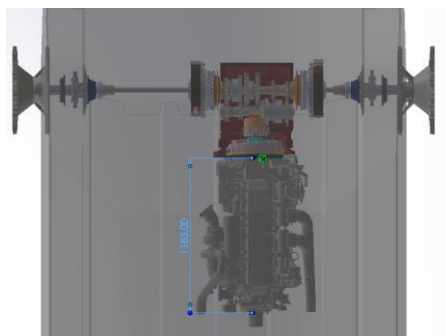
Động cơ cũ YTD-20 được thiết kế gồm 6 xi lanh, bố trí hình chữ V, có kích thước DxRxC là 791 x 1150 x 742 (mm). Trong khi đó, động cơ mới DOOSAN DL-08 được thiết kế gồm 6 xi lanh, bố trí hình chữ I, có kích thước DxRxC là 1183 x 918 x 1161 (mm) (Hình 1). Do đó cần phải đưa ra phương án lắp đặt động cơ phù hợp [2].



Hình 1. Kích thước thực tế động cơ DOOSAN DL-08

Khi thay thế động cơ, vẫn phải ưu tiên giữ khoảng cách và đảm bảo tính đồng trục giữa trục khuỷu của động cơ và trục chủ động của Ly hợp chính. Từ đó mới xác định những thay đổi ở vị trí khác, cụ thể về giải pháp kết cấu như sau:

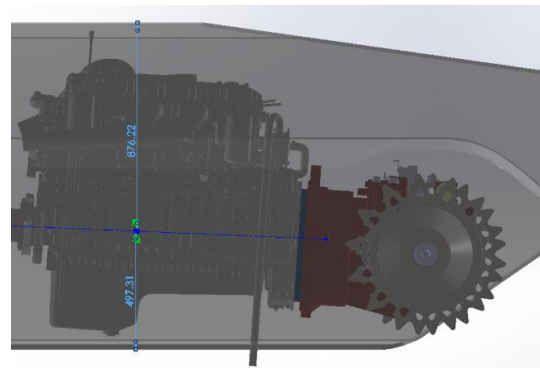
Động cơ DOOSAN DL-08 dài hơn động cơ trên xe nguyên bản 392mm nên cần bố trí thêm khoảng không tương ứng ở phía sau động cơ cũ (Hình 2).



Hình 2. Kích thước theo chiều dài thực tế khi lắp động cơ DOOSAN DL-08

Để xác định những thay đổi về chiều cao, lấy mốc là đường tâm trục. Cụ thể, khoảng cách từ tâm trục khuỷu đến đáy các te động cơ DOOSAN DL-08 là 436

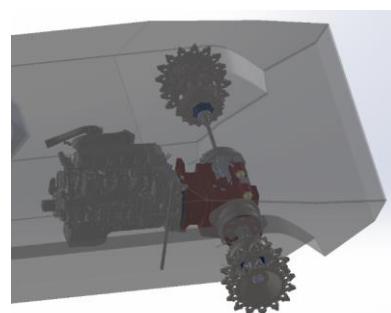
mm, vừa chạm đến sàn xe. Khoảng cách từ tâm trục khuỷu đến điểm trên cùng của động cơ DOOSAN DL-08 là 725mm, lúc này động cơ chạm tằm thiết giáp bên trên. Vì vậy, cần phải nâng độ cao của mặt trên thân xe thêm 150mm để đảm bảo cho động cơ nằm gọn bên trong. Tổng chiều cao thân xe bây giờ sẽ là 1374mm, đã bao gồm cả chiều dày lớp giáp được thể hiện trong Hình 3.



Hình 3. Kích thước theo chiều cao thực tế khi lắp động cơ DOOSAN DL-08

Động cơ DOOSAN DL-08 rộng nhỏ hơn động cơ cũ là 232 mm nên khi lắp đặt động cơ mới sẽ không gây ra những tác động lên kết cấu thân xe mà còn tạo ra khoảng trống 2 bên, có thể tận dụng để bố trí các thiết bị khác.

Nhóm tác giả giữ nguyên hệ thống truyền lực giống như của xe nguyên bản để khảo sát động lực học chuyển động thẳng, từ đó có thể so sánh, đưa ra đánh giá về chất lượng động lực học chuyển động của xe trước và sau khi thay thế động cơ [3].

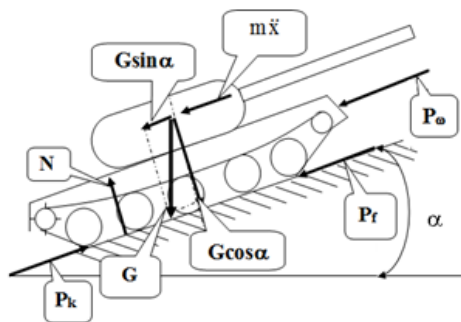


Hình 4. Mô phỏng 3D sau khi lắp động cơ DOOSAN DL-08 trên phần mềm Solidworks

3. Khảo sát động lực học chuyển động thẳng

Động cơ YTD-20 và động cơ DOOSAN DL-08 có công suất, mô men xoắn và số vòng quay khác nhau (Bảng 1) nên cần phải khảo sát lại động lực học chuyển động của xe. Bài báo sử dụng phần mềm Mathcad để hỗ trợ cho việc tính toán.

Mô hình khảo sát động lực học chuyển động thẳng của xe thể hiện trên Hình 5 [4].



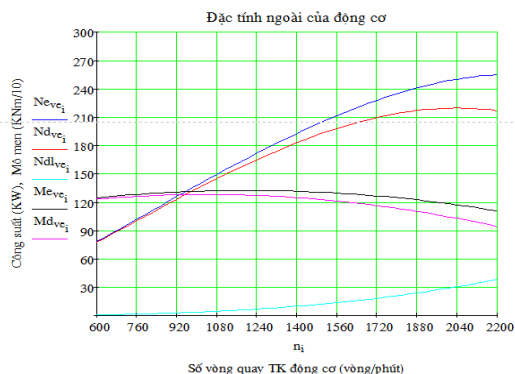
Hình 5. Mô hình khảo sát động lực học chuyển động thẳng

Trong đó: G - Trọng lượng xe; N - Phản lực pháp tuyến; P_k - Lực kéo; P₀ - Lực cản không khí; P_f - Lực cản chuyển động; α - Góc dốc; m \ddot{x} - Lực quán tính

Phương trình vi phân chuyển động của xe:

$$P_k = P_f + G \cdot \sin \alpha + m\ddot{x} \quad (1)$$

Sử dụng công thức thực nghiệm Lây-Đéc-Man để xây dựng đồ thị đặc tính ngoài động cơ trên Hình 6 [4].



Hình 6. Đặc tính ngoài động cơ DOOSAN DL-08

Vận tốc ở các vòng quay của động cơ ứng với từng tay số:

$$v_i = \frac{0,377 \cdot r_{cd} \cdot n}{i_{li}} \quad (2)$$

Trong đó: n là số vòng quay của trục khuỷu, (v/ph); r_{cd} là bán kính bánh sao chủ động, (m); i_{li} là tỷ số truyền của hệ thống truyền lực ở tay số thứ i và bằng:

$$i_{li} = i_{hi} \cdot i_{qv} \cdot i_{dc} \quad (3)$$

Với: i_{hi} là tỷ số truyền của hộp số ở tay số thứ i, i_{qv} là tỷ số truyền của cơ cấu quay vòng, ở đây xét i_{qv} = 1, i_{dc} là tỷ số truyền của truyền động cạnh, i_{dc} = 5,5.

Lực kéo đơn vị trên bánh sao chủ động:

$$f_{cd} = \frac{3,6 \cdot N_d \cdot \eta_{tl}}{G \cdot V_i} \quad (4)$$

Trong đó: η_{tl} là hiệu suất của hệ thống truyền lực,

$$\eta_{tl} = \eta_n^{m_1} \cdot \eta_{tr}^{m_2} \quad (5)$$

Với: η_n là hiệu suất bánh răng nón, η_n = 0,97;

η_{tr} là hiệu suất bánh răng trụ, η_{tr} = 0,98; m₁ là số cặp bánh răng nón, m₁ = 1; m₂ là số cặp bánh răng trụ, m₂ = 3;

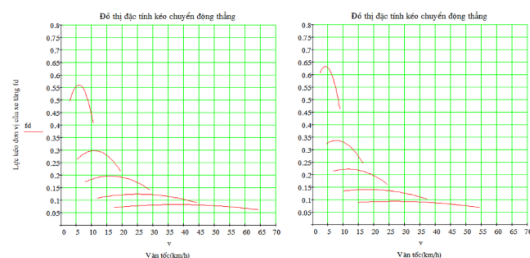
Hiệu suất của bộ dẫn tiến xích:

$$\eta_x = 0,95 - \frac{1}{f_{cd}} (0,013 + 0,0000013v_i^2) \quad (6)$$

Lực kéo đơn vị của xe:

$$f_d = f_{cd} \cdot \eta_x \quad (7)$$

Kết quả đưa ra được đồ thị đặc tính kéo chuyển động thẳng của xe trước và sau khi thay thế động cơ thể hiện trên Hình 7.



Hình 7. Đặc tính kéo chuyển động thẳng của xe nguyên bản (bên trái) và xe đã được thay thế động cơ (bên phải)

Khi xe khởi hành, quá trình tăng tốc tại tay số đó sẽ được chia thành ba giai đoạn:

Giai đoạn tăng tốc thứ nhất: Từ thời điểm khởi động xe bắt đầu chuyển động đến khi vận tốc góc phần

chủ động và bị động của ly hợp chính bằng nhau [4].

Gia tốc của xe ở giai đoạn tăng tốc thứ nhất:

$$\ddot{x}_1 = \frac{g}{\delta_0} \cdot (\beta \cdot f_{d\max} - f_c) \quad (8)$$

Trong đó: \ddot{x}_1 là gia tốc tăng tốc ở giai đoạn thứ nhất; $f_{d\max}$ là lực kéo đơn vị lớn nhất của xe tăng ở tay số khởi hành; δ_0 là hệ số tăng khối lượng giả định khi ly hợp chính mở; β là hệ số dự trữ của ly hợp; f_c là hệ số cản tổng cộng của đường.

Vận tốc chuyển động của xe trong giai đoạn thứ nhất được xác định:

$$v_1 = 3,6 \ddot{x}_1 t \quad (9)$$

Trong đó: t_1 là giá trị thời gian tức thời ở giai đoạn thứ nhất.

Giai đoạn tăng tốc thứ hai: Từ thời điểm kết thúc sự trượt các đĩa ma sát của ly hợp chính đến khi đạt số vòng quay tính toán của động cơ [4].

Gia tốc ở giai đoạn tăng tốc thứ hai:

$$\ddot{x}_2 = \frac{g}{\delta} (f_d - f_c) \quad (10)$$

Vận tốc xe ở cuối đoạn thứ nhất xác định qua biểu thức:

$$v_2 = v_1 + 3,6 \ddot{x}_2 t_2 \quad (11)$$

Trong đó: v_1 là vận tốc xe ở cuối giai đoạn thứ hai ở số vòng quay tính toán của động cơ n_N , t_2 là giá trị thời gian tức thời ở giai đoạn thứ hai.

Giai đoạn tăng tốc thứ ba: Từ thời điểm cắt ly hợp chính sau khi đạt số vòng quay tính toán của động cơ n_N đến khi đóng ly hợp để chuyển sang số tiếp theo [4].

Gia tốc của xe tăng ở giai đoạn thứ ba:

$$\ddot{x}_3 = -f_c \frac{g}{\delta_0} \quad (12)$$

Trên cơ sở đó, vận tốc xe ở giai đoạn thứ ba xác định theo biểu thức:

$$v_3 = v_2 - 3,6 \ddot{x}_3 t_3 \quad (13)$$

Ở đây v_2 là vận tốc xe ở cuối giai đoạn thứ hai ở số vòng quay tính toán của động cơ n_N , t_3 là giá trị thời gian tức thời ở giai đoạn thứ ba.

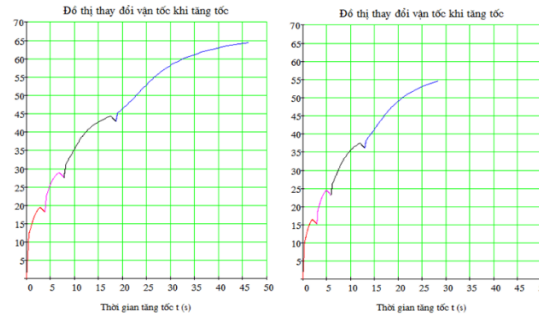
Quá trình tăng tốc ở số truyền tiếp theo xảy ra tương tự như đã trình bày ở trên chỉ khác là trong trường hợp này ở giai đoạn thứ nhất các chi tiết bị động

của ly hợp ngay từ đầu đã quay với vận tốc góc ứng với vận tốc v_3 của xe ở cuối giai đoạn tăng tốc thứ ba ở số truyền trước [4].

Vận tốc của xe ở giai đoạn thứ nhất ở số truyền tiếp theo được xác định bằng phương trình:

$$v' = v_3 + 3,6 \ddot{x}'_1 t \quad (14)$$

Kết quả đưa ra được đồ thị tăng tốc chuyển động thẳng của xe trước và sau khi thay thế động cơ thể hiện



Hình 8. Đặc tính tăng tốc xe nguyên bản (bên trái) và xe đã được thay thế động cơ (bên phải)

trên Hình 8.

Từ biểu thức vận tốc:

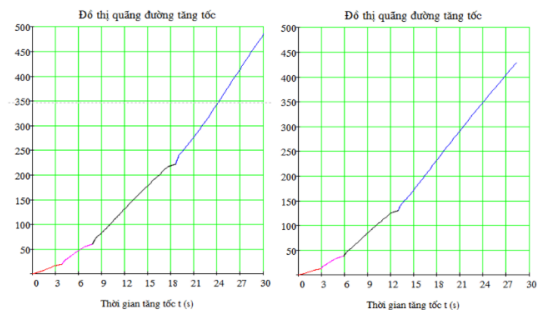
$$v = \frac{dS}{dt} \quad (15)$$

Nên ta có: $dS = v \cdot dt$

Từ đó quãng đường xe tăng đi được từ khi bắt đầu tăng tốc đến khi đạt được vận tốc nào đó sẽ là:

$$S = \int_{t_0}^{t_n} v dt \quad (16)$$

Trong đó: S là quãng đường, t_0 là thời gian bắt đầu



Hình 9. Đồ thị quãng đường tăng tốc xe nguyên bản (bên trái) và xe đã được thay thế động cơ (bên phải)

di chuyển, t_n là thời gian kết thúc di chuyển.

Kết quả khảo sát động lực học chỉ ra rằng xe thiết

giáp xích sau khi thay thế động cơ DOOSAN DL-08 có sự thay đổi về: vận tốc tối đa, vượt góc dốc lớn nhất, thời gian và quãng đường tăng tốc. Cụ thể được thể

Bảng 2. So sánh thông số đánh giá chất lượng động lực học khi xe khi sử dụng động cơ VTĐ-20 và DOOSAN DL-08

Thông số xe	Động cơ VTĐ-20	Động cơ DOOSAN DL-08
Vận tốc lớn nhất (km/h)	64,4	54,5
Vượt góc dốc lớn nhất (°)	30	34,5
Thời gian tăng tốc đến khi đạt vận tốc 50 km/h (s)	22,5	21,3
Quãng đường tăng tốc đến khi đạt vận tốc 50 km/h (m)	319	281

hiện trong Bảng 4.

4. Kết luận

Bài báo đã phân tích, lựa chọn phương án lắp đặt động cơ DOOSAN DL-08 thay thế cho động cơ VTĐ-20 trên xe thiết giáp xích, đồng thời khảo sát chất lượng động lực học chuyển động thẳng của xe thiết giáp xích sau khi thay thế động cơ.

Do động cơ DOOSAN DL-08 có kiểu dáng, kích thước khác với động cơ nguyên bản nên bài báo đã đưa ra giải pháp về kết cấu để có thể bố trí và lắp đặt động cơ mới.

Bài báo khảo sát chất lượng động lực học chuyển động thẳng của xe trước và sau khi thay thế động cơ và đưa ra đồ thị để có thể so sánh một cách trực quan. Kết quả cho thấy: Vận tốc tối đa của xe giảm từ 64,4km/h xuống còn 54,5km/h, lực kéo đơn vị ở các số truyền lớn hơn so với xe nguyên bản, khả năng vượt dốc tăng lên, thời gian và quãng đường tăng tốc đạt vận tốc yêu cầu nhỏ hơn khi sử dụng động cơ cũ.

Ở bài báo này, tất cả những tính toán đều trên cơ sở hệ thống truyền lực cũ, cần tiếp tục nghiên cứu và cải tiến hệ thống truyền lực để xe có khả năng cơ động tương đương hoặc hơn xe nguyên bản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mai Đức Sơn, *Nghiên cứu khả năng thay thế hai động cơ xăng bằng một động cơ diesel trên xe thiết giáp chở quân BTR-60PB*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 2017.
- [2] Lê Thanh Tuấn, *Nghiên cứu thiết kế bố trí chung xe thiết giáp chở quân trên cơ sở ô tô quân sự*, Luận án Tiến sĩ, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 2020.
- [3] Vũ Quốc Bảo, *Cấu tạo xe tăng Tập 4*, Học viện kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 2003.
- [4] Nguyễn Văn Luận, Nguyễn Văn Tân, Lê Trung Dũng, *Lý thuyết xe tăng*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 1990.

Ngày nhận bài:	09/7/2021
Ngày nhận bản sửa:	11/8/2021
Ngày duyệt đăng:	16/8/2021