

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ TÍNH KINH TẾ NHIÊN LIỆU CỦA Ô TÔ SỬ DỤNG HỘP SỐ TỰ ĐỘNG 7 CẤP KẾT HỢP VỚI BIẾN MÔ THỦY LỰC

RESEARCH AND ASSESSMENT OF THE FUEL ECONOMY OF CAR USING A 7 SPEED AUTOMATIC TRANSMISSION WITH HYDRAULIC VARIOUS

Nguyễn Thị Hương, Trần Văn Hoàng

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 28/03/2023, chấp nhận đăng ngày 25/05/2023

Tóm tắt: Bài báo này sử dụng phần mềm MATLAB-SIMULINK [5] nghiên cứu đánh giá tính kinh tế nhiên liệu của ô tô thông qua hệ thống động lực học của xe ô tô đối với những xe sử dụng hệ thống thủy cơ, các thông số tính toán tương đương với xe du lịch 2.0 lít [2]. Kết quả tính toán cho thấy, ở các tỷ số 5, 6, 7 tại thời điểm công suất Ne từ 40 kW, 60 kW, 80 kW cho biết được suất tiêu hao nhiên liệu và quãng đường đi được của xe. Kết quả của nghiên cứu sẽ làm cơ sở cho việc tính toán, thiết kế, kiểm tra và so sánh hệ thống truyền lực. Qua đó, giúp cho người khai thác chọn được các chế độ hợp lý nhất đảm bảo hiệu suất lớn nhất và suất tiêu hao nhiên liệu nhỏ nhất.

Từ khóa: Hộp số, thủy cơ, suất tiêu hao, biến mô.

Abstract: This article utilizes MATLAB - SIMULINK software [5] to investigate and evaluate the fuel economy of automobiles through the vehicle's powertrain system, specifically for vehicles using hydraulic systems, with calculated parameters equivalent to a 2.0-liter passenger car [2]. The computational results indicate the fuel consumption and travel distance of the vehicle at gear ratios 5, 6, and 7, at power levels of 40 kW, 60 kW, and 80 kW. The outcomes of this study will serve as a basis for calculating, designing, testing, and comparing power transmission systems, thereby assisting operators in selecting the most reasonable modes to ensure maximum performance and minimal fuel consumption.

Keywords: Gearbox, hydraulic, consumption, torque converter.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với sự phát triển của công nghệ, hộp số tự động và biến mô thủy lực được sử dụng rộng rãi trên các loại xe ô tô hiện nay. Tuy nhiên, hiệu quả vận hành và tiết kiệm nhiên liệu của những loại hộp số này vẫn còn là một vấn đề cần nghiên cứu. Vì vậy, nghiên cứu đánh giá tính kinh tế nhiên liệu của ô tô sử dụng hộp số tự động 7 cấp kết hợp với biến mô thủy lực sẽ giúp ta hiểu rõ hơn về hiệu quả và tiết kiệm nhiên liệu, từ đó giúp các nhà sản xuất và người dùng có thể có sự lựa chọn tốt nhất cho mục đích sử dụng.

Các vấn đề nghiên cứu về hệ thống truyền lực cần đảm bảo các yếu tố như: Hiệu suất làm việc, tính kinh tế, thân thiện môi trường [6]. Đã có nhiều công trình nghiên cứu mang lại giá trị thực tiễn rất lớn. Nghiên cứu của B. Olofsson, K. Lundahl, K. Berntorp, and L. Nielsen [7], khảo sát điều tra về các thao tác lái xe tối ưu cho các điều kiện đường khác nhau. Nghiên cứu đặc tính tốc độ của động cơ Diesel kiểu Commonrail thông qua xây dựng mô hình trung bình của tác giả [4] nghiên cứu được thực nghiệm trên bộ thử để xác định đặc tính tăng tốc của xe.

Nghiên cứu đánh giá tính kinh tế nhiên liệu của xe sử dụng hộp số tự động 7 cấp kết hợp biến mô thủy lực làm cơ sở cho nhà sản xuất, người sử dụng, cán bộ kỹ thuật tham khảo, xác định các thông số trong truyền động một cách thuận lợi. Là cơ sở cho việc tính toán, thiết kế, kiểm tra, so sánh hệ thống truyền lực. Đảm bảo yêu cầu kinh tế, kỹ thuật, góp phần khai thác và tiết kiệm nhiên liệu của ô tô có trang bị hộp số tự động và biến mô thủy lực đạt hiệu quả cao nhất. Bài báo cũng làm cơ sở để tìm hiểu, nghiên cứu hệ thống truyền lực các loại ô tô sử dụng hộp số tự động kết hợp với biến mô thủy lực phức tạp hơn sau này [3].

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT XÁC ĐỊNH CÁC ĐIỂM LÀM VIỆC TỐI ƯU

Các thông số của xe du lịch 2.0 lít [2] được nhập dữ liệu vào phần mềm MATLAB-SIMULINK [5]. Khi đó ta tính toán và xác định các thông số cơ bản để đảm bảo hiệu quả vận hành ô tô.

2.1. Xây dựng đường đặc tính momen cản của động cơ (M_c)

Phương trình cân bằng lực kéo của ô tô theo [1]:

$$P_k = P_f + P_w = f \cdot G + w \cdot v^2 \quad (1)$$

Từ (1) ta có momen cản của động cơ:

$$M_k = M_c = \frac{r_{bx}(f \cdot G + w \cdot v^2)}{i_{tl} \cdot \eta_{tl}} \quad (2)$$

2.2. Xây dựng đường đặc tính momen khi $N_e = \text{const}$

Áp dụng công thức momen động cơ [1].

$$M_e = \frac{9551 \cdot N_e}{n_e} \quad (3)$$

2.3. Tính toán và lựa chọn các điểm làm việc tối ưu

Việc tính toán tiêu hao nhiên liệu theo quãng

đường làm việc của ô tô chỉ mang tính tương đối vì nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: Chất lượng mặt đường, điều kiện thời tiết, điều kiện giao thông, trình độ người lái xe.

Phương trình tiêu hao nhiên liệu của ô tô G_T [1].

$$G_T = \frac{Q \cdot \rho_{nl}}{t} \text{ (kg/h)} \quad (4)$$

Mức tiêu hao nhiên liệu cho một đơn vị quãng đường chạy q_d :

$$q_d = 100 \cdot \frac{Q}{S_c} \text{ (lit/100km)} \quad (5)$$

Suy ra lượng tiêu hao nhiên liệu:

$$Q = \frac{S_c \cdot q_d}{100} \text{ (lít)}$$

Mức tiêu hao nhiên liệu theo thời gian:

$$G_T = Q \frac{\rho_{nl}}{t} = \frac{\rho_{nl} \cdot S_c \cdot q_d}{100 \cdot t} \text{ (kg/h)} \quad (6)$$

Suất tiêu hao nhiên liệu có ích g_e :

$$g_e = \frac{G_T}{N_e} = \frac{G_T}{M_e \cdot \omega_e} = \frac{30 \cdot G_T}{M_e \cdot n_e \cdot \pi} \text{ (kg/kW.h)} \quad (7)$$

Từ phương trình (4), (5), (6) ta có tiêu hao nhiên liệu theo quãng đường của ô tô là:

$$q_d = \frac{100 \cdot g_e \cdot N_e \cdot t}{S_c \cdot \rho_{nl}} = \frac{100 \cdot g_e \cdot N_e \cdot t}{v \cdot \rho_{nl}} \text{ (lít/100km)} \quad (8)$$

Khi ô tô chuyển động ổn định, công suất kéo cần thiết tại bánh xe để khắc phục cản chuyển động là:

$$N_k = N_c = N_e \cdot \eta_{tl} \text{ (kW)} \quad (9)$$

Như vậy mức tiêu hao nhiên liệu của ô tô phụ thuộc vào suất tiêu hao nhiên liệu có ích của động cơ và công suất tiêu hao để khắc phục cản là:

$$q_d = \frac{100 \cdot g_e \cdot N_e \cdot t}{v \cdot \rho_{nl}} = \frac{100 \cdot g_e \cdot N_c \cdot t}{v \cdot \rho_{nl} \cdot \eta_{tl}} \quad (10)$$

$$\text{Hay } q_d = \frac{100 \cdot g_e \cdot N_k}{v \cdot \rho_{nl} \cdot \eta_{tl}} = \frac{100 \cdot g_e \cdot P_c}{\rho_{nl} \cdot \eta_{tl}} \quad (11)$$

$P_c(N)$: Lực kéo cần thiết để thắng cản tương ứng với mỗi tay số.

$$\text{Ta có: } N = \frac{\diamond W \cdot s}{m} = \frac{\text{kW}}{3600 \cdot \text{km}}$$

$$\text{Nên: } q_d = \frac{100 \cdot g_e \cdot N_c}{v \cdot \rho_{nl} \cdot \eta_{tl}} = \frac{100 \cdot g_e \cdot P_c}{3600 \cdot \rho_{nl} \cdot \eta_{tl}} \left(\frac{\text{lit}}{100 \text{ km}} \right) \quad (12)$$

Theo (2) ta có momen cản của động cơ:

$$M_c = \frac{r_{bx} \cdot P_c}{i_{tl} \cdot \eta_{tl}} = \frac{r_{bx} \cdot (f \cdot G + w \cdot v^2)}{i_{tl} \cdot \eta_{tl}}$$

Vậy tiêu hao nhiên liệu theo quãng đường của ô tô là:

$$q_d = \frac{100 \cdot g_e \cdot M_c \cdot i_{tl}}{3600 \cdot \rho_{nl} \cdot r_{bx}} \left(\frac{\text{lit}}{100 \text{ km}} \right) \quad (13)$$

Để tính được lượng tiêu hao nhiên liệu theo quãng đường xe chạy ta dựa vào “Đồ thị đặc tính của động cơ với các đường đẳng nhiên liệu” [1], xác định các giá trị momen cản và suất tiêu hao nhiên liệu tương ứng với mỗi tay số sau đó thay vào công thức (13) tính tiêu hao nhiên liệu theo quãng đường của ô tô ở các tay số khác nhau.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc tính động cơ với các đường đẳng nhiên liệu

Lựa chọn thông số đầu vào như trên (là thông số đặc trưng cho phần lớn các xe đang lưu hành hiện nay): $r_{bx} = 0,31 \text{ m}$; $G = 20000 \text{ N}$; $f = 0,02$; $w = 0,751$; $\eta_t = 0,92$; $k_{bm} = 1$.

Chọn hộp số có 7 số tiến và 1 số lùi với $i_{h7} < 1$. Ta có:

$$i_{h1} = 4,2; i_{h2} = 3,152; i_{h3} = 2,365; i_{h4} = 1,775; i_{h5} = 1,332; i_{h6} = 1; i_{h7} = 0,75$$

Xây dựng đường đặc tính momen khi $N_e = \text{const}$.

Chọn: $N_e = 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120 \text{ kW}$.

Áp dụng công thức tính momen động cơ [1]:

$$M_e = \frac{9551 \cdot N_e}{n_e} \quad (14)$$

Tính toán trong phần mềm Matlab ta được:

$$M1 = \begin{bmatrix} 95.5100 & 47.7550 & 31.8367 \\ 23.8775 & 19.1020 & 15.9183 \\ 11.9388 & 10.6122 & 9.5510 \\ 7.3469 \end{bmatrix} \text{ (N.m);}$$

$$M2 = \begin{bmatrix} 191.0200 & 95.5100 & 63.6733 \\ 47.7550 & 38.2040 & 31.8367 \\ 23.8775 & 21.2244 & 19.1020 \\ 14.6938 \end{bmatrix} \text{ (N.m);}$$

$$M3 = \begin{bmatrix} 382.0400 & 191.0200 & 127.3467 \\ 95.5100 & 76.4080 & 63.6733 \\ 47.7550 & 42.4489 & 38.2040 \\ 29.3877 \end{bmatrix} \text{ (N.m);}$$

$$M4 = \begin{bmatrix} 764.0800 & 382.0400 & 254.6933 \\ 191.0200 & 152.8160 & 127.3467 \\ 95.5100 & 84.8978 & 76.4080 \\ 58.7754 \end{bmatrix} \text{ (N.m);}$$

$$M5 = \begin{bmatrix} 1146.1 & 573.1 & 382.0 \\ 286.5 & 229.2 & 191.0 \\ 126.3 & 114.6 & 104.2 \\ 88.2 \end{bmatrix} \text{ (N.m);}$$

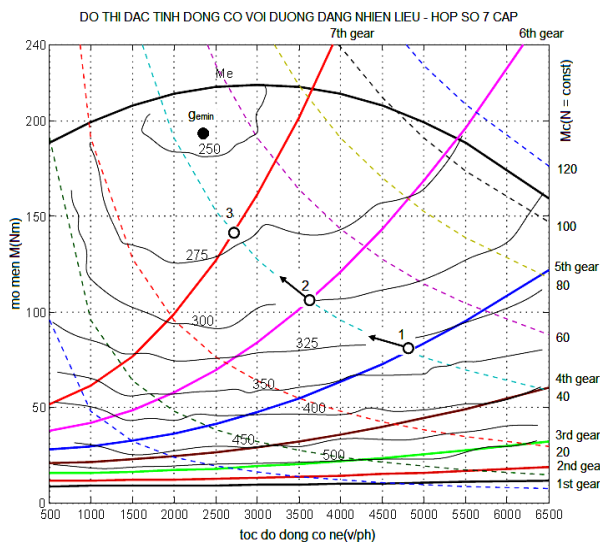
$$M6 = \begin{bmatrix} 1528.2 & 764.1 & 509.4 & 382.0 \\ 305.6 & 254.7 & 218.3 & 191.0 \\ 152.8 & 138.9 & 117.6 \end{bmatrix} \text{ (N.m);}$$

$$M7 = \begin{bmatrix} 1910.2 & 955.1 & 636.7 \\ 477.6 & 382.0 & 318.4 & 272.9 & 238.8 \\ 212.2 & 191.0 & 173.7 & 146.9 \end{bmatrix} \text{ (N.m);}$$

Đồ thị đặc tính động cơ với các đường đẳng nhiên liệu như hình 1.

Từ đồ thị, tại cùng một điểm có $N_e = 40 \text{ kW}$ hộp số 7 cấp ta có thể lựa chọn hoạt động ở tay số 5, 6, 7 tương ứng với tốc độ động cơ là: 4700 v/ph, 3600 v/ph, 2600 v/ph, tiêu hao

hiệu suất tương ứng là: 330, 300, 265 g/kW.h. Như vậy đối với hộp số 7 cấp ngoài việc dải tỷ số truyền được mở rộng thì tốc độ động cơ khi chạy ở số cao được giảm xuống, tiêu hao nhiên liệu cũng giảm theo trong khi đó vận tốc của xe lại được tăng lên.

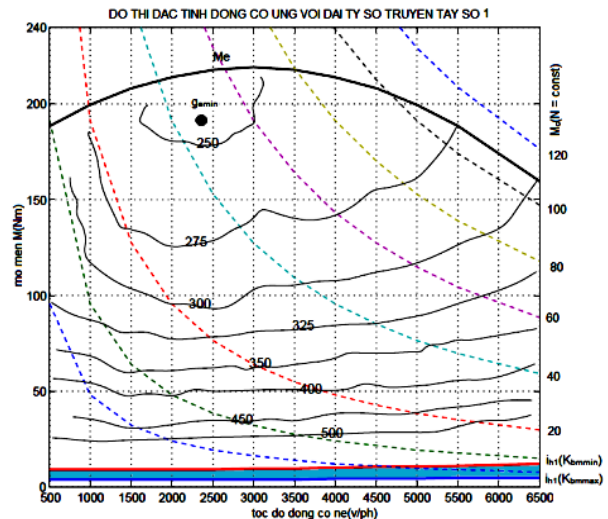


Hình 1. Đặc tính động cơ đốt trong với các đường đẳng nhiên liệu của ô tô khi $k_{bm}=1$

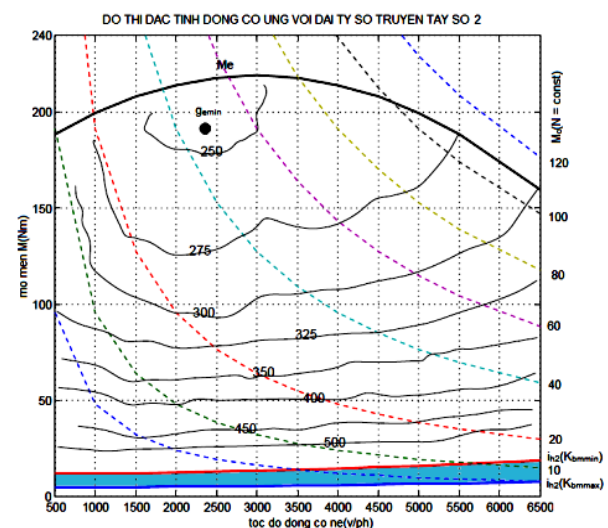
3.2. Khi ghép nối với biến mô thủy lực

Hệ thống truyền lực thủy cơ dùng biến mô thủy lực thì hệ số biến mô thủy lực biến thiên liên tục (thường $k_{bm}=1-2,5$), do đó tỷ số truyền của mỗi tay số sẽ biến thiên trong một dải nhất định tạo nên dải tỷ số truyền của mỗi tay số. Các kết quả dưới đây sẽ chỉ ra đặc tính động cơ đốt trong ứng với dải tỷ số truyền ở các tay số khác nhau khi k_{bm} biến thiên từ k_{bmmax} đến k_{bmmin} .

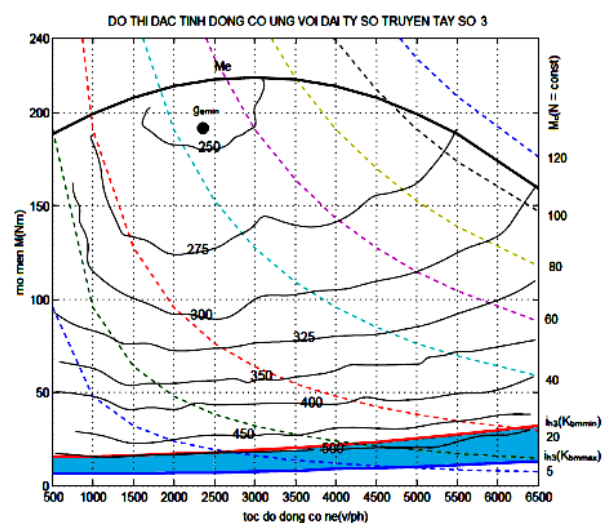
Như vậy tương ứng với mỗi tay số khi k_{bm} biến thiên từ k_{bmmax} đến k_{bmmin} thì tỷ số truyền ở mỗi tay số sẽ biến thiên trong một dải nhất định, trong mỗi dải đó xác định được điểm mà mức tiêu thụ nhiên liệu thấp nhất và các điểm hay các dải tối ưu của các tay số được thể hiện rõ trong các bảng 1, 2, 3.



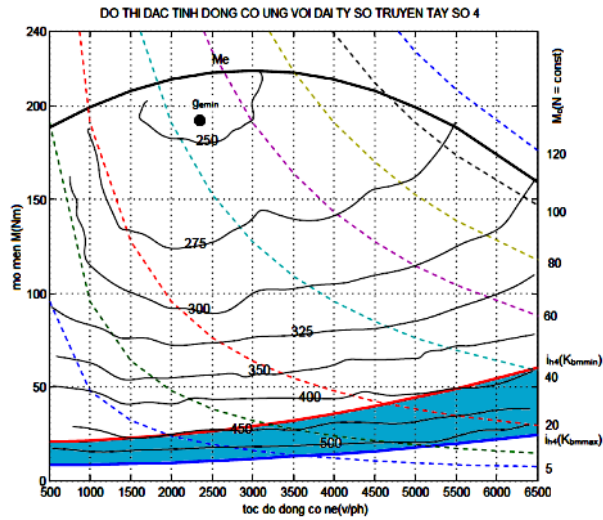
Hình 2. Đặc tính của động cơ ở tay số 1



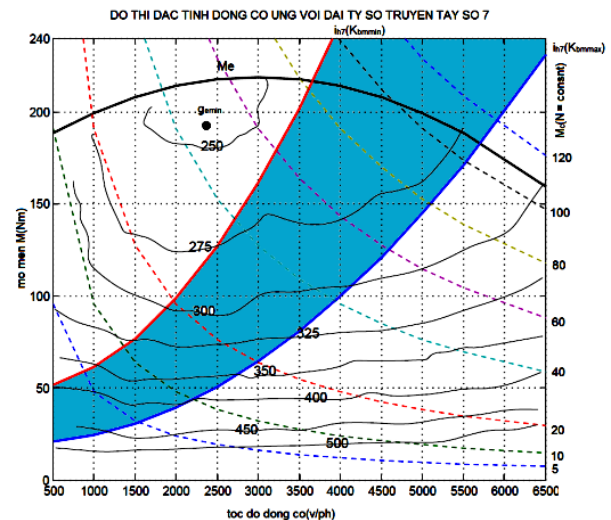
Hình 3. Đặc tính của động cơ ở tay số 2



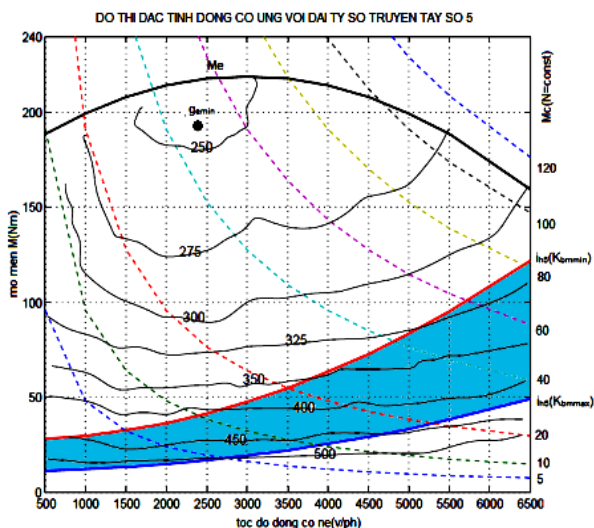
Hình 4. Đặc tính của động cơ ở tay số 3



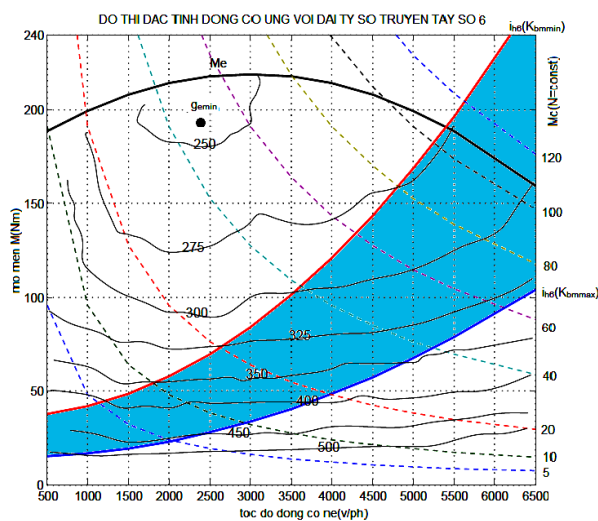
Hình 5. Đặc tính của động cơ ở tay số 4



Hình 8. Đặc tính của động cơ ở tay số 7



Hình 6. Đặc tính của động cơ ở tay số 5



Hình 7. Đặc tính của động cơ ở tay số 6

3.3. Kết quả

Với trường hợp hộp số 7 cấp, tại điểm làm việc có $N_e = 40$ kW) ta có thể lựa chọn cho ô tô hoạt động ở tay số 5, 6 hoặc số 7. Nếu ghép nối với biến mô thủy lực thì khi đó mỗi tay số sẽ có một dải tỷ số truyền tương ứng từ điểm A tới điểm B trên hình 6, 7 và hình 8. Tại mỗi điểm A và B trên đồ thị sẽ tương ứng với một momen cản và một suất tiêu hao nhiên liệu khác nhau của động cơ. Thay các giá trị này vào công thức (13) và tính toán trong Matlab ta sẽ được tiêu hao nhiên liệu theo quãng đường tương ứng với mỗi tay số như bảng 1.

Nếu thay đổi điểm làm việc của động cơ ở các công suất khác nhau đồng nghĩa với việc thay đổi momen cản của động cơ và phạm vi sử dụng hoạt động ở các tay số cũng hẹp đi, do vậy suất tiêu hao nhiên liệu cũng sẽ thay đổi theo. Cụ thể nếu ta tăng công suất của động cơ lên thì momen cản tương ứng với mỗi tay số cũng tăng theo do vậy tiêu hao nhiên liệu cũng tăng lên. Kết quả tính toán tương tự như trên nếu ta thay công suất động cơ lên 60 kW, 80 kW thì tiêu hao nhiên liệu tương ứng với các tay số như bảng 2 và bảng 3:

Bảng 1. Tiêu hao nhiên liệu của ô tô trang bị hộp số 7 cấp khi $N_e = 40\text{ kW}$

Công suất	$N_e = 40\text{ kW}$					
Tay số	$g_{emin}(\text{g/kW.h})$	$g_{emax}(\text{g/kW.h})$	$M_{cimin}(\text{Nm})$	$M_{cimax}(\text{Nm})$	$q_{dmin}(\text{l/100 km})$	$q_{dmax}(\text{l/100 km})$
No5	330	430	80	55	5,375	12,039
No6	290	330	106	73	4,699	9,206
No7	265	310	140	97	4,253	8,618

Bảng 2. Tiêu hao nhiên liệu của ô tô trang bị hộp số 7 cấp khi $N_e = 60\text{ kW}$

Công suất	$N_e = 60\text{ kW}$					
Tay số	$g_{emin}(\text{g/kW.h})$	$g_{emax}(\text{g/kW.h})$	$M_{cimin}(\text{Nm})$	$M_{cimax}(\text{Nm})$	$q_{dmin}(\text{l/100 km})$	$q_{dmax}(\text{l/100 km})$
No5	0,32	-	101	-	6,581	-
No6	0,28	0,33	134	94	5,735	11,855
No7	0,26	0,29	179	125	5,336	10,390

Bảng 3. Tiêu hao nhiên liệu của ô tô trang bị hộp số 7 cấp khi $N_e = 80\text{ kW}$

Công suất	$N_e = 80\text{ kW}$					
Tay số	$g_{emin}(\text{g/kW.h})$	$g_{emax}(\text{g/kW.h})$	$M_{cimin}(\text{Nm})$	$M_{cimax}(\text{Nm})$	$q_{dmin}(\text{l/100 km})$	$q_{dmax}(\text{l/100 km})$
No5	315	-	120	-	7,697	-
No6	275	-	159	-	6,684	-
No7	255	280	212	150	6,198	12,038

4. KẾT LUẬN

Sử dụng phần mềm MATLAB-SIMULINK nghiên cứu đánh giá tính kinh tế nhiên liệu của ô tô thông qua hệ thống động lực học của xe ô tô đối với những xe sử dụng hệ thống thủy cơ đã cho được kết quả đáng tin cậy và sát với thực tế ở các giá trị:

- $N_e = 40\text{ kW}$, suất tiêu hao nhiên liệu và quãng đường đi được lần lượt là:

Tay số 5: $g_{emin} 330\text{ (g/kW.h)}$, $g_{emax} 350\text{ (g/kW.h)}$; $q_{dmin} 5,375\text{ (l/100 km)}$, $q_{dmax} 12,039\text{ (l/100 km)}$;

Tay số 6: $g_{emin} 290\text{ (g/kW.h)}$, $g_{emax} 330\text{ (g/kW.h)}$; $q_{dmin} 4,699\text{ (l/100 km)}$, $q_{dmax} 9,206$

(l/100 km) ;

Tay số 7: $g_{emin} 265\text{ (g/kW.h)}$, $g_{emax} 310\text{ (g/kW.h)}$; $q_{dmin} 4,253\text{ (l/100 km)}$, $q_{dmax} 8,618\text{ (l/100 km)}$.

- $N_e = 60\text{ kW}$, suất tiêu hao nhiên liệu và quãng đường đi được lần lượt là:

Tay số 5: $g_{emin} 0,32\text{ (g/kW.h)}$, $g_{emax} -\text{ (g/kW.h)}$; $q_{dmin} 6,581\text{ (l/100 km)}$, $q_{dmax} -\text{ (l/100 km)}$;

Tay số 6: $g_{emin} 0,28\text{ (g/kW.h)}$, $g_{emax} 0,33\text{ (g/kW.h)}$; $q_{dmin} 5,735\text{ (l/100 km)}$, $q_{dmax} 11,855\text{ (l/100 km)}$;

Tay số 7: $g_{emin} 0,26\text{ (g/kW.h)}$, $g_{emax} 0,29\text{ (g/kW.h)}$; $q_{dmin} 5,336\text{ (l/100 km)}$, $q_{dmax} 10,390\text{ (l/100 km)}$.

▪ $N_e = 80$ kW, suất tiêu hao nhiên liệu và (g/kW.h); q_{dmin} 6,198 (l/100 km), q_{dmax} 12,038 (l/100 km).
quãng đường đi được lần lượt là:

Tay số 5: g_{emin} 315 (g/kW.h), g_{emax} - (g/kW.h);
 q_{dmin} 7,697 (l/100 km), q_{dmax} - (l/100 km);

Tay số 6: g_{emin} 275 (g/kW.h), g_{emax} - (g/kW.h);
 q_{dmin} 6,684 (l/100 km), q_{dmax} - (l/100 km);

Tay số 7: g_{emin} 255 (g/kW.h), g_{emax} 280

Kết quả là nguồn tài liệu tham khảo cho các hãng sản xuất, cũng như những người khai thác sử dụng chọn chế độ hợp lý để đảm bảo hiệu quả hiệu suất lớn nhất và suất tiêu hao nhiên liệu nhỏ nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Hữu Cẩn, “*Lý thuyết ô tô máy kéo*”, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2008.
- [2] Nguyễn Khắc Trai, “*Cấu tạo hệ thống truyền lực xe con*”, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1999.
- [3] Nguyễn Khắc Trai, “*Cơ sở thiết kế ô tô*”, NXB Giao thông Vận tải, 2006.
- [4] Vũ Thành Trung, Phạm Quang Thắng, Trần Văn Thắng, “*Nghiên cứu đặc tính tốc độ của động cơ diesel kiểu Commorail thông quan xây dựng mô hình trung bình*”, Tạp chí Đại học Sao Đỏ, ISSN 1859-4190, 2018.
- [5] Nguyễn Phùng Quang, “*MATLAB và SIMULINK dành cho kỹ sư điều khiển tự động*”, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2004.
- [6] Gisbert Lechner – Harald Naunheimer, “*Automotive Transmission (Fundamentals, Selection, Design and Application)*”, Stuttgart and Augsburg, 1999.
- [7] B. Olofsson, K. Lundahl, K. Berntorp, and L. Nielsen, “*An investigation of optimal vehicle maneuvers for different road conditions*”, II in 7th IFAC Symp. on Advances in Automotive Control (AAC), (Tokyo, Japan), 2013.

Thông tin liên hệ: **Trần Văn Hoàng**

Điện thoại: 0919 068 913 - Email: tvhoang@uneti.edu.vn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.