

KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA CHU TRÌNH HOẠT ĐỘNG ĐẾN TIÊU HAO NĂNG LƯỢNG TRÊN Ô TÔ

INFLUENCE OF DUTY CYCLES ON VEHICLE ENERGY EFFICIENCY

TS. Lê Thanh Tuấn¹, PGS, TS. Vũ Ngọc Tuấn², ThS. Đỗ Nhật Trường^{3,*}

¹Viện Kỹ thuật, Trường Đại học Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh

²Học viện Kỹ thuật quân sự

³Khoa CNKT Ô tô, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Bình Dương

*Email: donhattruong105@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo tập trung phân tích ảnh hưởng của chu trình hoạt động (bao gồm biên dạng vận tốc và điều kiện khai thác thực tế) đến tiêu hao năng lượng trên ô tô, một khía cạnh chưa có nhiều nghiên cứu trong bối cảnh chênh lệch lớn giữa kết quả đánh giá tiêu chuẩn và thực tế [8]. Trên cơ sở xây dựng mô hình động lực học chuyển động thẳng và thực hiện đánh giá tiêu hao năng lượng theo chu trình FTP75 [5] và 03 chu trình thực tế. Kết quả cho thấy mức tiêu hao năng lượng phụ thuộc vào tần suất tăng – giảm tốc và dừng đỗ, hay mở rộng ra là các yếu tố động lực học chuyển động. Từ đó, nội dung nghiên cứu là cơ sở ứng dụng để đánh giá hiệu quả sử dụng ô tô và phục vụ phát triển các thuật toán tối ưu hóa năng lượng phương tiện thông qua việc kiểm soát động lực học chuyển động ô tô.

Từ khóa: Tiêu hao năng lượng; GPS; Chu trình FTP75; Mô hình động lực học chuyển động thẳng; Chu trình hoạt động.

ABSTRACT

The paper focuses on analyzing the impact of driving cycles including velocity profiles and real-world operating conditions on vehicle energy consumption, an aspect that has been underexplored given the significant discrepancies between standardized test results and actual usage [8]. A longitudinal vehicle dynamics model is developed as the analytical foundation, and energy consumption assessments are conducted under the standardized FTP75 cycle [5] as well as three real-world driving cycles. The results reveal that energy consumption is highly influenced by the frequency of acceleration, deceleration, and idling events essentially governed by the vehicle's dynamic motion characteristics. Consequently, the study provides a practical foundation for evaluating vehicle operational efficiency and supports the development of vehicle energy optimization algorithms through dynamic motion control.

Keywords: Energy consumption; GPS; Energy efficiency; FTP75; Vehicle dynamics longitudinal model; Duty cycle.

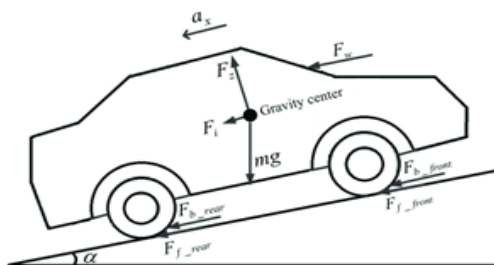
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, nâng cao hiệu quả năng lượng trên ô tô trở thành mục tiêu then chốt [4]. Tiêu hao năng lượng của phương tiện chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như: hệ thống truyền lực, đặc điểm hạ tầng giao thông hay cả phương pháp điều khiển. Điều đó, được chứng minh bởi sự phân tích từ nhiều khía cạnh khác nhau về hiệu quả năng lượng, như: tác động đến hệ thống truyền lực thông qua cải tiến hộp số tự động [2], hay phân tích hành vi của người điều khiển [3] với đặc điểm cơ sở hạ tầng và kể cả đề xuất phương pháp điều khiển thông minh trên xe điện tự hành [4]. Từ đó, cho thấy các nghiên cứu đã đạt được những kết quả quan trọng. Tuy nhiên, vẫn chưa có nhiều nghiên cứu về ảnh hưởng của chu trình hoạt động đến hiệu suất năng lượng. Xuất phát từ nhận định đó, bài báo này tập trung khảo sát ảnh hưởng của chu trình hoạt động đến tiêu hao năng lượng trên ô tô.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Mô hình động lực học chuyển động thẳng

Để làm cơ sở khảo sát mức tiêu hao năng lượng, bài báo đã xây dựng theo mô hình động lực học chuyển động thẳng nhằm xác định mối quan hệ giữa vận tốc và tiêu hao năng lượng, làm nền tảng để đánh giá hiệu suất vận hành xe [7].



Hình 1. Sơ đồ các lực tác dụng

Một số giả thiết: Mặt đường với độ dốc không đáng kể, bỏ qua ảnh hưởng của dao động ngang, độ trượt ngang, hay mô men quay quanh trục đứng. Đồng thời, hệ thống truyền động có phản ứng tức thời, không xét đến độ trễ điều khiển hay quán tính cơ cấu truyền lực [7].

Tổng các lực xét theo sơ đồ lực, hình 2:

$$F_{\Sigma} = F_f + F_w \pm F_{qt} \pm F_i \quad (1)$$

Trong đó:

- Lực cản lăn: $F_f = f.m.g$

- Lực cản không khí: $F_w = 0,5.\rho.C_d.S.v(t)^2$

- Lực do dốc: $F_i = m.g.\sin \alpha$

- Lực quán tính: $F_{qt} = m.\frac{dv(t)}{dt}$

Công suất tức thời hệ truyền động cần cung cấp:

$$P(t) = F_{\Sigma}(t).v(t) \quad (2)$$

Trường hợp, hiệu suất hệ thống truyền động (η_{tt}), không lý tưởng:

$$P(t)_{thucte} = \frac{P(t)}{\eta_{tt}} \quad (3)$$

2.2. Năng lượng tiêu hao

Năng lượng tiêu hao toàn phần được tích phân theo thời gian trên toàn bộ chu trình vận tốc:

$$E_{\Sigma} = \int_{t_0}^{t_1} P(t)_{thucte}.dt + E_{pt} \quad (4)$$

E_{pt} : Phụ tải bởi các hệ thống phụ trợ khác. 

Trường hợp dữ liệu thu thập là rời rạc theo thời gian, thì có thể xác định:

$$E_{\Sigma} = \int_{t_0}^{t_1} P(t)_{thucte}(t_i) \cdot \Delta t = \sum_{i=1}^n F_{\Sigma} \cdot v_i \cdot \Delta t \quad (5)$$

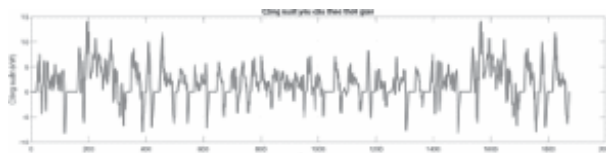
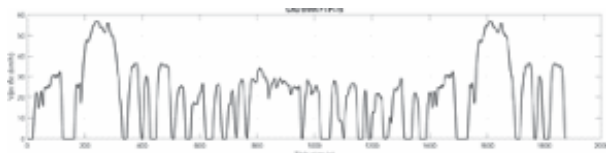
Phương trình (5) xác định năng lượng tiêu hao trong một chu trình vận tốc rời rạc, tức là đo vận tốc theo từng khoảng thời gian nhỏ Δt . Đây là cơ sở làm rõ giữa dữ liệu vận tốc thực tế và năng lượng tiêu hao. Song song đó, sai số tổng thể được kiểm soát bằng phương pháp Monte Carlo, kết hợp với đảm bảo sai số đo vận tốc $\leq 0,1$ km/h từ thiết bị đo SIRIUS R2DB DEWESoft [6].

2.3. Xác định chu trình hoạt động của phương tiện

Chu trình hoạt động là biên dạng vận tốc - thời gian mô phỏng điều kiện vận hành thực tế của phương tiện, bao gồm các pha tăng tốc, giảm tốc, duy trì vận tốc, và dừng đỗ. Chu trình này phản ánh tương tác phức tạp giữa phương tiện, cơ sở hạ tầng (giao lộ, mật độ giao thông,...), và phương pháp điều khiển của người lái [9]. Trong bài báo này đã thu thập được dữ liệu từ các chu trình như sau:

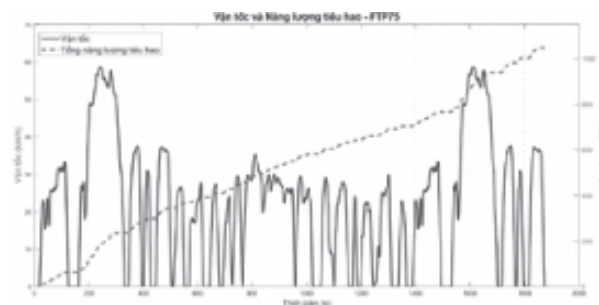
2.3.1. Chu trình FTP 75

Chu trình FTP75 – một chu trình tiêu chuẩn mô tả vận hành của ô tô trong đô thị, được sử dụng trong đánh giá hiệu suất nhiên liệu phương tiện [5].



Hình 2. Đồ thị vận tốc - công suất theo thời gian, chu trình FTP75

Từ đồ thị, ta thấy vận tốc thay đổi liên tục theo thời gian chu trình, bao gồm: tăng, giảm tốc nhanh và dừng với phạm vi từ 0 - 60km/h. Phản ánh hoạt động điều khiển với các yếu tố tác động từ môi trường xung quanh khác: cơ sở hạ tầng giao thông, chướng ngại vật hay kể cả tình huống ưu tiên vận hành nhiệm vụ. Bên cạnh đó, công suất yêu cầu theo thời gian cũng phản ánh năng lượng cần thiết cho chuyển động.



Hình 3. Đồ thị giữa vận tốc và năng lượng tiêu hao, theo FTP75

Từ đồ thị, ta thấy vận tốc biến thiên càng lớn dẫn đến năng lượng tiêu hao càng nhiều. Mức năng lượng tiêu hao là 68 Wh/km, chỉ số để so sánh hiệu quả năng lượng giữa phương tiện và điều kiện vận hành khác nhau. Vì vậy, gia tốc và phanh là những yếu tố chính ảnh hưởng đến hiệu suất năng lượng.

2.3.2. Chu trình thực tế

Để thử nghiệm bám sát với tình hình giao thông tại Việt Nam. Xe thử nghiệm có gắn thiết bị SIRIUS R2DB DEWESoft, có độ phân

giải theo thời gian 1kHz, cho phép lấy mẫu 1000 điểm/s và dữ liệu vận tốc được làm bộ lọc Kalman để lọc nhiễu bởi các yếu tố môi trường như tình trạng mặt đường, hay nhiều cây xanh [6] để thu thập dữ liệu vận tốc, quãng đường theo thời gian thực.



Hình 4. Xe thực nghiệm và thiết bị đo vận tốc

Chu trình được thực hiện như sau:

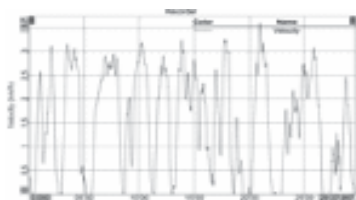
- Chu trình 1: Xác định chu trình hoạt động của xe buýt trong phạm vi đô thị bằng cách vận hành xe thử nghiệm tương tự theo sau xe buýt tuyến số 50.

- Chu trình 2: Xác định chu trình hoạt động cá nhân vận hành trong đô thị.

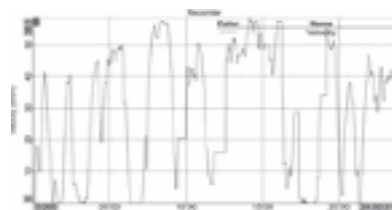
- Chu trình 3: Tương tự như chu trình 2, nhưng vận hành ngoài phạm vi đô thị.



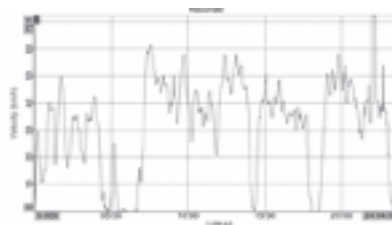
Hình 5. Bản đồ cung đường khảo sát



a) Chu trình 1



b) Chu trình 2



c) Chu trình 3

Hình 6. Đồ thị vận tốc theo thời gian với 3 chu trình thực nghiệm

Để làm nền tảng cho việc so sánh về tiêu hao năng lượng. Chu trình 1 và chu trình 2 được thực hiện trên cùng một lộ trình, chu trình 3 được thực hiện lộ trình ngoài đô thị nhưng có quãng đường gần tương đương chu trình 1 và 2.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Để thực hiện khảo sát, nhóm nghiên cứu đã sử dụng ô tô có thông số được thể hiện trong bảng 1, làm phương tiện khảo sát các chu trình hoạt động.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật xe thử nghiệm

Tên	Thông số
Kiểu xe/Số chỗ	MPV 7 chỗ
Kích thước Dài x Rộng x Cao (mm)	4.475 x 1.750 x 1.700
Khoảng sáng gầm xe (mm)	205
Công suất cực đại (kW)	78 tại 6000 vòng/phút
Moment cực đại (Nm)	138 tại 4200 vòng/phút
Khối lượng không tải (kg)	1160
Hệ dẫn động	Cầu trước (FW)
Hộp số	Vô cấp CVT



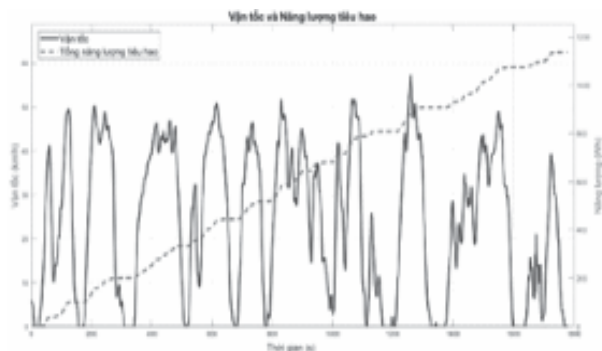
Kết quả thử nghiệm các chu trình, các thông số đặc trưng được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 2. Thông số các chu trình thử nghiệm

Thông số	Chu trình 1	Chu trình 2	Chu trình 3	Chu trình FTP-75
Tổng năng lượng tiêu hao (Wh)	1137.74	1119.11	1130.46	1047.82
Tổng quãng đường (km)	11.95	11.62	11.80	11.4
Mức tiêu hao năng lượng (Wh/km)	95.17	96.30	95.80	91.91
Thời gian (s)	1777	1440	1444	1874
Vận tốc trung bình (km/h)	24.21	29.03	29.41	21.89

Từ bảng 2 thể hiện, chu trình FTP75 đạt hiệu quả năng lượng cao nhất với mức tiêu hao thấp (91.91 Wh/km) nhờ vận tốc ổn định, quãng đường vận hành ngắn và ít tăng tốc đột ngột nhưng không hiệu quả về mặt thời gian. Ngược lại, chu trình 2 có mức tiêu hao cao nhất (96.3 Wh/km) dù thời gian ngắn hơn. Chu trình xe buýt tiêu tốn nhiều năng lượng nhất do đặc trưng dừng – khởi động liên tục. Trong khi đó, chu trình 3 tuy có vận tốc trung bình cao nhất nhưng vẫn giữ mức tiêu hao tương đối thấp so với 2 chu trình thực tế còn lại, cho thấy tính ổn định giúp cải thiện hiệu suất. Điều đó, kiểm chứng cho giải pháp cần ưu tiên phương án điều khiển vận hành mượt mà, hạn chế tăng - giảm tốc đột ngột.

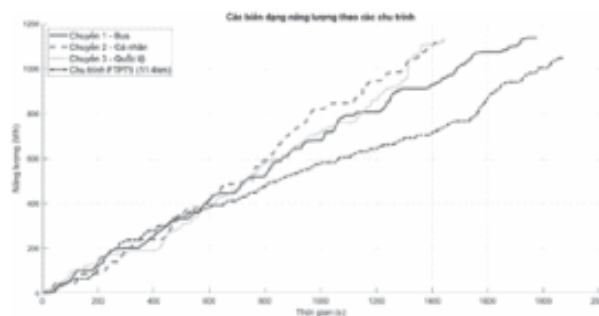
- Kết quả khảo sát của chu trình 1: Xe buýt trong đô thị.



Hình 7. Đồ thị vận tốc, thời gian năng lượng tiêu hao theo chu trình 1

Từ đồ thị, cho thấy sự đặc trưng của điều kiện lái xe trong đô thị, đường cong năng lượng không tuyến tính hoàn toàn với nhiều pha tăng – giảm tốc. Có những đoạn vận tốc tăng nhanh lên khoảng 50-60 km/h, sau đó giảm về gần 0, lặp lại nhiều lần. Dẫn đến tiêu tốn năng lượng lớn. Đồng thời, thấy được quá trình thực nghiệm có kết quả tương tự như chu trình FTP75.

Kết quả quá trình tiêu hao năng lượng của 4 chu trình như sau:



Hình 8. Đồ thị các biên dạng năng lượng với các chu trình khác nhau

Đồ thị thể hiện năng lượng tiêu thụ cho 4 chu trình vận tốc:

- Chu trình 1 (đường nét liền): Có dạng tăng bậc, thể hiện trạng thái dừng và tăng tốc rõ rệt, bởi lộ trình xe buýt với các trạm dừng theo quy định.

- Chu trình 2 (đường nét đứt đoạn): Năng lượng tiêu hao tăng nhanh so với các chu trình khác từ khoảng 400-1200s. Mức tiêu hao cao, tăng tốc nhiều.

- Chu trình 3 (đường nét chấm): Tăng tốc ổn định, ít trạng thái phanh, giảm tốc cho nên hiệu suất năng lượng cao. Điều này, đặc trưng bởi điều kiện vận hành ít giao lộ hay giảm lực đèn tín hiệu.

- Chu trình FTP75 (đường chấm gạch): Mức tiêu hao thấp nhất trong tất cả chu trình, nhưng hoàn thành chu trình với thời gian dài hơn, quãng đường ngắn hơn, vận tốc trung bình thấp do đó tổng năng lượng tổn hao nhỏ hơn.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng được phương pháp đánh giá mức tiêu hao năng lượng của ô tô dựa trên chu trình hoạt động thực tế, thông qua mô hình động lực học chuyển động thẳng và các chu trình thu thập bằng thiết bị đo tốc độ. Kết quả cho thấy, chu trình vận hành thực tế tạo ra mức tiêu hao cao hơn bởi sự không ổn định. Mặt khác, chu trình 3 cho thấy sự hiệu quả hơn nhờ tốc độ ổn định và ít pha phanh. Điều đó, thể hiện mức tiêu hao năng lượng phụ thuộc vào tần suất tăng – giảm tốc và dừng đỗ, hay mở rộng ra là các yếu tố động lực học chuyển động. Từ đó, kết quả nghiên cứu là cơ sở ứng dụng để đánh giá hiệu quả sử dụng ô tô và phục vụ phát triển các thuật toán tối ưu hóa năng lượng phương tiện thông qua việc kiểm soát động lực học chuyển động ô tô. ❖

Ngày nhận bài: 03/4/2025

Ngày phản biện: 23/4/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Mai Phước Trãi, Nguyễn Văn Tổng Em, Mai Chí Khanh, Huỳnh Đình Văn (2024), “*Nghiên cứu mô phỏng và khảo sát mức tiêu thụ năng lượng ô tô điện*”. Tạp chí Khoa học và Kinh tế Phát triển. Trường Đại học Nam Cần Thơ. ISSN: 2588 1272, số 28.
- [2]. Lê Văn Tụy, Nguyễn Văn Đông (2021), “*Giải pháp công nghệ để giảm tiêu hao nhiên liệu cho ô tô sử dụng hộp số tự động AT*”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng, 19(7). ISSN 1859-1531.
- [3]. Lopez-Chila, R., Abad-Correa, A., & De La Cruz-Zavala, H. (2025), “*Analysis of the Influence of the Driving Modes in a Hybrid Vehicle During Urban Trips to Determine the Fuel Consumption Rate per Kilometer Driven*”. <https://doi.org/10.20944/preprints202502.0020.v1>
- [4]. Wongsapai, W., Janpoom, K., Katongtung, T., Mona, Y., Tippayawong, N., & Suttakul, P. (2023), “*Estimating Energy Consumption of Battery Electric Vehicles Using Vehicle Sensor Data and Machine Learning Approaches*”. *Energies*, 16(17), 6351. <https://doi.org/10.3390/en16176351>
- [5]. U.S. Environmental Protection Agency, “*EPA Federal Test Procedure (FTP)*” [Online]. Available: <https://www.epa.gov/emission-standards-reference-guide/epa-federal-test-procedure-ftp>.
- [6]. Dewesoft, SIRIUS® R2DB Portable Data Acquisition System Technical Reference Manual, ver. 24-2, 2024.
- [7]. Vũ Đức Lập (cb), Nguyễn Đức Ngọc (2023). “*Giáo trình Động lực học ô tô*”. NXB. Bách khoa Hà Nội.
- [8]. Zhao, Z., Sun, X., Wang, X., Wang, Y., Fu, J. & Liu, J., “*Construction and optimization of representative actual driving cycles based on the improved autoencoder*”. *Scientific Reports* 14, 52865 (2024).
- [9]. Fauzi Ab Ghafar (2015), “*Driving Cycle For Small And Medium Duty Engine: Case Study of IPOH*”.