

**BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI**



NGÔ QUANG TẠO

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA KHỐI LƯỢNG Ô TÔ 5
CHỖ ĐẾN MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU**

Ngành: Kỹ thuật cơ khí động lực

Mã số: 9520116

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Hà Nội - 2026

Công trình được hoàn thành tại:

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI – BỘ CÔNG THƯƠNG

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS. Nguyễn Thanh Quang

2. PGS.TS. Lê Hồng Quân

Phản biện 1: GS.TS Chu Văn Đạt

Phản biện 2: PGS.TS Dương Ngọc Khánh

Phản biện 3: TS. Nguyễn Anh Ngọc

Luận án được bảo vệ tại Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Trường và họp tại Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội vào hồi 14 giờ, ngày 06 tháng 04 năm 2026

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
- Thư viện Quốc gia Việt Nam

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong bối cảnh kinh tế Việt Nam phát triển mạnh, nhu cầu sử dụng ô tô con 5 chỗ ngày càng tăng, kéo theo mức tiêu thụ nhiên liệu trong ngành giao thông vận tải gia tăng đáng kể. Trước biến động của giá nhiên liệu và yêu cầu sử dụng năng lượng hiệu quả, việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô có ý nghĩa quan trọng về kinh tế, kỹ thuật và môi trường. Trong đó, khối lượng ô tô là một yếu tố cơ bản ảnh hưởng trực tiếp đến lực kéo và công suất yêu cầu của động cơ, từ đó tác động đến mức tiêu hao nhiên liệu, nhưng chưa được xem xét đầy đủ trong nghiên cứu thực tiễn tại Việt Nam. Việc nghiên cứu mối quan hệ giữa khối lượng ô tô 5 chỗ và mức tiêu thụ nhiên liệu giúp cung cấp cơ sở khoa học cho việc tối ưu thiết kế, sử dụng vật liệu nhẹ, giảm khối lượng xe, nâng cao hiệu quả khai thác nhiên liệu và giảm phát thải CO₂, góp phần định hướng phát triển ô tô theo hướng tiết kiệm năng lượng và thân thiện môi trường.

Từ những vấn đề nêu trên, khẳng định rằng đề tài “*Nghiên cứu ảnh hưởng của khối lượng ô tô 5 chỗ đến mức tiêu thụ nhiên liệu*” là cần thiết và có ý nghĩa thiết thực, đóng góp một yếu tố quan trọng trong bài toán tiết kiệm nhiên liệu, nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng, đồng thời hỗ trợ định hướng cho công tác thiết kế, sản xuất-lắp ráp và sử dụng ô tô ở Việt Nam trong tương lai.

2. Tính mới của luận án

Các nghiên cứu về ảnh hưởng riêng của khối lượng ô tô đến mức tiêu thụ nhiên liệu, đặc biệt đối với ô tô con 5 chỗ trong điều kiện Việt Nam, còn hạn chế.

Từ thực tế đó, luận án đề xuất một phương pháp tiếp cận mới tích hợp giữa mô hình động lực học, mô phỏng và thực nghiệm để làm rõ mối quan hệ giữa khối lượng tổng thể của ô tô và mức tiêu thụ nhiên liệu trong hoạt động thực tế. Trên cơ sở này, luận án có các điểm mới sau:

- Xây dựng mô hình động lực học chuyển động dọc của ô tô nhằm thiết lập quan hệ định lượng giữa khối lượng xe và mức tiêu thụ nhiên liệu, đồng thời phân tích riêng ảnh hưởng của khối lượng đến lực cản và công suất yêu cầu;

- Xây dựng thuật toán và mô hình mô phỏng FC_{stat} trên Matlab/Simulink để tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu khi thay đổi khối lượng xe, có so sánh với thực nghiệm để tăng độ tin cậy;

- Thiết kế và chế tạo hệ thống đo nhiên liệu theo thời gian thực, cho phép thu thập dữ liệu vận hành như tốc độ, bướm ga, lực bàn đạp và mức tiêu thụ nhiên liệu;

- Kết hợp lý thuyết, mô phỏng và thực nghiệm để xây dựng hàm thực nghiệm biểu diễn quan hệ giữa khối lượng ô tô và mức tiêu thụ nhiên liệu với độ phù hợp cao;

- Đề xuất giải pháp giảm tiêu thụ nhiên liệu thông qua giảm khối lượng xe, đặc biệt bằng việc sử dụng vật liệu nhẹ trong thiết kế ô tô.

Tính mới của luận án không chỉ thể hiện ở nội dung nghiên cứu mà còn ở cách tiếp cận kết hợp giữa mô hình lý thuyết, thực nghiệm lấy số liệu để mô phỏng và so sánh, phù hợp với điều kiện khai thác ô tô ở Việt Nam.

3. Mục tiêu nghiên cứu của luận án, đối tượng, phạm vi nghiên cứu

a) Mục tiêu của đề tài luận án:

Mục tiêu tổng quát: Nghiên cứu, phân tích và định lượng mức độ ảnh hưởng của khối lượng xe ô tô con 5 chỗ đến mức tiêu thụ nhiên liệu, từ đó đề xuất các giải pháp kỹ thuật và khuyến nghị nhằm tối ưu hóa hiệu quả sử dụng nhiên liệu trong điều kiện vận hành thực tế tại Việt Nam

Mục tiêu cụ thể:

- Xây dựng cơ sở lý thuyết về mối quan hệ giữa khối lượng xe và mức tiêu thụ nhiên liệu. Hệ thống hóa các mô hình lý thuyết động lực học xe liên quan đến ảnh hưởng của khối lượng đến lực cản, lực kéo và công suất tiêu thụ. Xác định các thông số khối lượng đặc trưng của xe con (khối lượng bản thân, khối lượng toàn tải, phân bố tải trọng) và cơ chế tác động của chúng đến tiêu hao năng lượng.

- Xây dựng mô hình toán học mô tả quan hệ giữa khối lượng xe và mức tiêu thụ nhiên liệu. Thiết lập phương trình và mô hình tính toán lý thuyết biểu diễn mức tiêu thụ nhiên liệu theo khối lượng xe trong các chế độ vận hành khác nhau (đô thị, ngoại ô, cao tốc). Kiểm chứng độ chính xác của mô hình thông qua so sánh với dữ liệu thực nghiệm

- Thực nghiệm đo lường mức tiêu thụ nhiên liệu trên xe con trên đường chạy thực tế. Thiết kế quy trình thực nghiệm đo mức tiêu thụ nhiên liệu theo điều kiện Việt Nam. Thu thập và xử lý số liệu thực nghiệm trên ít nhất 3–5 chu trình xe chạy thực tế.

- Phân tích định lượng mức độ ảnh hưởng của khối lượng đến tiêu thụ nhiên liệu. Xác định hàm tương quan và hệ số ảnh hưởng giữa khối lượng xe và mức tiêu thụ nhiên liệu (L/100 km) theo từng chế độ vận hành. Đánh giá và phân tích đóng góp riêng của khối lượng so với các yếu tố khác (hệ số cản khí động, hệ số cản lăn...).

- Đề xuất giải pháp và khuyến nghị ứng dụng. Đề xuất các giải pháp kỹ thuật giảm khối lượng xe bằng sử dụng vật liệu nhẹ nhằm cải thiện hiệu quả nhiên liệu.

b) Đối tượng nghiên cứu:

Là mối quan hệ giữa khối lượng tổng thể của ô tô 5 chỗ với mức tiêu thụ nhiên liệu thông qua các yếu tố trung gian gồm lực cản chuyển động, công suất động cơ và đặc tính truyền lực.

Đối tượng khảo sát cụ thể là xe Toyota Vios 5 chỗ, được lựa chọn do có đặc tính kỹ thuật phổ biến trong phân khúc xe con tại Việt Nam, thuận lợi cho mô phỏng và thực nghiệm.

c) Phạm vi nghiên cứu: Khảo sát, mô phỏng và thực nghiệm ảnh hưởng của khối lượng tổng thể ô tô con 5 chỗ (Toyota Vios 2009) đến mức tiêu thụ nhiên liệu trong điều kiện hoạt động thực tế ở Việt Nam. Nghiên cứu được thực hiện trên cơ sở mô hình động lực học chuyển động và mô hình mô phỏng tiêu thụ nhiên liệu của ô tô, kết hợp với thực nghiệm đo mức tiêu thụ nhiên liệu nhằm kiểm chứng kết quả mô hình.

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

- Ý nghĩa khoa học: Luận án xây dựng nền tảng khoa học cho việc tính toán và mô phỏng mối quan hệ giữa khối lượng xe, lực cản chuyển động và mức tiêu thụ nhiên liệu. Đồng thời đề xuất cơ sở mô phỏng thay thế khối lượng thân vỏ truyền thống bằng vật liệu nhẹ, góp phần hoàn thiện cơ sở dữ liệu khoa học phục vụ nghiên cứu, mô phỏng và thực nghiệm về tiêu thụ nhiên liệu, năng lượng hiệu quả và phát thải trong giao thông.

- Ý nghĩa thực tiễn: Kết quả nghiên cứu hỗ trợ các nhà sản xuất trong thiết kế và tối ưu kết cấu xe theo hướng giảm khối lượng, nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu, góp phần phát triển phương tiện giao thông bền vững và giảm tác động môi trường.

- Tính ứng dụng trong ngành công nghiệp ô tô: Đề tài phù hợp với xu hướng phát triển hiện nay của ngành ô tô, trong đó các hãng xe tập trung ứng dụng vật liệu nhẹ và công nghệ mới để giảm khối lượng xe nhưng vẫn đảm bảo an toàn, độ bền và hiệu quả khai thác.

- Ý nghĩa đối với người sử dụng: Kết quả nghiên cứu giúp nâng cao nhận thức của người sử dụng về ảnh hưởng của tải trọng xe đến mức tiêu thụ nhiên liệu, từ đó khuyến khích sử dụng phương tiện hợp lý và tiết kiệm nhiên liệu hơn.

5. Nội dung nghiên cứu và bố cục của luận án:

Luận án có 04 chương:

- Chương 1: Tổng quan vấn đề nghiên cứu
- Chương 2: Cơ sở khoa học nghiên cứu

- Chương 3: Phân tích ảnh hưởng của khối lượng đến mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô
- Chương 4: Nghiên cứu thực nghiệm

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Nội dung chương 1 tập trung vào các nghiên cứu liên quan tới:

Mối quan hệ của mức tiêu thụ nhiên liệu với khối lượng xe ô tô, chỉ tiêu đánh giá tính kinh tế nhiên liệu của ô tô, các giải pháp giảm mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô, ...

Tình hình nghiên cứu ở ngoài nước và trong nước về ảnh hưởng của khối lượng xe ô tô đến mức tiêu thụ nhiên liệu, các giải pháp làm giảm mức tiêu thụ nhiên liệu ô tô và các phương pháp đo lường tiêu hao nhiên liệu ô tô.

Từ đó rút ra kết luận như sau:

Chương 1 đã làm rõ tính cấp thiết và ý nghĩa khoa học, thực tiễn của đề tài trong bối cảnh biến đổi khí hậu, ô nhiễm môi trường và yêu cầu tiết kiệm năng lượng trong lĩnh vực giao thông vận tải ngày càng trở nên cấp bách. Kết quả tổng quan cho thấy mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố, trong đó khối lượng xe là thông số có vai trò đặc biệt quan trọng do tác động trực tiếp đến các lực cản chuyển động và chế độ vận hành của xe. Các nghiên cứu trong và ngoài nước đều khẳng định xu hướng giảm khối lượng xe góp phần giảm tiêu hao nhiên liệu và phát thải. Tuy nhiên, tại Việt Nam, các nghiên cứu liên quan vẫn còn hạn chế, chủ yếu dừng ở mức thống kê hoặc xây dựng đường cơ sở, chưa có các nghiên cứu định lượng mang tính hệ thống gắn với điều kiện khai thác thực tế. Trên cơ sở đó, chương đã xác định rõ khoảng trống nghiên cứu và định hướng cho luận án tập trung vào xây dựng mô hình lý thuyết, thực nghiệm và phân tích định lượng mức độ ảnh hưởng của khối lượng xe con đến mức tiêu thụ nhiên liệu trong điều kiện vận hành tại Việt Nam. Những cơ sở lý luận và khoảng trống nghiên cứu được xác lập trong chương này là nền tảng để triển khai nội dung nghiên cứu ở các chương tiếp theo, bao gồm xây dựng mô hình nghiên cứu, tổ chức thực nghiệm, phân tích kết quả và đề xuất các giải pháp kỹ thuật phù hợp.

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KHOA HỌC NGHIÊN CỨU

Một số nội dung được nghiên cứu và trình bày trong chương 2:

2.1. MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC CHUYỂN ĐỘNG Ô TÔ

Công suất cần thiết để xe di chuyển chỉ để thắng các lực cản

$$P = \frac{(P_f + P_w \pm P_j \pm P_i) \times v}{\eta}; W \quad (2.1)$$

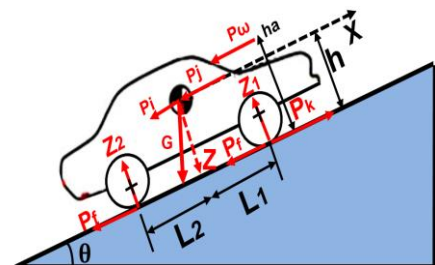
Khi xe chuyển động, lực cản lăn liên tục thay đổi trong khoảng từ 10 đến 70 %.

Lực cản lăn bị ảnh hưởng bởi áp suất lốp. Lốp xe tải, lực cản lăn tăng khoảng 5 đến 8% khi áp suất giảm 20% làm giảm 2 đến 3% khả năng tiết kiệm nhiên liệu trên xe tải. Tổn thất năng lượng phát sinh tại phần hoa lốp trong vùng tiếp xúc với mặt đường có thể chiếm trên 40% tổng lực cản lăn.

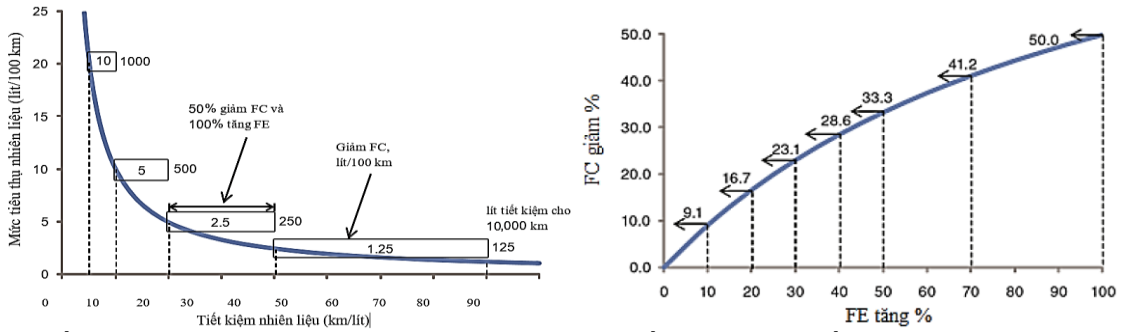
2.2. MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU VÀ TIẾT KIỂM NHIÊN LIỆU

Mức tiêu thụ nhiên liệu (FC) biểu thị lượng nhiên liệu đã tiêu thụ trên một đơn vị chiều dài xe di chuyển (lít/km, kg/km...).

Mức tiết kiệm nhiên liệu (FE) biểu thị chiều dài xe đã di chuyển trên một đơn vị nhiên liệu (km/lít, km/kg...)



Hình 2.1. Sơ đồ mô hình động lực học dọc ô tô



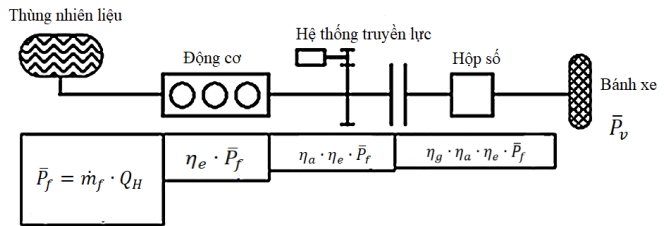
a. Mối quan hệ tỷ lệ giữa FC và FE b. Mối quan hệ phần trăm giữa FC và FE
 Hình 2.2. Mối quan hệ giữa FC và FE

2.3. CÁC MÔ HÌNH XÁC ĐỊNH MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU TRÊN Ô TÔ

2.3.1. Mô hình điểm hoạt động trung bình của xe

a. Mô Hình hoá:

Khi xe hoạt động trên đường sẽ bao gồm nhiều điểm vận hành động cơ và của xe (gọi chung là điểm hoạt động của xe). Mô hình gộp toàn bộ các điểm hoạt động của xe thành một điểm đại diện duy nhất để tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu FC_{av} .



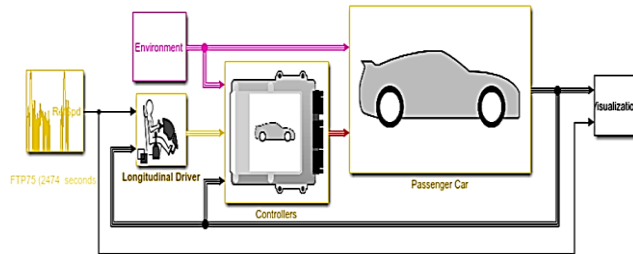
Hình 2.3. Mô hình hóa tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu trên động cơ đốt trong

Phương trình cân bằng công suất:

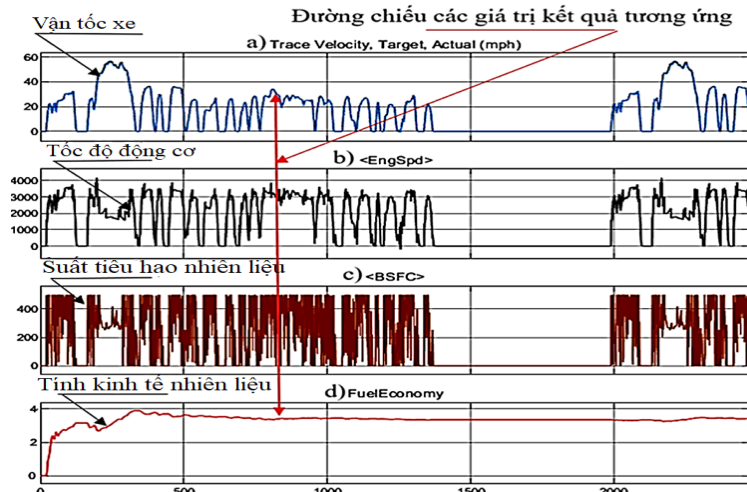
$$\bar{P}_v = \eta_g \eta_a \eta_e \bar{P}_f ; W \tag{2.6}$$

b. Mô phỏng

- + Các giả thiết
- + Xác định nhiệt trị của nhiên liệu
- + Xác định các thông số đầu vào
- + Chạy chương trình mô phỏng



Hình 2.4. Sơ đồ Simulink ứng dụng xác định mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô theo mô hình điểm hoạt động trung bình của xe



Hình 2.5. Đồ thị kết quả mô phỏng xác định mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô theo mô hình điểm hoạt động trung bình của xe

+ Xác định khả năng ứng dụng

Trong các tài liệu đã công bố cho thấy phương pháp điểm hoạt động trung bình của xe có thể đưa ra ước tính hợp lý về mức tiêu thụ nhiên liệu của xe có hệ thống truyền lực đơn giản nhưng không phù hợp với các vấn đề cần phải được tối ưu hóa cấu trúc trên xe nên nó không cung cấp tùy chọn các chiến lược quản lý năng lượng trên xe.

2.3.2 Mô hình động lực học FC_{dyn}

Xây dựng phương trình FC_{dyn} có dạng như phương trình:

$$M_1 \frac{dv}{dt} = \left(\frac{\eta_{it}}{r_{bx}} T_e \right) - (M_1 g \cos \alpha (r_0 + r_1)) - \left(\frac{1}{2} \rho A_f C_d v^2 \right) - (M_1 g \sin \alpha) - P_p \quad (2.7)$$

Triển khai thành phương trình

$$M_1 \left(\frac{dv}{dt} + g \cos \alpha (r_0 + r_1) + g \sin \alpha \right) = \left(\frac{\eta_{it}}{r_{bx}} T_e \right) - \left(\frac{1}{2} \rho A_f C_d v^2 \right) - P_p \quad (2.8)$$

Có thể viết phương trình (2.8) dưới dạng (2.9)

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{C_1(\gamma)} (C_2(\gamma) T_e - C_3 v - C_4(\alpha) - P_p) \quad (2.9)$$

Với: $C_1(\gamma) = \frac{1}{M_1}$; $C_2(i_t) = \frac{\eta_{it}}{r_{bx}}$; $C_3 = \frac{1}{2} \rho A_f C_d$; $C_4(\alpha) = M_1 g (\cos(\alpha) r_0 + \sin \alpha)$

Tại một thời điểm xác định, mức tiêu thụ nhiên liệu FC_{dyn_point} của xe liên quan đến tải trọng, mô men xoắn của động cơ, vận tốc xe chạy, được tính theo phương trình:

$$FC_{dyn_point} = C_5 T_e(t) v(t) - C_6 v(t)^2 + C_7 v(t) + C_8; \frac{L}{100 \text{ km}} \quad (2.10)$$

Với: $C_5 = \frac{i_t}{\eta_e Q_H r_{bx}}$; $C_6 = \frac{P_{loss} V_{dc}}{\eta_e Q_H 4\pi} \left(\frac{i_t}{r_{bx}} \right)^2$; $C_7 = \frac{P_{loss} V_{dc}}{\eta_e Q_H 4\pi} \left(\frac{i_t}{r_{bx}} \right)$; $C_8 = C_{kt}(S)$

Theo thời gian thực từ điểm $p=1$ đến $p = p-1$, mức tiêu thụ nhiên liệu FC_{dyn_total} của xe là tổng của các FC_{dyn_point} của xe, phương trình liên quan đến mô-men xoắn đầu ra của động cơ và vận tốc trung bình xe chạy

$$FC_{dyn_total} = \sum_{i=0}^{p-1} C_5(g) T_i v_i + C_6(g) v_i^2 + C_7 f(g) v_i + C_8; \frac{L}{100 \text{ km}} \quad (2.11)$$

Với $T_i = \frac{1}{C_2(g)} \left(C_1(g) \frac{v_{i+1} - v_i}{\tau} + C_3 f(g) v_i + C_4 f(g, \delta) \right)$

Ứng dụng của mô hình động lực học FC_{dyn} được sử dụng khảo sát tổng thể đối với đoàn xe để giải quyết hai mục đích chính:

Kiểm tra mức phát thải của đoàn xe trong khoảng thời gian dài và số km sử dụng lớn.

Đánh giá tính kinh tế nhiên liệu của những đoàn xe trong sử dụng và phản hồi kết quả đến nhà sản xuất thay đổi tính năng kỹ thuật của xe hoặc bổ sung thiết kế nhằm có những giá trị mức tiêu thụ nhiên liệu hợp lý.

2.3.3. Mô hình tĩnh học FC_{stat}

Mô hình tĩnh học tính mức tiêu thụ nhiên liệu theo thông số vận tốc chuyển động của xe, dựa vào mô hình phân tích lực kéo thắng các lực cản để xe chuyển động trên đường.

Mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô FC_{stat} được xác định bởi phương trình tổng quát:

$$FC_{stat} = \frac{\int g_e P dt}{\int v dt} = \frac{\int g_e \left(\frac{P_k v}{\eta} \right) dt}{\int v dt}; \frac{\text{kg}}{\text{km}} \quad (2.13)$$

Khai triển theo nhiệt năng và công suất động cơ ta nhận được phương trình tính mức tiêu thụ nhiên liệu FC_{stat}

$$FC_{stat} = \frac{1}{Q_{nhiệt} \eta_e} \frac{Pt}{100 \text{ km}} \quad (2.14)$$

Các lực cản chuyển động ảnh hưởng tới công suất riêng của ô tô. Công suất riêng của ô tô (VSP), là công suất động cơ trên một đơn vị khối lượng của xe:

$$VSP = (P_f + P_w + P_i + P_p) \frac{v}{M}; \frac{\text{W}}{\text{kg}} \quad (2.16)$$

Công suất của động cơ và công suất riêng của ô tô có quan hệ thông qua các thông số ảnh hưởng gồm khối lượng xe, vận tốc xe, hiệu suất hệ thống truyền lực và tình trạng các lực cản chuyển động

Ưu điểm:

- Đơn giản, dễ hiểu, dễ triển khai trong điều kiện thực nghiệm
- Dễ thu thập dữ liệu đầu vào: tốc độ, khối lượng, lực cản...
- Phù hợp để đánh giá tác động của cải tiến kỹ thuật (giảm trọng lượng, tối ưu khí động học...)
- Rất thích hợp để thiết kế và thử nghiệm thiết bị đo tiêu thụ nhiên liệu thực tế

Nhược điểm:

- Giới hạn trong việc mô phỏng các tình huống vận hành biến thiên mạnh (phanh, tăng tốc nhanh)
- Không đánh giá tốt theo thời gian thực hoặc mô phỏng đoàn xe phức tạp
- Độ chính xác không cao nếu các yếu tố môi trường, điều kiện vận hành thay đổi lớn
- Không phản ánh độ trễ hay các đặc tính phi tuyến của động cơ một cách đầy đủ.

2.4. XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP GIẢI MÔ HÌNH XÁC ĐỊNH FC VÀ FE

2.4.1. Xác định lượng tiêu thụ nhiên liệu theo phương pháp cân bằng các bon

Giả thiết rằng động cơ sẽ tạo ra lượng cacbon như lượng nhiên liệu tiêu thụ thì lượng nhiên liệu sử dụng có thể xác định bằng lượng cacbon thu được trong khí thải động cơ

2.4.2. Tính lượng tiết kiệm nhiên liệu FE theo phương pháp xấp xỉ

Mức tiết kiệm nhiên liệu FE được tính bằng phương trình : $FE_{RL} = \frac{N}{\sum T_i} \cdot \frac{\text{km}}{L}$ (2.17)

FE_{RL} là mức tiết kiệm nhiên liệu yêu cầu, N là tổng hành khách thiết kế trên xe; N_i là số hành khách thực trên xe; T_i là mức tiết kiệm nhiên liệu mục tiêu tính theo số hành khách thực trên xe.

Có nhiều phần mềm tính theo phương pháp xấp xỉ, trong đó có phần mềm CAFE đã được xây dựng thành tiêu chuẩn.

2.4.3. Phương pháp tính online

Trong một số trường hợp cần xác định mức tiêu thụ nhiên liệu theo mục tiêu cụ thể, chẳng hạn phục vụ so sánh với dữ liệu đo trên xe thực tế, có thể sử dụng một số công cụ tính toán trực tuyến. Điển hình như công cụ “Calculate Fuel Consumption”

2.4.4. Phương pháp tính đại số

Khi cần thiết tính trực tiếp sẽ sử dụng tính toán đại số, mức tiêu thụ nhiên liệu sẽ tính trong trường hợp tổng quát: $q_d = \frac{0,36g_e(P_f \pm P_i + P_w \pm P_j)}{\rho_n \eta_t} ; \frac{1}{100 \text{ km}} \cdot q_d = \frac{g_e N_e}{\rho_n} ; \frac{1}{h}$

$$q_d = \frac{0,36g_e}{\rho_n \eta_t} \left(fG \cos \alpha \pm G \sin \alpha + Wv^2 \pm \frac{G}{g} \delta_{ij} \right) ; \frac{L}{100 \text{ km}} \quad (2.19)$$

2.4.5. Phương pháp mô phỏng số

Mô phỏng mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô có một số phần mềm mô phỏng số được sử dụng phổ biến như:

- Phần mềm AVL Cruise chuyên dùng trong mô phỏng tiêu thụ nhiên liệu ô tô, thường dùng trong phòng thí nghiệm.
- Phần mềm GT-SUITE mô phỏng hệ thống động lực học của xe.
- Ngôn ngữ lập trình Python, sử dụng hai thư viện NumPy thực hiện các phép tính toán số học và Matplotlib vẽ đồ thị.
- Phần mềm Matlab/Simulink được sử dụng trong nhiều lĩnh vực, trong đó có học tập, nghiên cứu phát triển và ứng dụng trong thực tiễn. Khi xây dựng thuật toán trên nền tảng của Matlab/Simulink để giải sẽ có nhiều thuận lợi.

2.5. LỰA CHỌN MÔ HÌNH MÔ PHỎNG

Mô hình tĩnh học FC_{stat} được xây dựng dựa trên các phương trình cơ học cơ bản, mô tả mối quan hệ giữa vận tốc, lực cản và hiệu suất hệ thống truyền lực. Mô hình có ưu điểm đơn giản, dễ xây dựng và triển khai, với các thông số đầu vào như khối lượng xe, vận tốc và hệ số lực cản dễ đo đạc trực tiếp mà không cần phần mềm mô phỏng phức tạp. Mô hình có tính linh hoạt cao, có thể áp dụng cho nhiều loại phương tiện và điều kiện vận hành khác nhau, hỗ trợ đánh giá hiệu quả các giải pháp kỹ thuật như giảm khối lượng, tối ưu khí động học, nâng cao hiệu suất động cơ và hộp số. Ngoài ra, mô hình có tính trực quan, khả năng giải thích tốt, chi phí thấp và phù hợp triển khai tại các cơ sở nghiên cứu, đào tạo. Việc kết hợp với đề tài “Thiết kế, chế tạo thiết bị đo mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô” đã góp phần tăng độ tin cậy và tính ứng dụng của mô hình trong thực tế

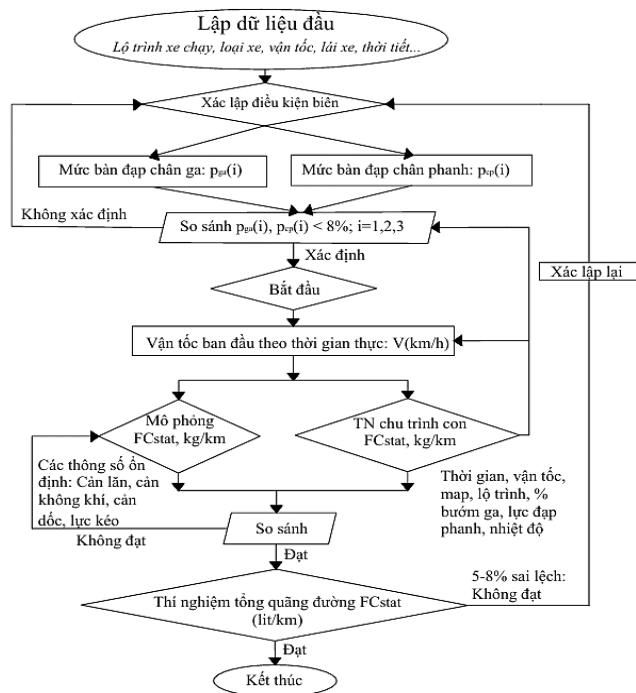
2.6. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN STAT(FC) VÀ PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG SIMULINK

2.6.1. Sơ đồ thuật toán

Sơ đồ thuật toán stat(FC) theo mô hình tĩnh học và lập trình trong Matlab/Simulink xác định mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô được trình bày trên hình.

Nội dung và trình tự thực hiện thuật toán:

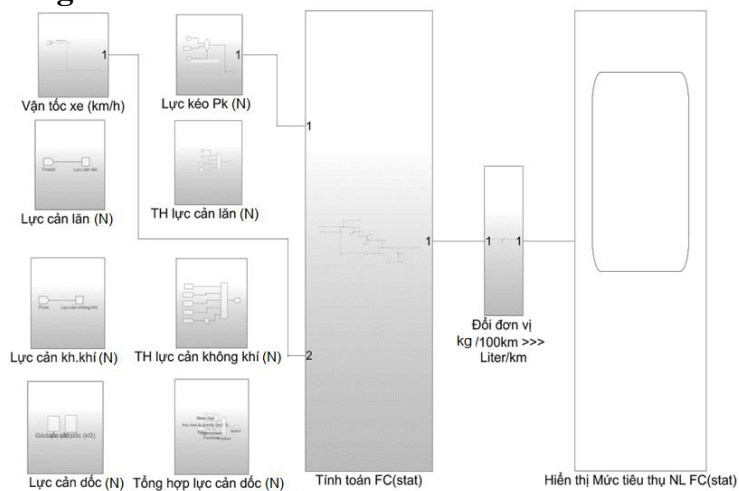
- a) Bước 1: Lập dữ liệu ban đầu..
- b) Bước 2: Thiết lập chuẩn bị các dữ liệu.
- c) Bước 3: Xác lập điều kiện biên.
- d) Bước 4: Thiết lập trạng thái ban đầu (Start).
- e) Bước 5: Thực hiện mô phỏng và thu nhận kết quả.
- f) Bước 6: So sánh và đánh giá sai lệch.
- g) Bước 7: Tính toán tiêu hao nhiên liệu tổng quãng đường.



Hình 2.6. Sơ đồ thuật toán stat(FC) theo mô hình tĩnh học

2.6.2. Mô phỏng xác định các thông số

Các biến trạng thái và biến điều khiển của thuật toán được biểu diễn trong môi trường Matlab/Simulink, hình 2.7.



Hình 2.7. Các biến thông số thuộc không gian thực R biểu diễn trong Matlab Simulink

KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

Chương 2 đã xây dựng cơ sở lý thuyết và phương pháp luận cho nghiên cứu thông qua việc thiết lập mô hình động lực học dọc của ô tô, trong đó xác định đầy đủ các lực cản tác dụng trong quá trình chuyển động, bao gồm lực cản lăn, lực cản khí động học, lực cản quán tính và lực cản lên dốc. Kết quả phân tích cho thấy khối lượng xe là thông số xuất hiện trong hầu hết các thành phần lực cản, qua đó khẳng định vai trò trung tâm của yếu tố này trong phương trình cân bằng công suất và mô hình tính mức tiêu thụ nhiên liệu. Trên cơ sở so sánh ba mô hình tính toán gồm FC_{av} , FC_{dyn} và FC_{stat} , mô hình tĩnh học FC_{stat} được lựa chọn làm mô hình nghiên cứu chính nhờ tính khả thi trong xây dựng, thuận lợi cho thực nghiệm và phù hợp để đánh giá định lượng ảnh hưởng riêng của khối lượng xe. Đồng thời, thuật toán tính toán và chương trình mô phỏng trên Matlab/Simulink đã được xây dựng hoàn chỉnh với 10 mức khối lượng khảo sát, tạo nền tảng lý thuyết và công cụ tính toán tin cậy cho các nghiên cứu mô phỏng, thực nghiệm và phân tích kết quả ở các chương tiếp theo.

CHƯƠNG 3: MÔ PHỎNG ẢNH HƯỞNG CỦA KHỐI LƯỢNG ĐẾN MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU TRÊN Ô TÔ

3.1. NHỮNG GIẢ THIẾT CHÍNH

- Xe khảo sát là xe con 5 chỗ;
- Động cơ trên xe khảo sát là động cơ xăng (đánh lửa cưỡng bức - SI);
- Loại nhiên liệu xăng;
- Năng lượng nhiên liệu được sử dụng để khắc phục hoàn toàn các lực cản.
- Giả thiết bỏ qua ảnh hưởng của việc giảm khối lượng đến đặc tính động lực học, lực nâng khí động học, sự phân bố lại khối lượng và độ bền kết cấu của ô tô.
- Khối lượng xe không giảm trong quá trình hoạt động.
- Bỏ qua ảnh hưởng của điều hòa không khí đến tiêu thụ nhiên liệu.

3.2. XÁC ĐỊNH CÁC DỮ LIỆU TRONG KHÔNG GIAN N CHIỀU

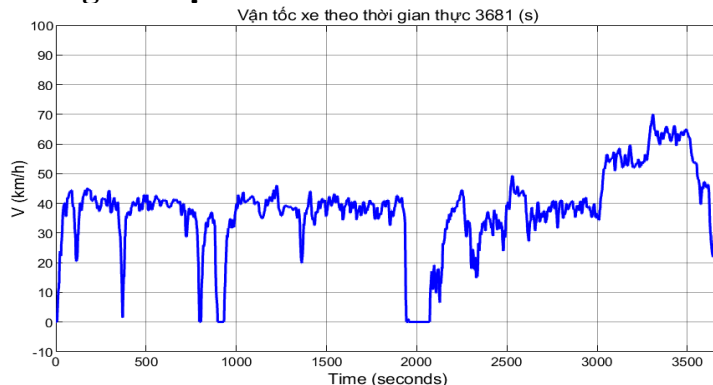
3.2.1. Thu thập dữ liệu theo thời gian thực

Sử dụng lập trình theo phép đo thực tế để chuẩn đầu đo của quá trình thu thập dữ liệu ban đầu trong thuật toán và ghi dữ liệu dạng bảng Excel.xlsx

24/01/2026 20:57:20 Monitoring and Report		Bảng Dữ Liệu		Thời gian	Vận tốc (km/h)	Áp lực (kg)	Khối lượng (kg)	Bướm ga (%)
COM Chon cổng kết nối		Kết nối Ngắt kết nối		2024-04-07 05:37:25.016	5.9	0	11.668	16
Dữ Liệu Hiện Tại				2024-04-07 05:37:25.887	5.9	0	11.668	16
Vận tốc	Khối lượng	Áp lực		2024-04-07 05:37:25.940	8.2	0	11.505	12
000.0 km/h	00.000 kg	00.000 kg		2024-04-07 05:37:26.803	8.2	0	11.505	12
Bướm ga				2024-04-07 05:37:26.866	10	0	11.319	16
000 %				2024-04-07 05:37:27.720	10	0	11.319	16

Hình 3.1. Dạng bảng kết quả File dữ liệu theo thời gian thực

3.2.2. Vận tốc xe theo thời gian thực



Hình 3.2. Đồ thị vận tốc xe chạy theo thời gian thực

3.2.3. Kiểm soát điều kiện dữ liệu ổn định

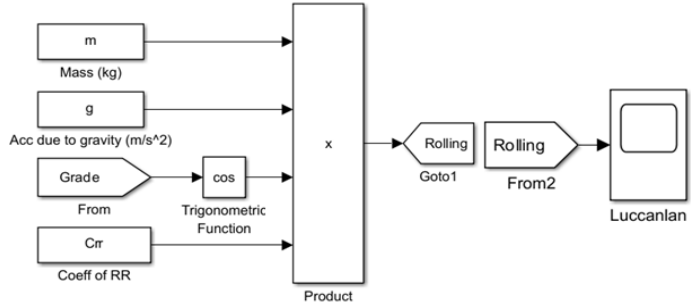
Số lần đạp phanh và phần trăm độ bàn đạp chân ga sẽ được lựa chọn làm số liệu đánh giá kỹ năng người lái xe.

3.3. XÁC ĐỊNH CÁC DỮ LIỆU TRONG KHÔNG GIAN M CHIỀU

3.3.1. Dữ liệu lực cản lăn trên đường

Lực cản lăn được xác định theo phương trình: $P_f = C_{rr} m_i g$ (3.3)

Sử dụng các khối trong Simulink để xác định lực cản lăn, hình 3.3.



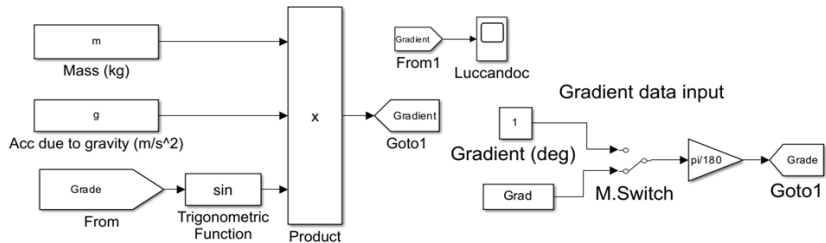
Hình 3.3. Sơ đồ khối Simulink xác định lực cản lăn

3.3.2. Dữ liệu lực cản dốc

Lực cản dốc được xác định theo phương trình:

$$P_i = m_i g \sin(\alpha) \quad (3.4)$$

Sử dụng các khối trong Simulink để xác định lực cản dốc, hình 3.4.



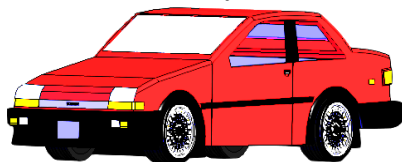
Hình 3.4. Sơ đồ khối Simulink xác định lực cản dốc

3.3.3. Dữ liệu lực cản khí động học

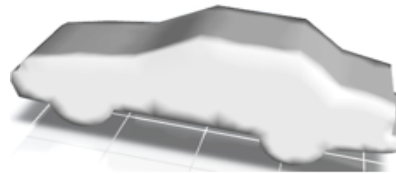
Lực cản khí động học được xác định theo phương trình:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A_f C_d v^2 \quad (3.6)$$

Phân tích CFD trong phần mềm Ansys Workbench nhận được thông số hệ số cản khí động học của xe khảo sát Toyota Vios 2009.



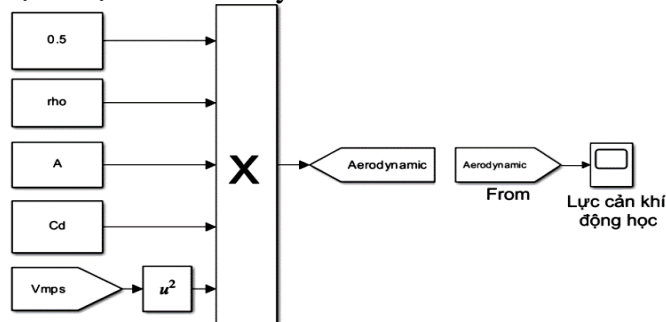
a) Xe khảo sát Toyota Vios



b) Mô hình hóa xe

Hình 3.5. Phân tích CFD trên xe Toyota Vios 2009 xác định hệ số cản khí động học

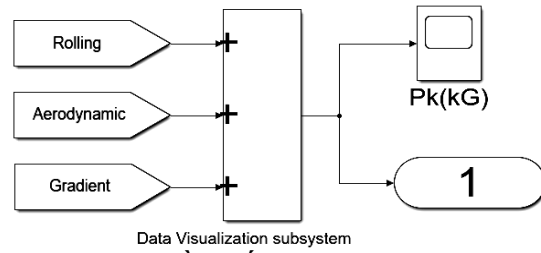
Theo các nghiên cứu CFD và thực nghiệm trong hầm gió, hệ số cản khí động học của xe sedan notchback thường nằm trong khoảng $C_d = 0,28-0,32$. Giá trị $C_d = 0,29$ thu được từ kết quả mô phỏng CFD, được lựa chọn cho xe Toyota Vios 2009.



Hình 3.6. Sơ đồ khối Simulink xác định lực cản khí động học

3.3.4. Dữ liệu lực kéo tổng cộng

Từ phương trình cân bằng lực kéo trên ô tô, theo giả thiết trong khảo sát xe chạy ổn định, không có gia tốc, lực kéo tổng cộng bằng tổng các lực cản chuyển động: lực cản lăn, cản dốc và cản không khí. Sử dụng các khối trong Simulink để xác định lực kéo P_k , hình 3.7.



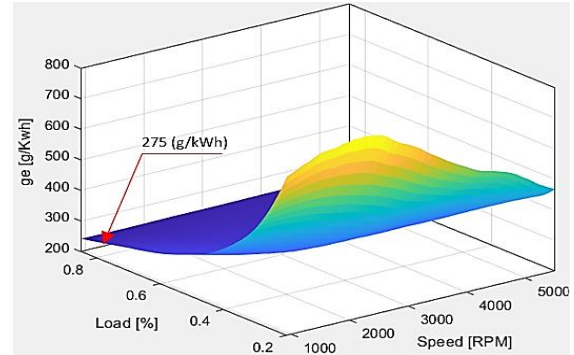
Hình 3.7. Sơ đồ khối Simulink xác định lực kéo tổng cộng

3.3.5. Dữ liệu suất tiêu hao nhiên liệu có ích

Suất tiêu hao nhiên liệu riêng g_e được tính ở 85% công suất cực đại của động cơ ($Ne = 85\% Ne_{max}$) tính bởi phương trình :

$$g_e = \frac{m_f}{P_e} \left(\frac{kg}{kWh} \right) \quad (3.7)$$

Ứng dụng Matlab/Simulink cho các thông số của động cơ xe Toyota Vios 2009 để chạy chương trình matlab.m nhận được kết quả đồ thị suất tiêu hao nhiên liệu riêng có ích g_e (kg/kWh) như hình 3.8.



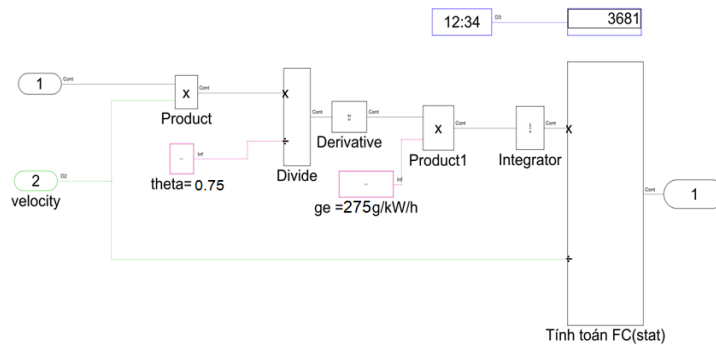
Hình 3.8. Kết quả mô phỏng Matlab suất tiêu hao nhiên liệu riêng có ích g_e

3.3.6. Dữ liệu hiệu suất hệ thống truyền lực

Trên xe hệ thống truyền lực cơ khí nên hiệu suất trung bình thường 0,7–0,8. Trong mô phỏng có thể lấy giá trị trung bình hiệu suất bằng 0,75.

3.4. SƠ ĐỒ MATLAB SIMULINK MÔ PHỎNG TÍNH TOÁN MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU

Mức tiêu thụ nhiên liệu trong một chu trình xe chạy trong mô phỏng lấy theo thời gian thực bằng 3681 (s) như sơ đồ hình 3.9.



Hình 3.9. Sơ đồ khối Simulink tính toán mức tiêu thụ nhiên liệu của lộ trình xe chạy

3.5. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

3.5.1. Chu trình lái xe

Trong chu trình lái xe:

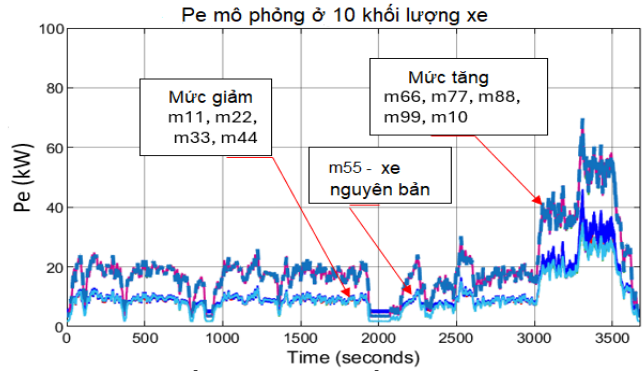
- Thời gian mô phỏng bằng đúng thời gian thực xe chạy, bằng 3681 (s).
- Người lái xe có kỹ năng tốt đảm bảo giảm tốc và tăng tốc đúng thời điểm của chu trình.
- Vận tốc xe chạy trong mô phỏng được lấy từ vận tốc xe chạy theo thời gian thực nên kết quả mô phỏng vận tốc, hình 3.12.



Hình 3.12. Đồ thị chu trình lái xe đến giây 3681

3.5.2. Công suất tiêu thụ của động cơ

Khối lượng xe được xác định bởi các thành phần: Khối lượng không tải 940 kg; Dung tích thùng nhiên liệu 45 lít x 1/3 = 15 lít x 0,7 = 11 kg; 2 bình cứu hoả = 18kg; Lái xe = 75 kg; Kỹ thuật viên = 74 kg; Phụ kiện theo xe = 22kg; Cân + giá cân + nhiên liệu trong bình chứa = 30 kg. Tổng cộng khối lượng xe đầy tải 1170 kg.

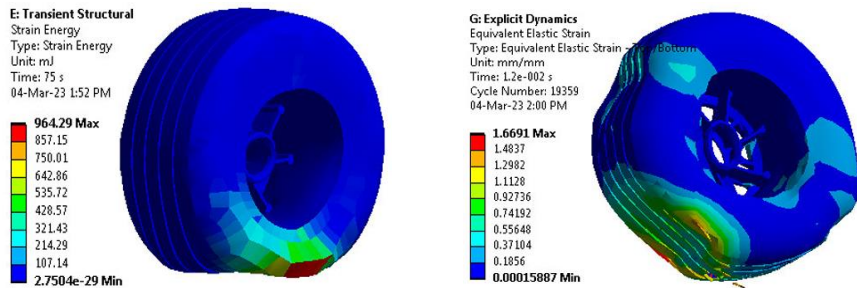


Hình 3.13. Đồ thị công suất tiêu thụ của động cơ ở các khối lượng xe khác nhau

3.5.3. Lực cản lăn

3.5.3.1. Phân tích đặc tính lớp xe ảnh hưởng đến hệ số cản lăn

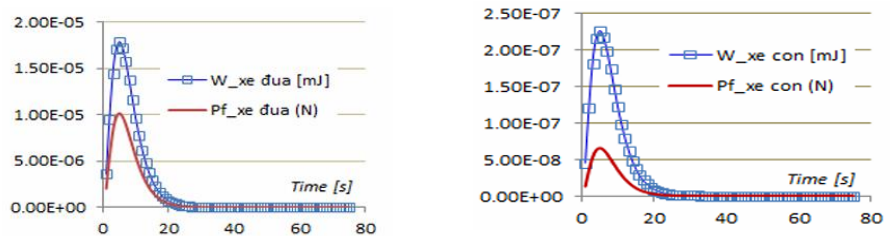
Đặc tính kết cấu và vật liệu của lớp xe ảnh hưởng trực tiếp đến hệ số cản lăn thông qua mức độ biến dạng của vùng tiếp xúc giữa lớp và mặt đường.



a) Năng lượng biến dạng b) Biến dạng đàn hồi tương đương

Hình 3.14. Hình ảnh biến dạng trong mô phỏng

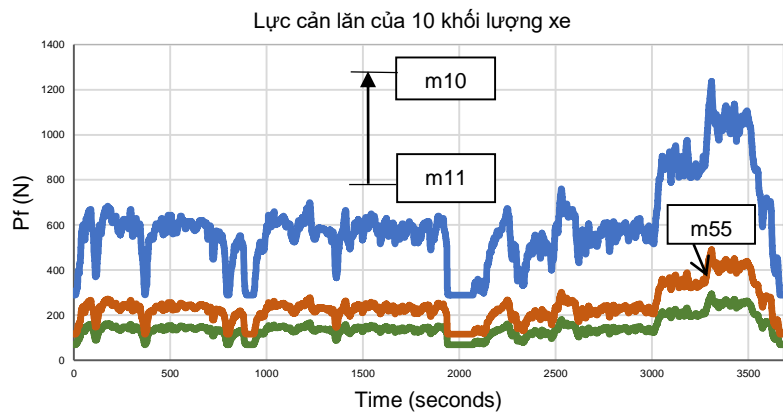
Kết quả so sánh tại hình 3.15 cho thấy lớp xe con có lực cản lăn và tổn thất năng lượng biến dạng nhỏ hơn so với lớp xe đua:



Hình 3.15. Năng lượng biến dạng và lực cản lăn của lớp xe

3.5.3.2. Mô phỏng lực cản lăn

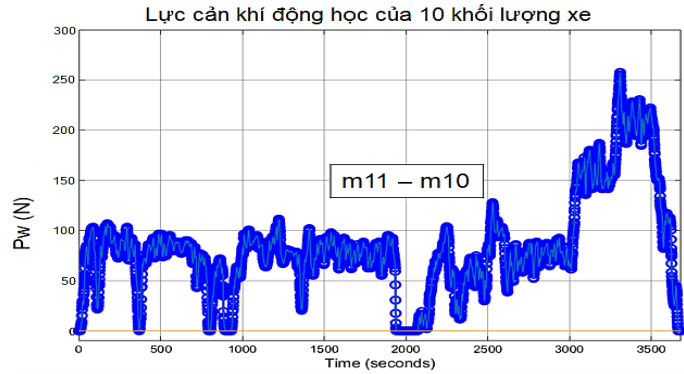
Lực cản lăn tức thời $P_f(t)$ theo thời gian, khảo sát từ khối lượng m11–m10, với m55 = 1170 kg là khối lượng xe nguyên bản, nhằm làm rõ quy luật biến thiên của đại lượng này trong suốt chu kỳ mô phỏng, hình 3.16.



Hình 3.16. Đồ thị lực cản lăn ở khối lượng xe khác nhau

3.5.4. Lực cản khí động học

Do hình dáng xe không thay đổi trong tất cả các trường hợp thay đổi khối lượng nên không có sự thay đổi biên độ theo thời gian thực, hình 3.17.



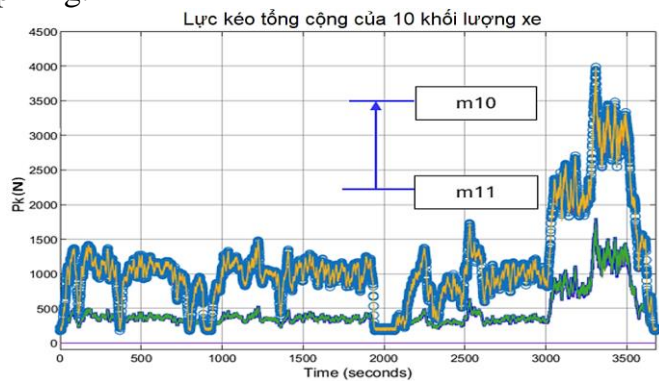
Hình 3.17. Đồ thị lực cản khí động học

3.5.5. Lực cản dốc

Trên đường thí nghiệm có độ dốc nhỏ và số lượng dốc ít nên có thể bỏ qua lực cản dốc và được sử dụng làm giả thiết trong mô phỏng.

3.5.6. Lực kéo tổng cộng

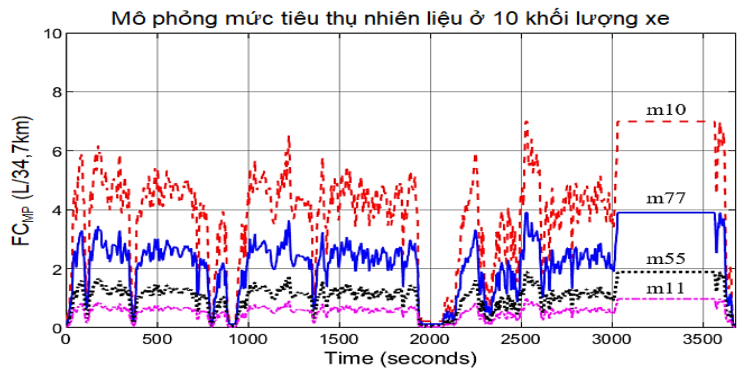
Khảo sát lực kéo tổng cộng cho thấy rõ sự phụ thuộc vào các lực cản cũng như khối lượng xe khác nhau, hình 3.18.



Hình 3.18. Đồ thị lực kéo tổng cộng

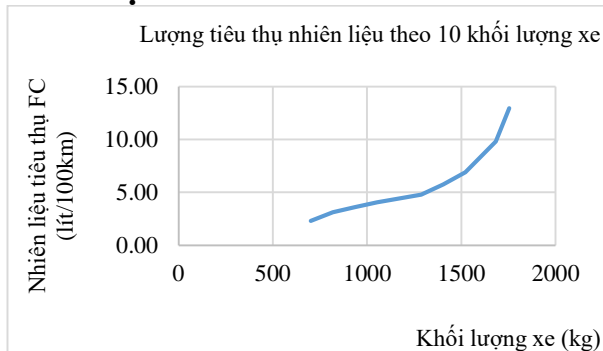
3.5.7. Mức tiêu thụ nhiên liệu

Khảo sát sự thay đổi giá trị của các lực kéo tổng cộng và mức tiêu thụ nhiên liệu tương ứng sẽ cho thấy rõ sự phụ thuộc vào khối lượng xe khác nhau, hình 3.19.



Hình 3.19. Đồ thị mức tiêu thụ nhiên liệu

3.5.8. Nhận xét



Hình 3.20. Đồ thị thể hiện lượng tiêu thụ nhiên liệu theo 10 khối lượng

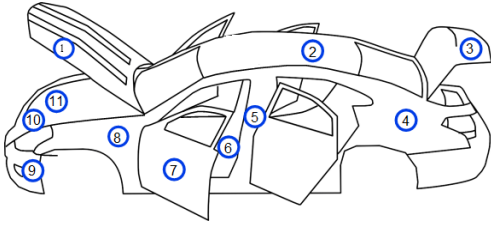
Từ dữ liệu đồ thị 3.20 được xử lý bằng phương pháp hồi quy theo tiêu chuẩn bình phương tối thiểu nhằm xác định hàm thực nghiệm biểu diễn mối quan hệ giữa khối lượng xe và lượng tiêu thụ nhiên liệu, thu được mô hình hàm ghép đoạn, mỗi đoạn được xây dựng phù hợp với từng miền giá trị của khối lượng mô tả tiêu thụ nhiên liệu theo khối lượng như sau:

$$FC = \begin{cases} 0,0035m - 0,15; & m \leq 1300 \\ 0,00002m^2 - 0,045m + 30; & m > 1300 \end{cases} \text{ (lít/100 km)}$$

có hệ số xác định $R^2 \approx 0,99$.

3.6. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP GIẢM MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU BẰNG LỰA CHỌN VẬT LIỆU NHẸ SỬ DỤNG TRÊN THÂN VỎ

3.6.1. Sơ đồ phân bố các loại vật liệu trên khung vỏ xe

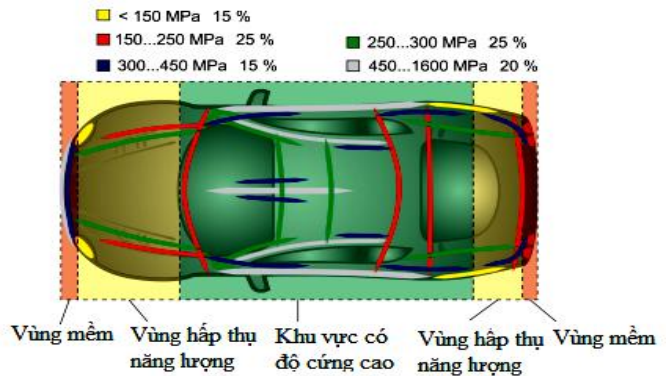


Hình 3.21: Sơ đồ phân bố cấu trúc vật liệu trên thân vỏ xe con

1) Nắp ca pô: Nhôm; 2) Trần xe: Thép cacbon thấp; 3) Nắp cốp sau: Thép cacbon thấp; 4) Hồng sau: Thép cacbon thấp;

- Phân tích sự phân bố vật liệu theo cấu trúc độ cứng, ở những vị trí cần có độ cứng cao thường sử dụng thép, các xe đời mới sử dụng thép siêu bền. Các vật liệu chính trên thân vỏ ô tô là thép, nhôm, magiê, đồng, titanium, nhựa và sợi cacbon, hình 3.22.

5) A Pillar: Thép dập nóng 1000–1500 Mpa; 6) Sàn xe: Thép cacbon thấp; 7) Cửa ngoài: Thép tô, Cửa trong: thép cacbon thấp; 8) Fender: thép cacbon trung bình hoặc thép tô; 9) Cản trước: Plastic; 10) Ga lăng mặt trước thân xe: thép 980–1200 MPa hoặc nhôm; 11) Khoang động cơ: Thép hợp kim tấm có độ bền cao (HSLA); 12) Thành khoang động cơ: Thép hợp kim tấm có độ bền cao/thép cường lực.



Hình 3.22. Sơ đồ phân bố yêu cầu sử dụng vật liệu theo độ cứng

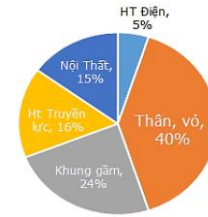
3.6.2. Khả năng sử dụng vật liệu nhẹ trên khung vỏ xe

Có nhiều loại vật liệu nhẹ được sử dụng trên khung vỏ xe, một số loại chính gồm:

- Vật liệu composite có trọng lượng nhẹ, độ cứng tốt và ít bị ăn mòn.
- Nhựa polycarbonate (PC) được sử dụng để chế tạo tấm cản, ...
- Polyamide sản xuất các bộ phận nằm dưới nắp ca-bô khoang động cơ.
- Nhựa Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) chế tạo các bộ phận trên thân vỏ xe, bảng điều khiển.
- Hợp kim nhựa nhiệt dẻo PC + acrylonitrile / butadien / styren + polyamit (ABS + PA) sử dụng để sản xuất các bộ phận trang trí bên trong và bên ngoài
- Nhựa Polyvinyl Clorua (PVC) sử dụng để sản xuất lớp bảo vệ cho sàn dưới cùng của ô tô, làm lớp lót bên trong và lớp phủ của dây cáp điện trong xe.
- Nhựa Polypropylene (PP) sử dụng chế tạo cản ô tô, vỏ hộp ắc quy, thùng xăng, thảm để chân.
- Nhựa Polyurethanes (PUR) sử dụng chế tạo đệm ghế ngồi dạng bọt xốp linh hoạt, tấm cách nhiệt bằng bọt, lớp đàn hồi, đệm của hệ thống treo ô tô,...
- Nhựa polimer thủy tinh Polystyrene (PS) chế tạo vỏ thiết bị, nút bấm.
- Nhựa polymer POM chế tạo các chi tiết nội thất và ngoại thất, ...
- Nhựa nhiệt PMMA (Acrylic) ứng dụng chế tạo cửa sổ, màn hình.
- Polybutylene terephthalate chế tạo vỏ và viền đèn sương mù, ...
- Polyethylene terephthalate chế tạo tay gạt nước và vỏ hộp số, ...

3.6.3. Tỷ lệ phân bố khối lượng trên xe

Khung vỏ xe có khả năng thay đổi vật liệu dễ nhất cho các nhà thiết kế, chế tạo và khai thác sử dụng.



Hình 3.24. Sơ đồ phân bố khối lượng trên xe con

3.6.4. Tiêu chí lựa chọn vật liệu nhẹ và cơ sở thay đổi khối lượng

Sử dụng vật liệu Composite trên khung vỏ xe có tỷ trọng 1600 kg/m³ cho thấy tỷ số chênh lệch khối lượng với thép tấm là 7890/1600 = 4,93.

Theo sơ đồ tỷ lệ phân bố khối lượng khung vỏ khoảng 40 % trên toàn xe, mô hình mô phỏng sẽ có khối lượng theo bảng 3.7.

Bảng 3.7: Phân tích khối lượng xe mô phỏng

	Khối lượng toàn xe đầy tải (kg)	Khối lượng khung vỏ ~40 % (kg)	Khối lượng các cụm khác (kg)
Thân xe thép nguyên thủy	1170	470	700
Thân xe Composite CFRP-Epoxy	795	95	700

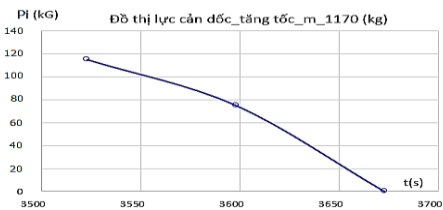
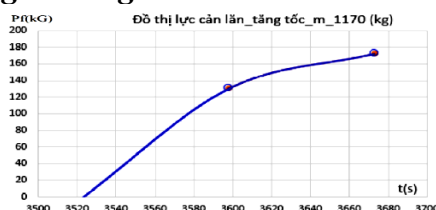
3.6.5. Các lực cản chuyển động trong sử dụng vật liệu composite trên khung vỏ

3.6.5.1. Trong cả thời gian chu trình

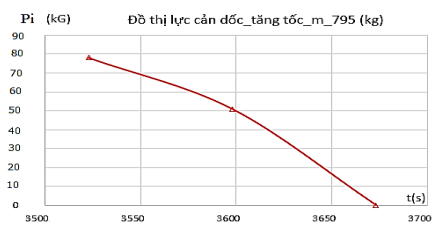
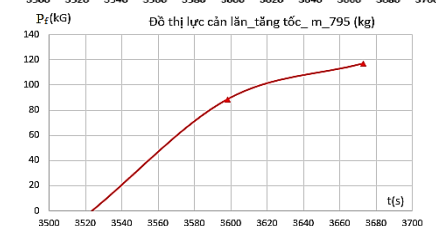
Lực cản lăn trên xe có khung vỏ sử dụng vật liệu nhẹ Composite CFRP-Epoxy giảm được 55,25 (kG), tương ứng với tỷ lệ giảm 32 (%) so với xe nguyên bản có khung vỏ thép. Lực cản dốc trên xe có khung vỏ sử dụng vật liệu nhẹ Composite CFRP-Epoxy giảm được 39,1 (kG), cũng tương ứng với tỷ lệ giảm 32 (%) so với xe nguyên bản có khung vỏ thép. Lực cản khí động học trên cả xe có khung vỏ sử dụng vật liệu nhẹ Composite CFRP-Epoxy và xe nguyên bản có khung vỏ thép là như nhau do không thay đổi hình dáng kết cấu khí động học của xe.

3.6.5.2. Trong thời gian tăng tốc

Trên xe khung vỏ thép.



Trên xe khung vỏ Composite CFRP-Epoxy.



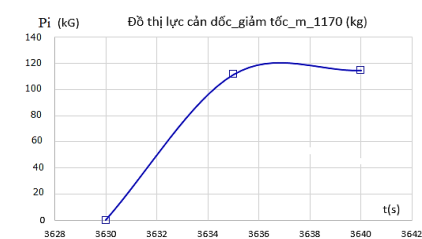
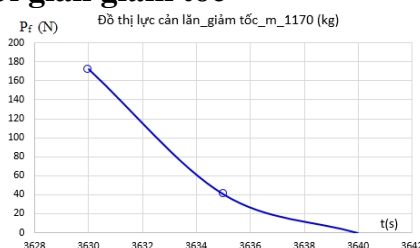
Giảm 32,05 (%) so với xe có khung vỏ thép

Giảm 32,1 (%) so với xe có khung vỏ thép

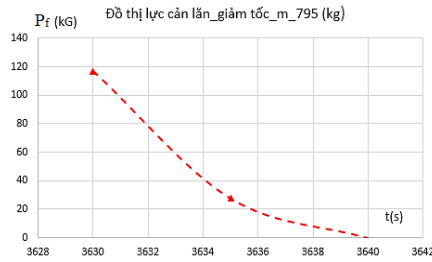
Hình 3.28. Đồ thị lực cản lăn, cản dốc trong thời gian tăng tốc

3.6.5.3. Trong thời gian giảm tốc

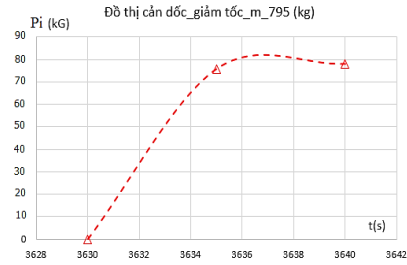
Trên xe khung vỏ thép.



Trên xe khung
vỏ Composite
CFRP-Epoxy.



Giảm 32,05 (%) so với xe có
khung vỏ thép



Giảm 32,05 (%) so với xe có
khung vỏ thép

Hình 3.30. Đồ thị lực cản lăn, cản dốc trong thời gian giảm tốc

3.7. ĐÁNH GIÁ TÍNH KINH TẾ CỦA XE SỬ DỤNG VẬT LIỆU NHẸ

Tính kinh tế của xe theo mức tiêu thụ nhiên liệu YFS (Lít) được xác định theo phương trình:

$$YFS = \frac{L(FC_1 - FC_2)}{100}; \text{Lít} \quad (3.8)$$

Giả thiết rằng số km xe chạy mỗi năm là 100.000 km:

Bảng 3.8: Đánh giá tính kinh tế sử dụng nhiên liệu của xe

a) Theo chiều giảm khối lượng.					
Ký hiệu	m11	m22	m33	m44	m55
Khối lượng (kg)	702	819	936	1053	1170
FC(lít/100 km)	2,31	3,11	3,60	4,06	4,41
YFS (L)	2105	1298	808	347	0
SM (đồng VN)	42.100.000	25.960.000	16.160.000	6.940.000	-
b) Theo chiều tăng khối lượng.					
Ký hiệu	m66	m77	m88	m99	m10
Khối lượng (kg)	1287	1404	1521	1638	1755
FC(lít/100 km)	4,78	5,76	6,92	9,22	12,97
YFS (L)	-374	-1354	-2506	-4812	-8558
SM (đồng VN)	-7.480.000	-27.080.000	-50.120.000	-96.240.000	-171.160.000

KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Chương 3 phân tích ảnh hưởng của khối lượng xe đến các lực cản chuyển động và mức tiêu thụ nhiên liệu thông qua mô phỏng Matlab/Simulink, sử dụng dữ liệu vận tốc thực đã được xử lý bằng biến đổi Fourier để đưa vào mô phỏng, đảm bảo độ tin cậy.

Kết quả cho thấy lực cản lăn tỷ lệ thuận với khối lượng xe, trong khi lực cản khí động học gần như không phụ thuộc vào khối lượng. Mức tiêu thụ nhiên liệu biến thiên phi tuyến theo khối lượng và được mô tả bằng mô hình hàm ghép đoạn (tuyến tính và bậc hai) với hệ số xác định cao ($R^2 = 0,99$).

Luận án đề xuất sử dụng vật liệu composite CFRP-Epoxy thay thế thép trong khung vỏ, giúp giảm khối lượng khoảng 32%, qua đó giảm lực cản và tiết kiệm nhiên liệu đáng kể. Phân tích kinh tế cho thấy mức tiết kiệm nhiên liệu có thể đạt từ 347 đến 2105 lít/năm, tương đương khoảng 7 đến hơn 40 triệu đồng.

Kết quả nghiên cứu khẳng định vai trò của khối lượng xe và tính hiệu quả của giải pháp vật liệu nhẹ trong nâng cao hiệu quả năng lượng ô tô

CHƯƠNG 4: NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

4.1. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH MỨC TIÊU THỤ NHIÊN LIỆU TRÊN Ô TÔ.

4.1.1. Thí nghiệm đo trên bộ thử

- Bộ thử động cơ.
- Bộ thử khung gầm.

4.1.2. Đo trực tiếp trên xe đang chạy trên đường

Sử dụng bình nhiên liệu tháo rời, được cân sau mỗi lần chạy thử để xác định lượng nhiên liệu tiêu thụ, hình 4.1.

Ưu điểm của phương pháp này là phù hợp quy định về môi trường đối với xe, chi phí cho quá trình đo phù hợp hơn.



Hình 4.1. Cách đo nhiên liệu xe chạy trên đường theo tiêu chuẩn SAE J1321

4.2. MỤC TIÊU, PHƯƠNG PHÁP, ĐỐI TƯỢNG THÍ NGHIỆM

4.2.1. Mục tiêu thí nghiệm

Thí nghiệm nhằm đạt những mục tiêu chính:

- Xây dựng bộ dữ liệu thực nghiệm phục vụ mô hình hóa và phân tích.
- Đo đạc và đánh giá mức tiêu thụ nhiên liệu thực tế của xe Toyota Vios 2009.
- So sánh kết quả thực nghiệm với mô hình mô phỏng.

4.2.2. Phương pháp thí nghiệm

Thí nghiệm đo mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô theo phương pháp đo đặc trực tiếp kết hợp với khảo sát, tính toán nhằm xác định 5 thông số

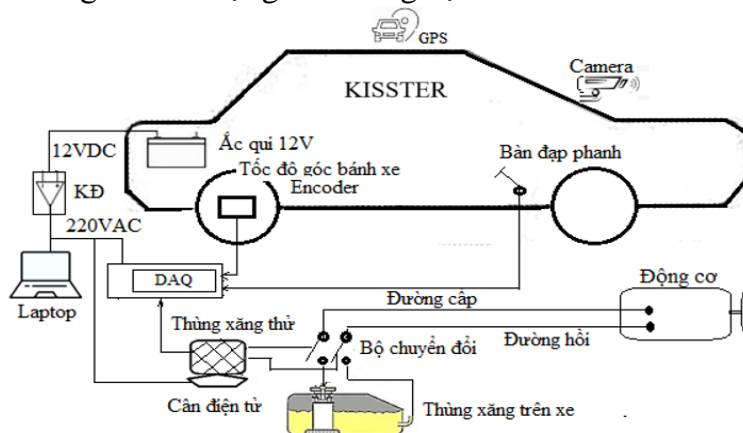
4.2.3. Đối tượng thí nghiệm

Thí nghiệm trên xe Toyota Vios 2009

4.3. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

4.3.1. Sơ đồ kết nối các thiết bị thí nghiệm

Các thiết bị thí nghiệm đo mức tiêu thụ nhiên liệu có các mô đun đo tiêu chuẩn hóa quốc tế được tích hợp cùng những mô đun chế tạo bổ sung và phần mềm chuyên dụng có tên Kisster đã được kiểm định đánh giá chất lượng của Tổng cục Tiêu chuẩn đo lường Việt Nam.



Hình 4.3. Sơ đồ kết nối thiết bị thí nghiệm trên xe thí nghiệm

4.3.2. Các thiết bị và dụng cụ thí nghiệm

- Nhóm theo dõi thí nghiệm(ECU động cơ, bộ GPS).

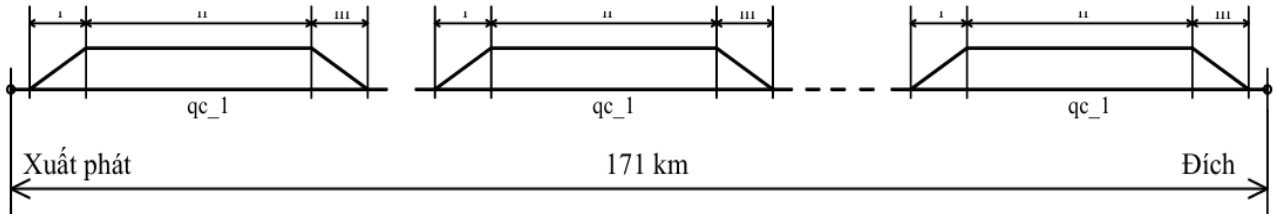
- Bộ đo (Cân điện tử, thùng khung giá, cáp nối, phần mềm đọc dữ liệu, các cảm biến).

4.4. QUÁ TRÌNH THÍ NGHIỆM

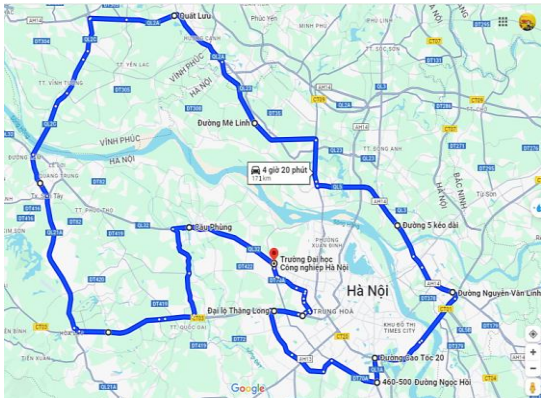
4.4.1. Xây dựng lộ trình xe chạy thí nghiệm

Chu trình xe chạy có thể được tập hợp bởi một số chu trình con tùy theo thực tế giao thông và điều kiện vận hành và thực hiện theo 3 giai đoạn gồm giai đoạn tăng tốc I, giai đoạn chạy xe ổn định và giai đoạn giảm tốc để phù hợp với mô phỏng như hình 4.12, trong đó qc_1, qc_2, \dots, qc_n là những chu trình con, với n là số chu trình con.

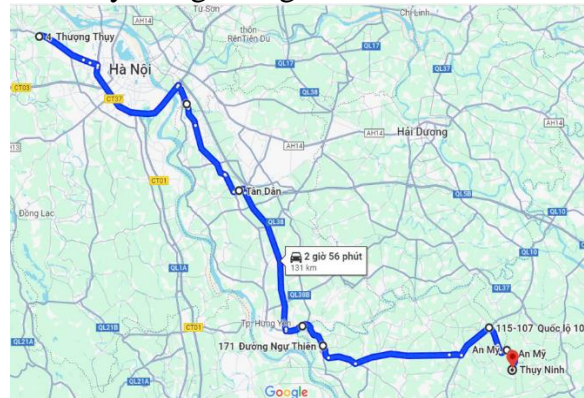
Thời gian dừng nghỉ trên đường ước tính bằng $6,8 - 4,39 = 2,41$ giờ



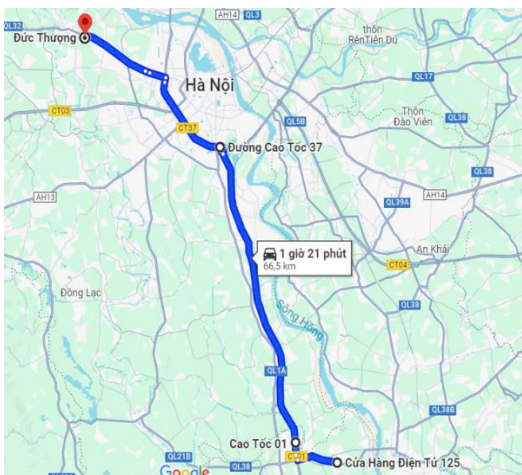
Hình 4.12. Chu trình xe chạy trong thí nghiệm



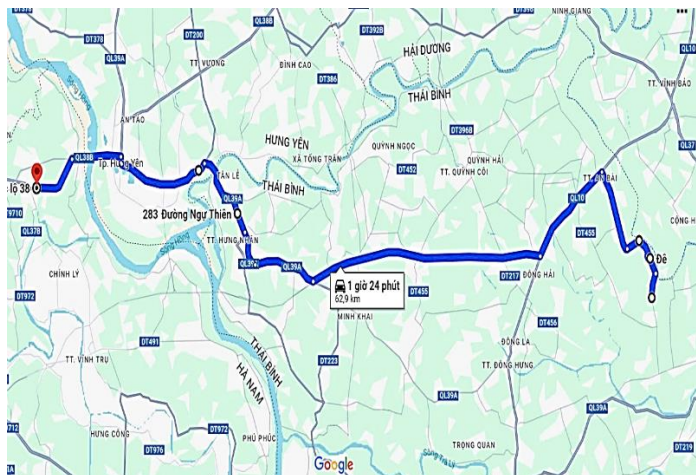
Hình 4.13. Lộ trình xe chạy thí nghiệm thứ nhất



Hình 4.14. Lộ trình xe chạy thí nghiệm thứ hai



Hình 4.15. Lộ trình xe chạy thí nghiệm thứ ba



4.4.2. Quy trình thí nghiệm

Bước 1: Chuẩn bị dụng cụ và thiết bị thí nghiệm.

Bước 2: Cài đặt thông số thí nghiệm.

Bước 3: Tiến hành thí nghiệm.

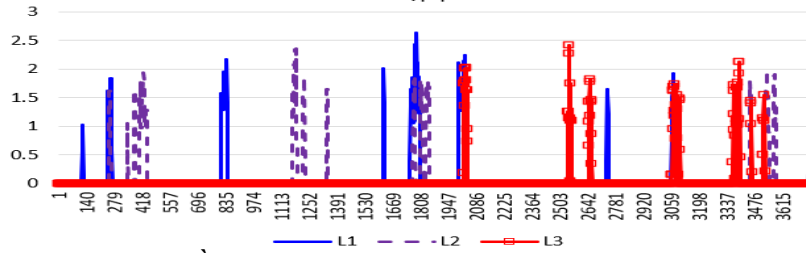
Bước 4: Nhận kết quả thí nghiệm.

4.4.3. Xác lập điều kiện dữ liệu ổn định

Sử dụng dữ liệu giống nhau của lực bàn đạp phanh và độ mở bướm ga của những lần lái cùng một xe trên 3 lộ trình xe chạy thí nghiệm

a) Lực bàn đạp phanh

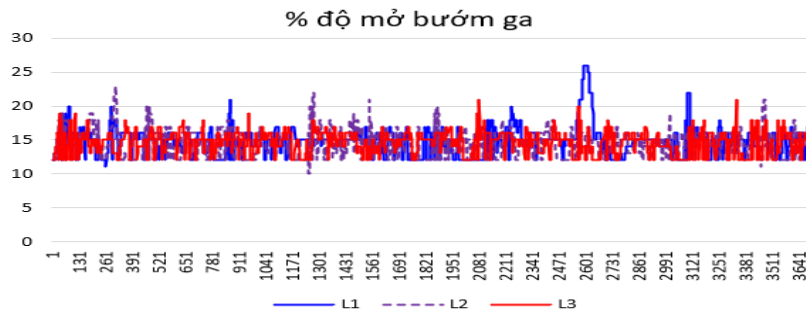
Trên đồ thị Hình 4.19 cho thấy độ lớn lực trên bàn đạp phanh có các đỉnh xung là số liệu lựa chọn của số lần đạp phanh.



Hình 4.19. Đồ thị lực bàn đạp phanh trong 3 lộ trình

b) Phần trăm độ mở bướm ga

Trên đồ thị hình 4.20 biểu thị phần trăm độ mở bướm ga có thể gần đúng xác định tỷ lệ phần trăm bàn đạp chân ga của người lái xe. Trong 3 lộ trình xe chạy thí nghiệm lần lượt các giá trị tỷ lệ phần trăm bàn đạp chân ga L1 = 14,76628(%), L2 14,45064 (%), L3 14,57764 (%).



Hình 4.20. Đồ thị phần trăm độ mở bướm ga trong 3 lộ trình

4.5. THU THẬP VÀ XỬ LÝ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

4.5.1. Chuẩn bị các file dữ liệu

Các thông số đầu vào, thông số đầu ra, thông số xe, thiết bị, ... được cập nhật trong phần mềm tạo thành những tệp dữ liệu cùng với vận tốc xe thí nghiệm.

Việc cài đặt các thông số đầu vào theo cấu trúc của phần mềm đo ghi dữ liệu.

4.5.2. Quá trình thực hiện

Ở mỗi file kết quả nhận được thể hiện được điểm đầu và điểm cuối, không phân biệt đường đô thị hoặc đường cao tốc hoặc đường nông thôn.

Khối lượng nhiên liệu ban đầu được đặt làm chuẩn ban đầu theo (kg), cảm biến đo mức đạp ga và cảm biến đo số lần đạp phanh hiển thị trên phần mềm tương ứng của máy đo.

Mỗi chu trình sẽ có một file kết quả theo, tập hợp kết quả các chu trình là kết quả của lộ trình xe chạy.

4.5.3. Kết quả thí nghiệm

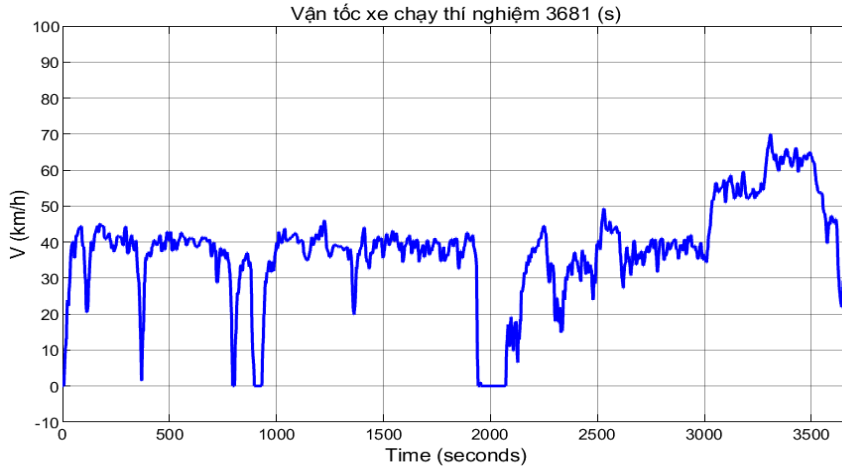
4.5.3.1. Bảng dữ liệu theo thời gian thực

- Phần mềm Kisster ghi dữ liệu dạng bảng Excel.xlsx.

1	Thời gian	Vận tốc (km/h)	Áp lực (kg)	Khối lượng (kg)	Bướm ga (%)
30	2024-04-07 05:37:25.016	5.9	0	11.668	16
31	2024-04-07 05:37:25.887	5.9	0	11.668	16
32	2024-04-07 05:37:25.940	8.2	0	11.505	12
33	2024-04-07 05:37:26.803	8.2	0	11.505	12
34	2024-04-07 05:37:26.866	10	0	11.319	16
35	2024-04-07 05:37:27.720	10	0	11.319	16
36	2024-04-07 05:37:27.785	10	0	11.446	18
37	2024-04-07 05:37:28.644	10	0	11.446	18
38	2024-04-07 05:37:28.704	10.3	0	11.416	18
39	2024-04-07 05:37:29.596	12.7	0	11.277	19
40	2024-04-07 05:37:29.634	12.7	0	11.277	19
41	2024-04-07 05:37:30.493	12.7	0	11.277	19

Hình 4.21. Dạng bảng kết quả File dữ liệu theo thời gian thực

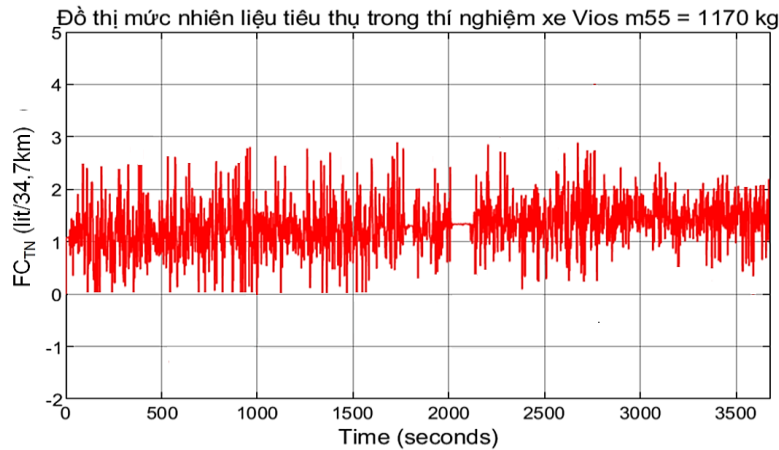
4.5.3.2. Vận tốc xe trong thí nghiệm theo thời gian thực



Hình 4.22. Đồ thị vận tốc xe chạy thí nghiệm

4.5.3.3. Giá trị đo mức tiêu thụ nhiên liệu theo thời gian thực

- Mức tiêu thụ nhiên liệu đo được trên xe thí nghiệm $m_1 = 1170$ kg, $FC_{stat\ max} = 4,2$ (lít/100 km), trên đồ thị hình 4.23.



Hình 4.23. Mức tiêu thụ nhiên liệu đo được trên xe thí nghiệm

4.6. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

4.6.1. Xây dựng phương trình hồi quy

Phương trình hồi quy thực tế

$$y = 5,26 + 34,7x_1 + 1009,03x_2 + 115,5x_3 \tag{4.2}$$

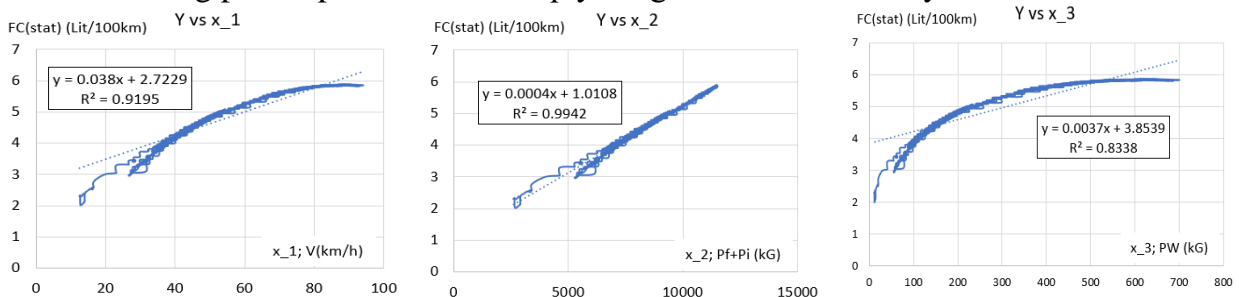
x_1 : Vận tốc xe $V(km/h)$;

x_2 : Lực cản lăn, cản dốc liên quan đến khối lượng xe m_i (kg);

x_3 : Lực cản khí động học liên quan đến hình dáng kích thước xe P_w (N).

4.6.2. Đánh giá độ tin cậy của các hệ số hồi quy

Sử dụng hệ số xác định R^2 để đánh giá mức độ phù hợp của mô hình, khi R^2 càng gần 1 thì mô hình càng phù hợp, các hệ số hồi quy càng đảm bảo độ tin cậy.



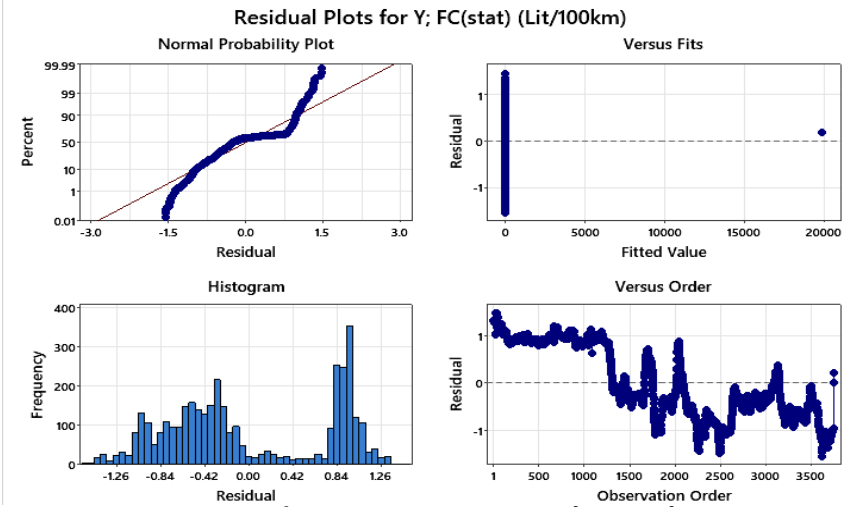
Hình 4.24. Đồ thị quan hệ xác định R^2 của FC(stat) với x_1, x_2, x_3

4.6.3. Phân tích ảnh hưởng của các yếu tố đến FC_{stat}

NCS đã ứng dụng phần mềm Minitab phân tích ảnh hưởng của các yếu tố đến kết quả phân tích xác định mức tiêu thụ nhiên liệu FC_{stat} trên ô tô.

- Ảnh hưởng của vận tốc x_1 đến FC_{stat} Y

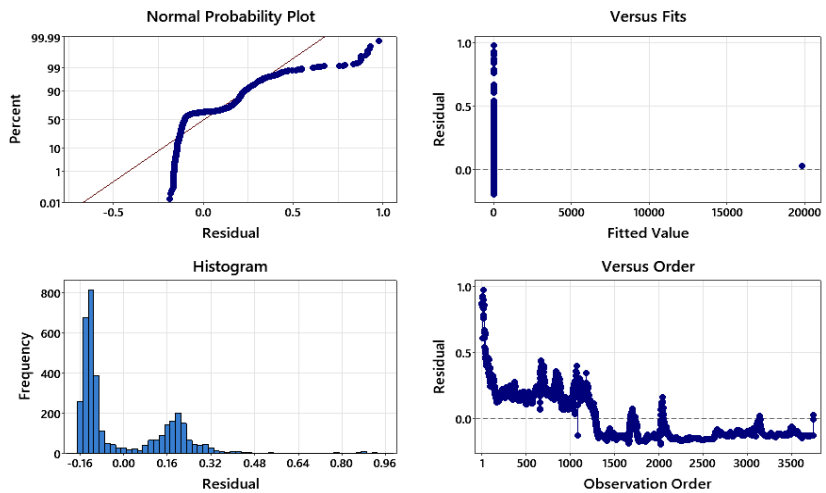
Hàm tương quan của yếu tố vận tốc x_1 đến yếu tố Y là hàm bậc nhất, ý nghĩa thống kê có hệ số p-value $0,993 > 0,05$ nên x_1 sẽ ảnh hưởng rất lớn đến Y.



Hình 4.26. Ảnh hưởng của vận tốc x_1 đến Y

- Ảnh hưởng của khối lượng x_2 đến FC_{stat} Y

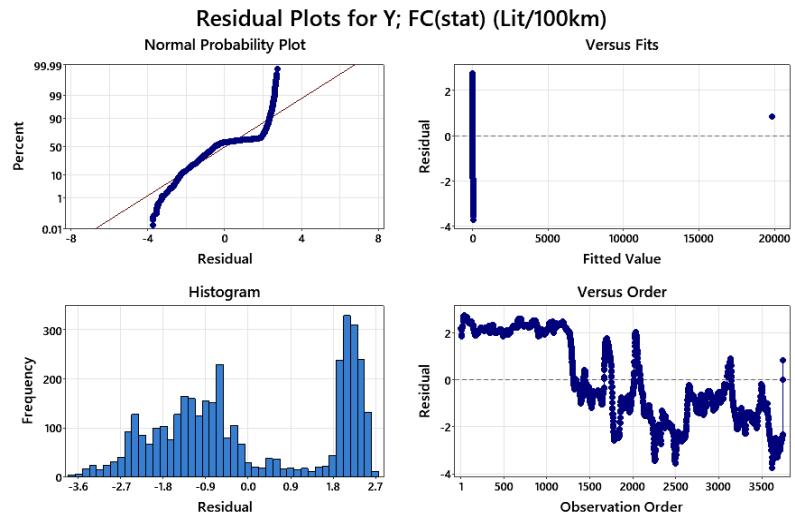
Hàm tương quan của yếu tố khối lượng (trong thành phần của lực cản lăn và cản dốc) x_2 đến yếu tố Y là hàm bậc nhất, ý nghĩa thống kê có hệ số p-value $0,996 > 0,05$ nên x_2 sẽ ảnh hưởng rất lớn đến Y.



Hình 4.27. Ảnh hưởng của khối lượng x_2 đến Y

- Ảnh hưởng của khí động học x_3 đến FC_{stat}

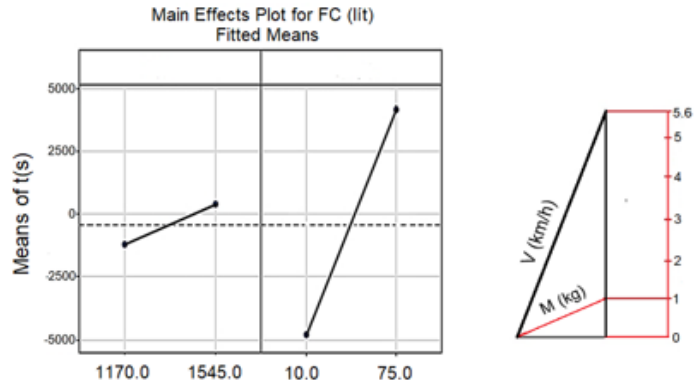
Hàm tương quan của yếu tố khí động học (hình dạng thiết kế xe) x_3 đến yếu tố Y là hàm bậc nhất, ý nghĩa thống kê có hệ số p-value $0,988 > 0,05$ nên x_3 sẽ có ảnh hưởng đến Y, nhưng nhỏ hơn x_1 và x_2 .



Hình 4.28. Ảnh hưởng của khí động học x_3 đến Y

- Yếu tố ảnh hưởng chính được xác định định tính trên đồ thị (Main Effects Plots) hình 4.29.

Nhìn trên đồ thị ta thấy độ dốc của đường vận tốc lớn hơn rất nhiều so với độ dốc đường khối lượng nên có thể nhận xét khối lượng xe và vận tốc xe chạy đều có ảnh hưởng đến mức tiêu thụ nhiên liệu FC_{stat} , đánh giá định tính mức độ ảnh hưởng của vận tốc là 5,6 lần khối lượng xe.



Hình 4.29. Mức độ ảnh hưởng của các thông số khối lượng và vận tốc xe

4.6.4. So sánh kết quả thí nghiệm và mô phỏng

4.6.4.1. Cơ sở so sánh

NCS lựa chọn lộ trình thí nghiệm ngày 07/4/2024 theo hình 4.13 ở trên có tổng quãng đường xe chạy 171 (km), trên đó chia thành 5 chu trình con. Chu trình thứ nhất trên quãng đường 34,7 (km) tính từ điểm xuất phát tại trường ĐHCN Hà Nội đến điểm Đồng Trục (Cao tốc Láng Hòa Lạc).

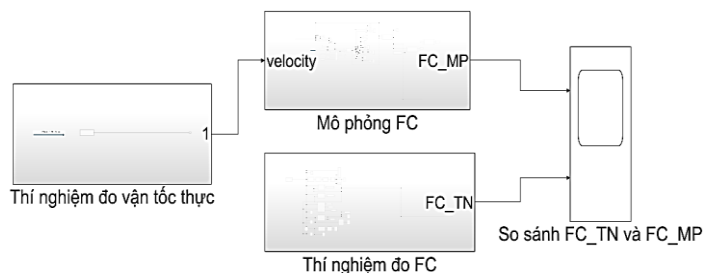
Bảng 4.2: Tổng hợp lộ trình xe chạy thí nghiệm ngày 07/4/2024

Thí nghiệm tiêu hao nhiên liệu trên ô tô ngày 07/04/2024											
Nội dung	Chu trình 1		Chu trình 2		Chu trình 3		Chu trình 4		Chu trình 5		
	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả	
Thời gian xuất phát	4h12'	1h00'	5h37'	1h02'	7h02'	1h00'	8h27'	1h00'	9h52'	1h06'	
Thời gian kết thúc	5h12'		6h37'		8h02'		9h27'		10h55'		
Số km đầu	0	34,7	34,7	34,7	69,4	34,7	104,1	34,7	138,8	31,7	
Số km cuối	34,7		69,4		104,1		138,8				
Lượng nhiên liệu đầu (g)	12,464	1,057	11,391	1,009	10,377	1,025	11,323	1,082	10,232	1,165	
Lượng nhiên liệu cuối (g)	11,407		10,382		9,352		10,241		9,067		
Lộ trình chạy	ĐHCN - cầu Phùng - Chùa Thầy - Đồng Trục(CT Láng hòa lạc)		Đồng Trục(CT Láng hòa lạc) - Sơn Tây - cầu Vĩnh Thịnh- Đông Văn - Yên lạc		Đông Văn (Yên lạc) - Quốc lộ 2A - Đường Mễ Linh - Đường Vô Văn Kiệt		Vô Văn Kiệt - Cầu Đông Trù - Cầu Thanh Trì - Đường Đỗ Mười(Hoàng mai)		Đường Đỗ Mười(Hoàng mai) - Ngoc Hồi - cầu Tô - Văn Khê - Lê Trọng Tấn - Láng Hoà Lạc - Mỹ Đình - Trinh Văn Bô - ĐH CN HN		
Đặc điểm đường xá	Nội đô, ngoại ô, cao tốc		Ngoại ô có dốc		Ngoại ô		Ngoại ô, Đô thị		Đô thị đông người		
Thời gian nghỉ giải lao	Kết thúc lần 1: 25 phút		Kết thúc lần 2: 25 phút		Kết thúc lần 3: 25 phút		Kết thúc lần 4: 25 phút				

Cụ thể lấy kết quả thí nghiệm ở chu trình con thứ nhất để so sánh toàn diện số liệu mức tiêu thụ nhiên liệu giữa thí nghiệm và mô phỏng.

Có năm phương pháp toán học cơ bản để so sánh dữ liệu kết quả thí nghiệm và mô phỏng bao gồm: (1) Phương pháp thống kê mô tả; (2) Phương pháp đo lường sai số sử dụng các chỉ số MAE (Mean Absolute Error); (3) Phương pháp kiểm định thống kê; (4) Phương pháp phân tích tương quan sử dụng Pearson correlation; (5) Phương pháp trực quan sử dụng một trong các biểu đồ.

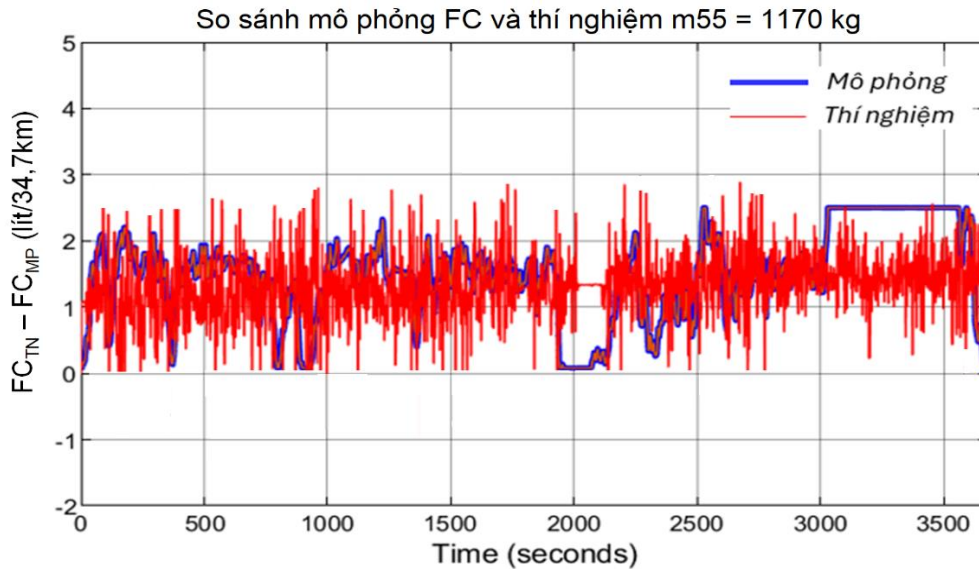
Luận án đã lựa chọn đồ thị Line plot trong phương pháp thứ 5 trong phần mềm Matlab Simulink lấy kết quả phân tích trực quan và kết hợp với những chỉ số đánh giá chính ở 4 phương pháp trên để so sánh đánh giá kết quả thí nghiệm và mô phỏng, hình 4.31.



Hình 4.31. Sơ đồ Simulink so sánh toàn diện kết quả FC thí nghiệm và mô phỏng

4.6.4.2. Kết quả so sánh

a) Đồ thị kết quả so sánh.



Hình 4.32. Đồ thị so sánh kết quả FC thí nghiệm và mô phỏng

b) Kết quả mô phỏng lượng nhiên liệu tiêu thụ FC_{MP} .

Độ lệch chuẩn ở các phạm vi có giá trị trung bình 0–2,48 lít và ở phạm vi 0,80–4,95 lít có giá trị trung bình 2,06 lít đều có độ lệch chuẩn 0,42 lít.

Dữ liệu ổn định với hệ số biến thiên thấp $CV = 20,03\%$.

Phân phối lệch phải nhẹ ($skewness = 0,36$), không có giá trị âm.

Dạng đồ thị phù hợp quy luật với Kurtosis cao (4,04) có đỉnh nhọn, ít outlier ở đuôi

Nhận xét: Dữ liệu mô phỏng có chất lượng tốt, ổn định, dự báo sẽ phù hợp với tín hiệu đo lường vật lý thực tế.

c) Kết quả thí nghiệm lượng nhiên liệu tiêu thụ FC_{TN}

FC_{TN} có giá trị trung bình 0–2,62 lít độ lệch chuẩn là 1,07 và ở phạm vi 6,84–9,77 lít có độ lệch chuẩn 1,69 lít. Như vậy độ lệch chuẩn tổng là $1,69 - 1,07 = 0,62$, lệch 0,2 so với 0,42 của mô phỏng.

Dữ liệu không ổn định với hệ số biến thiên cao $CV = 66,03\%$ nguyên nhân do trong thí nghiệm có nhiều thông số biến thiên sinh ra nhiễu tín hiệu.

Phân phối lệch phải lớn ($skewness = -0,16$), có nhiều giá trị âm 14,085/659,043 giá trị, chiếm 5,68% tổng số tín hiệu do nhiễu. Tuy nhiên tỷ lệ phần trăm này cho phép chấp nhận được trong đo lường cơ khí.

Dạng đồ thị phẳng hơn so với phân phối chuẩn với Kurtosis thấp (0,14).

Nhận xét: Dữ liệu thí nghiệm có nhiễu, những giá trị âm cho thấy ảnh hưởng rõ nét các cảm biến đo hoặc do dao động của nhiên liệu trong thùng. Trên cơ sở này đưa ra những khuyến nghị về lựa chọn cảm biến đo và chuẩn hóa tín hiệu trong thí nghiệm.

d) Nhận xét so sánh giữa FC_{MP} và FC_{TN}

- Giá trị trung bình: Ở phạm vi giá trị trung bình FC_{MP} 2,48 lít và FC_{TN} 2,62 lít có độ chênh lệch: +0,14 lít, tính theo phần trăm là $(2,62 - 2,48)/2,48 \times 100\% = 5,65\%$. Như vậy FC_{TN} chênh lệch so với FC_{MP} 5,65%.

- Độ ổn định σ : FC_{MP} có $\sigma_{MP} = 0,42$ lít (ổn định) và FC_{TN} : $\sigma_{TN} = 1,07$ lít (không ổn định). Như vậy FC_{MP} có mức ổn định cao hơn gấp 2,5 lần FC_{TN} .

- Các sai số đo lường trong thí nghiệm: Sai số tuyệt đối trung bình $MAE = 0,98$ lít. Sai số bình phương trung bình $RMSE = 1,22$ lít.

- Các chỉ số kiểm định thống kê: T-test: p-value < 0,001 có ý nghĩa thống kê cao. Mann-Whitney U: p-value < 0,001 cho thấy những khác biệt đều có ý nghĩa thống kê.

- Phân tích tương quan: Pearson $r = 0,934$ cho thấy tương quan cao đảm bảo độ tin cậy. Chỉ số Spearman $\rho = 0,95$ cho thấy tương quan thứ bậc mạnh và độ đồng nhất CCC = 0,720 rất cao cho thấy hai tập dữ liệu gần nhau và có tương quan mạnh.

4.6.4.3. So sánh kết quả ở khối lượng giảm

Bảng 4.3: Tổng hợp kết quả chạy thí nghiệm ngày 14/04/2024 với m44 = 1053 kg

Thí nghiệm tiêu hao nhiên liệu trên ô tô ngày 14/04/2024										
Nội dung	Chu trình 1		Chu trình 2		Chu trình 3		Chu trình 4		Chu trình 5	
	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả	Số liệu	Kết quả
Thời gian xuất phát	4h02'		5h27'		7h55'		8h20'		9h45'	
Thời gian kết thúc	5h02'	1h00'	6h29'	1h02'	7h55'	1h00'	9h20'	1h00'	10h51'	1h06'
Số km đầu	0		34,7		69,4		104,1		138,8	
Số km cuối	34,7	34,7	69,4	34,7	104,1	34,7	138,8	34,7	170,5	31,7
Lượng nhiên liệu đầu (g)	12,488		11,516		10,546		11,683		10,735	
Lượng nhiên liệu cuối (g)	11,514	0,974	10,542	0,974	9,616	0,93	10,735	0,948	9,632	1,103
Lộ trình chạy	ĐHCN - cầu Phùng - Chùa Thầy - Đông Trù (CT Láng hoà lạc)		Đông Trù (CT Láng hoà lạc) - Sơn Tây - cầu Vĩnh Thịnh - Đông Văn - Yên lạc		Đông Văn (Yên lạc) - Quốc lộ 2A - Đường Mé Linh - Đường Vô Văn Kiệt		Vô Văn Kiệt - Cầu Đông Trù - Cầu Thanh Trì - Đường Đỗ Mừn (Hoàng mai)		Đường Đỗ Mừn (Hoàng mai) - Ngọc Hồi - cầu Tô - Văn Khê - Lê Trọng Tấn - Láng Hoà Lạc - Mỹ Đình - Trinch Văn Bô - ĐH CN HN	
Đặc điểm đường xá	Nội đô, ngoại ô, cao tốc		Ngoại ô có dốc		Ngoại ô		Ngoại ô, Đô thị		Đô thị đông người	
Thời gian nghỉ giải lao	Kết thúc lần 1: 25 phút		Kết thúc lần 2: 25 phút		Kết thúc lần 3: 25 phút		Kết thúc lần 4: 25 phút			

Kết quả chạy thí nghiệm so sánh trong chu trình 1 cho thấy xe thời gian 1h00', quãng đường 34,7km, FC = 0,974 kg = 1,35 lít. So với khối lượng nguyên bản m55 thì khi giảm khối lượng 10% thì mức tiêu thụ nhiên liệu giảm 7.8% và so với mô phỏng là 7,2%. Như vậy chênh lệch: 7,8-7,2=0,6% là do kỹ năng lái và các yếu tố bên ngoài.

KẾT LUẬN CHƯƠNG 4

Chương 4 trình bày nghiên cứu thực nghiệm đo mức tiêu thụ nhiên liệu trên xe Toyota Vios, bao gồm thiết kế và chế tạo thiết bị đo, xây dựng chu trình xe chạy thí nghiệm, thu thập – xử lý dữ liệu và đánh giá kết quả. Phương pháp đo trực tiếp trên đường thực được lựa chọn theo tiêu chuẩn SAE J1321 và phù hợp với điều kiện giao thông Việt Nam. Thiết bị đo sau chế tạo đã được kiểm định, bảo đảm độ chính xác và độ tin cậy của số liệu.

Kết quả thực nghiệm cho thấy mức tiêu thụ nhiên liệu tăng theo sự gia tăng khối lượng xe, phù hợp với xu hướng lý thuyết và mô phỏng. So sánh giữa kết quả mô phỏng và thực nghiệm cho thấy sai lệch trung bình 5,65%, chứng tỏ mức độ tương đồng cao. Đối với trường hợp giảm 10% khối lượng xe, mức tiêu thụ nhiên liệu giảm 7,8% trong thực nghiệm và 7,2% trong mô phỏng, với chênh lệch chỉ 0,6%.

Các kết quả này đã kiểm chứng độ tin cậy của mô hình FC_{stat}, phương trình FC, chu trình xe chạy thí nghiệm và bộ đo đã xây dựng, đồng thời khẳng định khối lượng xe là yếu tố ảnh hưởng quan trọng đến mức tiêu thụ nhiên liệu, tạo cơ sở khoa học cho các giải pháp giảm khối lượng xe nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu trong thực tế.

KẾT LUẬN CHUNG VÀ HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP CỦA LUẬN ÁN
KẾT LUẬN CHUNG

Luận án “Nghiên cứu ảnh hưởng của khối lượng ô tô 5 chỗ đến mức tiêu thụ nhiên liệu” được thực hiện nhằm làm rõ mối quan hệ giữa khối lượng xe và mức tiêu thụ nhiên liệu trong các điều kiện vận hành khác nhau, trên cơ sở kết hợp giữa nghiên cứu lý thuyết, mô hình hóa, mô phỏng và thực nghiệm. Kết quả cho thấy khối lượng xe là một trong những yếu tố có ảnh hưởng trực tiếp và đáng kể đến lực cản chuyển động và mức tiêu hao năng lượng của ô tô.

Về mặt khoa học, luận án đã hệ thống hóa cơ sở lý thuyết về các lực cản chuyển động và xây dựng mô hình toán học, mô phỏng trên nền tảng Matlab/Simulink dựa trên thông số thực tế của xe Toyota Vios 2009. Kết quả phân tích cho thấy lực cản lăn tỷ lệ thuận với khối lượng xe, trong khi lực cản khí động học hầu như không phụ thuộc vào khối lượng khi hình dáng xe không thay đổi.

Trên cơ sở khảo sát nhiều mức khối lượng, luận án đã xác lập được quy luật biến thiên của mức tiêu thụ nhiên liệu theo khối lượng xe. Do đặc tính phi tuyến của dữ liệu, mô hình

hàm ghép đoạn được sử dụng để mô tả mối quan hệ này với hệ số xác định cao ($R^2 = 0,99$).

$$\text{Cụ thể: } FC = \begin{cases} 0,0035m - 0,15; & m \leq 1300 \\ 0,00002m^2 - 0,045m + 30; & m > 1300 \end{cases} \text{ (lít/100 km)}$$

Luận án cũng đã thiết kế, chế tạo thiết bị đo tiêu thụ nhiên liệu theo thời gian thực và xây dựng chu trình thử nghiệm phù hợp với điều kiện giao thông tại Việt Nam. Kết quả thực nghiệm cho thấy sai lệch giữa mô phỏng và thực tế nhỏ (khoảng 5,65% tại khối lượng 1170 kg và 0,6% khi giảm 10% khối lượng), qua đó xác nhận độ tin cậy của mô hình và phương pháp nghiên cứu.

Về mặt ứng dụng, luận án đề xuất giải pháp giảm khối lượng xe thông qua sử dụng vật liệu composite CFRP-Epoxy thay thế thép truyền thống, góp phần giảm lực cản chuyển động, tiết kiệm nhiên liệu và nâng cao hiệu quả kinh tế. Các kết quả đạt được có ý nghĩa khoa học và thực tiễn, góp phần định hướng phát triển các phương tiện tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải

Hướng nghiên cứu tiếp theo:

Do thời gian và điều kiện nghiên cứu của luận án có hạn nên bộ đo mới chỉ thực hiện được trên xe con 5 chỗ nên NCS đề xuất hướng nghiên cứu mở rộng tiếp theo là:

- Tiếp tục mở rộng và nghiên cứu ảnh hưởng của nhiều yếu tố khác cùng khối lượng trong các điều kiện vận hành thực tế đến mức tiêu thụ nhiên liệu trên ô tô con.
- Nghiên cứu mức tiêu thụ nhiên liệu trên nhiều mẫu ô tô khác.
- Nghiên cứu đánh giá độ bền và chi phí sản xuất thân vỏ bằng vật liệu composite.
- Hoàn thiện bộ đo để có thể sử dụng rộng rãi trên nhiều loại xe trong nghiên cứu và hướng tới thực tiễn.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ

[1]. Ngo Quang Tao, Nguyen Thanh Quang (2024), “Influence of kinematic parameters on fuel consumption in cars”, *Proceedings of the 2024 4th International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME)*, Male, Maldives, 1–6. DOI: 10.1109/ICECCME62383.2024.10796898.

[2]. Ngo Quang Tao, Nguyen Thanh Quang (2025), “Analysis relationship between mass and lightweight materials on the body to resistance forces of the car moving”, *Advances in Engineering Research and Application. ICERA 2024. Lecture Notes in Networks and Systems*, Vol. 1611, 100–107. https://doi.org/10.1007/978-3-032-03859-3_10.

[3]. Ngo Quang Tao, Nguyen Thanh Quang, Le Van Anh, Pham Minh Hieu, Le Duc Hieu (2024), “Analysis of effect of rolling resistance coefficient on automobile fuel consumption”, *HaUI Journal of Science and Technology*, 60(5), 216–218.

[4]. Ngo Quang Tao, Nguyen Thanh Quang, Le Van Anh (2025), “Relationship Between Rolling Resistance and Deformation Energy of Car Tires”, *Proceedings of the 4th Annual International Conference on Material, Machines, and Methods for Sustainable Development (MMMS2024)*, Vol. 1: *Advanced Materials and Manufacturing Technologies*, 281–287. https://doi.org/10.1007/978-3-031-93816-0_34.