

Nghiên cứu khảo sát thông số thiết kế đường ống xả trên xe Ford Escape

Lê Minh^a, Nguyễn Đỗ Hoài Phong^b, Nguyễn Toàn Trung^{c*}

Tóm tắt:

Bài báo nghiên cứu *Nghiên cứu khảo sát thông số thiết kế đường ống xả trên xe Ford Escape* tập trung vào việc khảo sát và cải thiện độ ồn rung của ống xả trên ô tô, nhằm tăng cường tính tiện nghi, an toàn cho người sử dụng và môi trường xung quanh. Qua phương pháp nghiên cứu, các thông số thiết kế của ống xả được xác định và tác động của chúng lên độ ồn rung của xe đã được đánh giá. Kết quả nghiên cứu đề xuất các thông số thiết kế phù hợp để giảm tiếng ồn và đảm bảo hiệu suất hoạt động của ô tô. Việc cải thiện độ ồn rung của ống xả có tiềm năng giảm ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe của con người và nâng cao chất lượng trải nghiệm khi sử dụng xe. Tuy nhiên, cần cân nhắc cẩn thận để đảm bảo tính khả thi và tuân thủ các quy định và tiêu chuẩn an toàn liên quan đến ồn rung trên ô tô...

Từ khóa: *khí thải ô tô, ồn rung trên ô tô, ống xả, xe Ford Escape, ansys fluent*

^a Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long; 73 Nguyễn Huệ, phường 2, thành phố Vĩnh Long, tỉnh Vĩnh Long. e-mail: minhhl@vlute.edu.vn

^b Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long; 73 Nguyễn Huệ, phường 2, thành phố Vĩnh Long, tỉnh Vĩnh Long. e-mail: phongndh@vlute.edu.vn

^c Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long; 73 Nguyễn Huệ, phường 2, thành phố Vĩnh Long, tỉnh Vĩnh Long. e-mail: trungnt@vlute.edu.vn

* Tác giả chịu trách nhiệm chính.

Research Surveying Specifications of Design Exhausted System on Ford Escape

Le Minh^a, Nguyen Do Hoai Phong^b, Nguyen Toan Trung^{c*}

Abstract:

The research paper *Research surveying specifications of design exhausted system on Ford Escape* focuses on examining and improving the noise and vibration levels of the exhaust pipe in automobiles, aiming to enhance convenience and safety for users and the surrounding environment. Through the research methodology, the design parameters of the exhaust pipe are identified, and their impact on the noise and vibration levels of the vehicle is evaluated. The study's findings propose appropriate design parameters to reduce noise and ensure the optimal performance of the automobile. Improving the noise and vibration levels of the exhaust pipe has the potential to mitigate negative effects on human health and enhance the overall user experience while using the vehicle. However, careful consideration is necessary to ensure feasibility and compliance with safety regulations and standards related to vehicle noise and vibration...

Key words: *car exhaust, car noise, exhaust pipe, Ford Escape, ansys fluent*

Received: 7.3.2023; Accepted: 15.9.2023; Published: 30.9.2023

DOI: 10.59907/daujs.2.3.2023.203

^a Vinh Long University of Technology and Education; 73 Nguyen Hue, Ward 2, Vinh Long City, Vinh Long Province. e-mail: minhhl@vlute.edu.vn

^b Vinh Long University of Technology and Education; 73 Nguyen Hue, Ward 2, Vinh Long City, Vinh Long Province. e-mail: phongndh@vlute.edu.vn

^c Vinh Long University of Technology and Education; 73 Nguyen Hue, Ward 2, Vinh Long City, Vinh Long Province. e-mail: trungnt@vlute.edu.vn

* Corresponding Author.

Đặt vấn đề

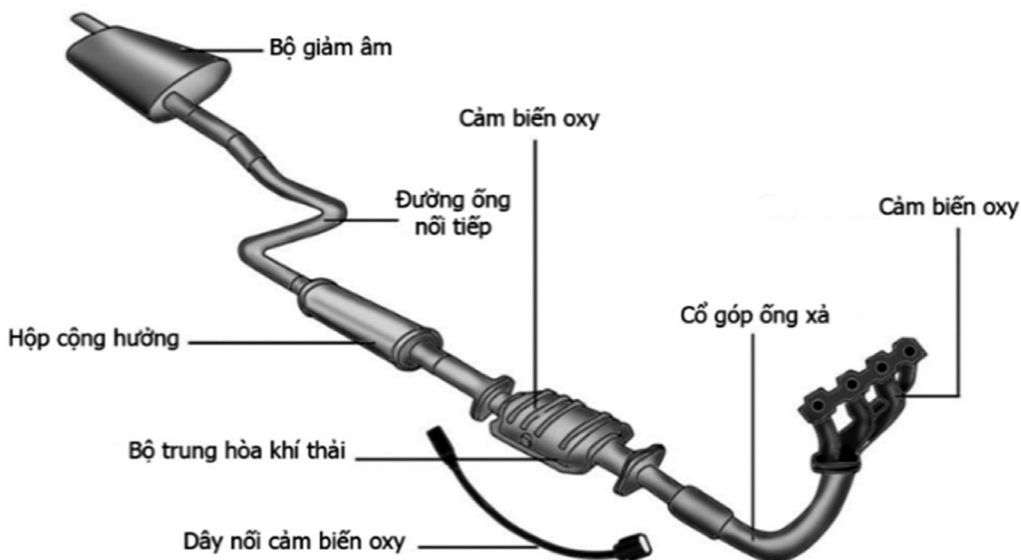
Di chuyển bằng ô tô có thể thực sự thuận tiện và hữu ích cho hầu hết mọi người. Khả năng che mưa nắng, không gian rộng và tiết kiệm thời gian là những lý do chính khiến ô tô được ưa chuộng. Tuy nhiên, ô tô truyền thống hiện nay có một nhược điểm là gây ô nhiễm không khí và còn gây ô nhiễm tiếng ồn, đặc biệt là tiếng ồn khí thải của động cơ (Cao Hùng Phi, 2012).

Dựa theo Quy định của Cơ quan Bảo vệ Môi trường (EPA), ô tô độ ồn không được vượt quá 90 dB. Độ ồn 90 dB chỉ có thể được nghe trong tối đa hai giờ ba mươi phút và tiếp xúc với mức độ ồn cao trong thời gian dài có thể gây ra mất thính lực vĩnh viễn (Cao Hùng Phi, 2012). Thông thường, tiếng ồn khí thải của động cơ bị triệt tiêu bởi hệ thống tiêu âm thụ động trong đó truyền tiếng ồn bị phá vỡ bởi các vách ngăn, hoặc bị hấp thụ trong vật liệu cách âm. Tuy nhiên, sử dụng tiêu âm vật liệu trong bộ giảm thanh dẫn đến áp suất ngược trở lại động cơ, làm suy giảm khả năng cung cấp năng lượng của động cơ và tăng lượng nhiên liệu tiêu dùng (Rosenstock, L., 1998). Trong bài báo này trình bày việc thiết kế ống xả của ô tô, mô phỏng dòng chảy của sản phẩm cháy của động cơ trong ống xả và chọn ra thiết kế tối ưu nhất (Đào Ngọc Điệp, 2012).

Khảo sát thông số đường ống xả xe Ford Escape

Tổng quan về hệ thống xả trên ô tô

Hệ thống xả trên ô tô có ba chức năng chính. Đầu tiên chuyển khí xả độc hại đi từ động cơ ra phía đằng sau xe. Thứ hai, nó làm giảm tiếng ồn của động cơ trong khi xe đang chạy (Authority, 2016).



Hình 1. Cấu trúc của hệ thống xả trên ô tô

Hệ thống xả bao gồm: một ống góp xả, ống dẫn khí thải, bộ chuyển đổi xúc tác, bộ giảm thanh và ống xả (đăng sau xe). Tốc độ lưu thông khí xả ở phần cuối của hệ thống thường rất lớn, hệ thống xả có cấu tạo liên tục để giảm tốc độ lưu thông rất lớn của dòng khí xả, hệ thống giảm thanh để có được âm thanh vừa đủ thì phụ thuộc vào ứng dụng và sở thích của người lái.

Cơ sở về độ ồn và rung động trên đường ống xả

Mức công suất âm thanh

Mức công suất âm là mức công suất của một nguồn âm so với đại lượng quy chiếu quốc tế bằng 10-12W theo công thức:

$$L_W = 10 \lg \left(\frac{W}{W_{re}} \right) dB \quad (1)$$

Ta có thể tính công suất âm tuyệt đối từ mức công suất bằng cách tìm W từ công thức:

$$W = W_{re} \sqrt{10^{L_W}} \quad (2)$$

Công suất âm và mức công suất âm của một số nguồn âm được trình bày trong Bảng 1 sau (Cao Trọng Hiền, 2013).

Bảng 1. Công suất và áp suất âm

Nguồn âm	Công suất (W)	Mức công suất (dB quy chiếu với 10 ⁻² W)
Lời thì thầm	10 ⁻⁷	50
Lời nói gào thét	10 ⁻³	90
Máy ghi âm (mở to)	10 ⁻²	100
Còi xe tải	10 ⁻¹	110
Động cơ máy bay cánh quạt	1	120
Đàn ống nhà thờ (Organ)	10	130
Máy bay bốn cánh quạt	100	140
Tên lửa Saturn	30x10 ⁶	195

Mức áp suất âm thanh

Mức áp suất âm được biểu diễn dưới dạng đề-xi-ben như mức công suất âm

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_{re}^2} = 20 \lg \frac{p}{p_{re}} \quad (3)$$

p = giá trị áp suất trung bình bình phương (RMS) của âm quan tâm (đo được).
 p_{ref} = giá trị quy chiếu quốc tế = 20×10^{-6} Pa ($0,0002 \mu\text{bar}$).

Dựa trên các phương trình Euler về động lực học chất khí để tính toán như sau:

Ba phương trình Euler cổ điển của động lực học chất khí, được tính trung bình trên mặt cắt ngang, $A = A(x)$ là:

$$\begin{cases} \partial_t(A\rho) + \partial_x(A\rho u) = 0 \\ \partial_t(A\rho u) + \partial_x(A(\rho u^2 + p)) = 0 \\ \partial_t(AE) + \partial_x(Au(E + p)) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$E = \rho e + \rho u^2/2 \quad (5)$$

E : năng lượng nội bộ cụ thể (năng lượng tại mỗi đơn vị khối lượng)

$\rho u^2/2$: là động năng.

Mối quan hệ này thể hiện sự cân bằng giữa nội năng, động năng và năng lượng liên quan đến phần khí cháy.

Hệ bốn phương trình sẽ là

$$\begin{cases} \partial_t(A\rho) + \partial_x(A\rho u) = 0 \\ \partial_t(A\rho u) + \partial_x(A(\rho u^2 + p)) = -C_f \omega \rho u^2/2 - C \rho u \\ \partial_t(AE) + \partial_x(Au(E + p)) = -\omega h(\theta - \theta_\omega) \\ \partial_t(Aq_0 \rho z) + \partial_x(Auq_0 \rho z) = -q_0 \rho z K(\theta) \end{cases} \quad (6)$$

Mặt cắt ngang A và đặt $q = \rho u$ và $Z = q_0 \rho z$, có thể viết hệ thức này dưới dạng

$$\begin{cases} \partial_t \rho + \partial_x q = -\frac{A'}{A} q \\ \partial_t q + \partial_x \left(\frac{q^2}{\rho} + p \right) = -\frac{A'}{A} \left(\frac{q^2}{\rho} + p \right) - \frac{C_f \omega q^2}{2A \rho} - \frac{C}{A} q \\ \partial_t E + \partial_x (u(E + p)) = -\frac{A'}{A} u(E + p) - \frac{\omega h}{A} (\theta - \theta_\omega) \\ \partial_t Z + \partial_x \left(\frac{q}{\rho} Z \right) = -\frac{A'}{A} \frac{q}{\rho} Z - \frac{1}{A} K(\theta) \end{cases} \quad (7)$$

Nhiệt độ θ có thể được đánh giá theo ρ , q , E và Z là

$$\theta = c_v^{-1} \left(\frac{E}{\rho} - \frac{q^2}{2\rho^2} - \frac{Z}{\rho} \right) \quad \theta = c_v^{-1} \quad (8)$$

Vì ống dẫn nằm trong điều kiện $0 \leq x \leq L$, vấn đề cần giải quyết là

$$\begin{cases} \partial_t U + \partial_x (F(U)) = S(U, x), & (x, t) \in (0, L) \times (0, T] \\ U(x, 0) = U_0(x) & x \in (0, L] \end{cases} \quad (9)$$

Vecto bốn chiều $U, U_0(x), F(U)$ và $S(U, x)$. Các điều kiện ban đầu và ranh giới phù hợp phải được quy định. Trong nội dung bài báo này, tác giả đã sử dụng những điều kiện sau:

$$\begin{cases} \rho(x, 0) = 1.21 \text{ Kg/m}^3 & \rho(0, t) = 1 \text{ Kg/m}^3 \\ u(x, 0) = 431.22 \text{ m/s} & u(0, t) = 600 \text{ m/s} \\ \theta(x, 0) = 295^\circ \text{C} & \theta(0, t) = 800^\circ \text{C} \\ p(x, 0) = 1.0247 \times 10^5 \text{ Pa} & p(0, t) = 2.2966 \times 10^5 \text{ Pa} \\ z(x, 0) = 0 & z(0, t) = 1 \end{cases}$$

Từ phương trình Bernoulli, ta thu được:

$$\frac{v^2}{2} + \frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{p}{\rho} = \text{const} \quad (10)$$

Một áp suất khác và nhiệt độ khác nhau sẽ ảnh hưởng độ rung động của ống xả. Trong một ống xả có bán kính lớn hơn, khí sẽ tạo áp suất thấp hơn so với một ống xả khác có bán kính nhỏ hơn. Do đó, là hai đại lượng vật lý liên kết theo quan hệ $p = R\rho\theta$, nhiệt độ bên trong đại lượng thứ nhất sẽ thấp hơn nhiệt độ bên trong đại lượng thứ hai. (Nhiệt độ không đổi, nhưng tăng lên khi áp suất tăng lên).

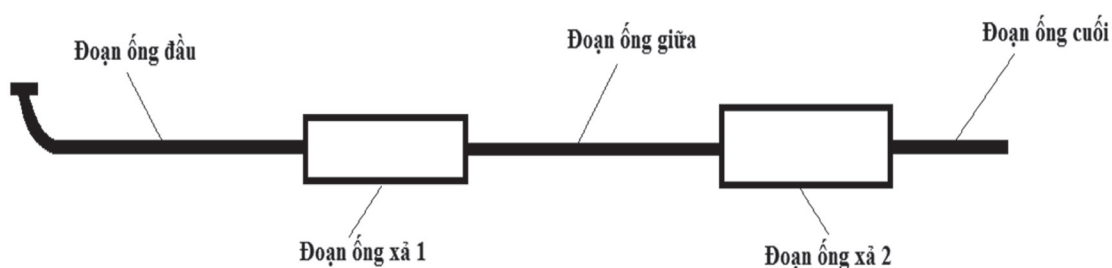
Vì vậy, ta nên chọn một ống xả có bán kính nhỏ, nhưng đủ chiều dài để làm giảm hoàn toàn áp suất khí thải. Tuy nhiên, các thiết bị như vậy sẽ có đặc điểm là nhiệt độ cao.

Ngoài ra trong thiết kế ống xả tác giả đã nghiên cứu tốc độ của động cơ ảnh hưởng đến nhiệt độ khí thải trong ống xả. Từ đó làm cơ sở cho việc tính toán mức độ ồn của ống xả so với tải của động cơ.

Mô phỏng trên phần mềm Ansys Fluent

Bài báo này đưa ra các thiết kế bằng cách sử dụng lý thuyết cách tiếp cận mô hình toán học của ống xả và xây dựng bằng phần mềm mô phỏng. Điều này sẽ cung cấp đủ thông tin về áp suất và công suất âm để đánh giá độ rung động và ồn của đường ống xả.

Ống xả được thiết kế với 5 đoạn nối với nhau thể hiện ở Hình 2.

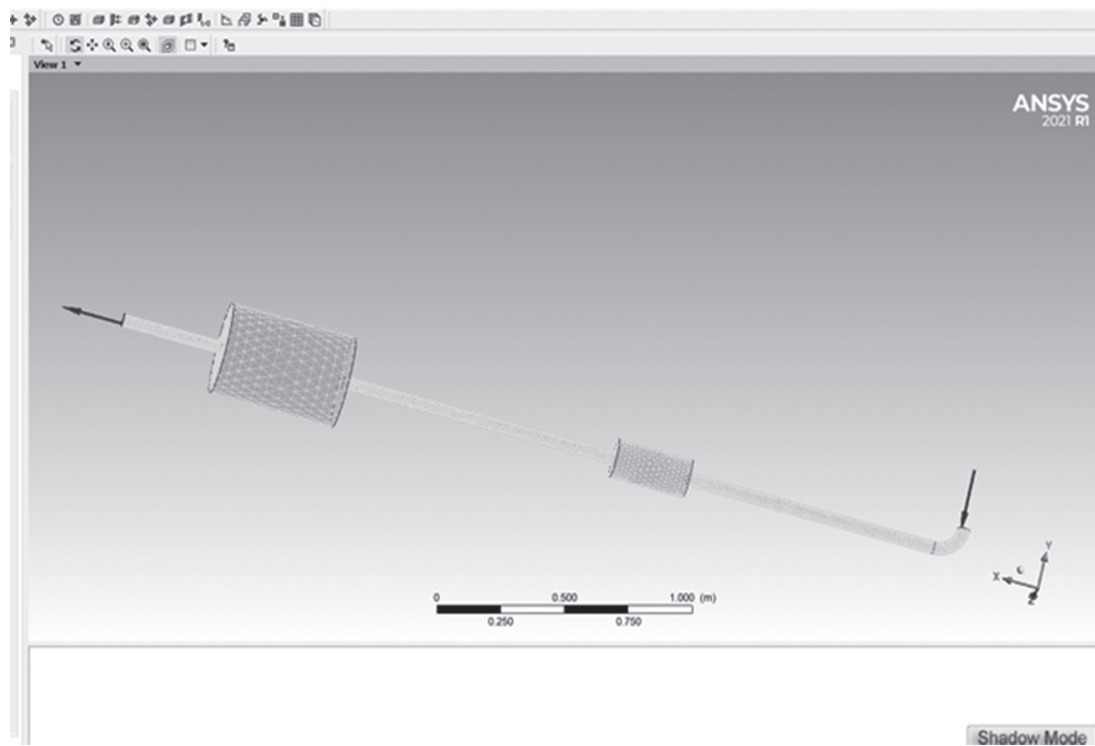


Hình 2. Sơ đồ bố trí của đường ống xả

Bảng 2. Bảng thông số kích thước của mô hình thực hiện mô phỏng

Đoạn ống đầu (mm)	Đoạn ống xả 1 (mm)	Đoạn ống giữa (mm)	Đoạn ống xả 2 (mm)	Đoạn ống cuối (mm)
L: 1000 D: 55	L: 400 D: 210	L:1000 D: 55	L: 400 D: 300	L: 400 D: 55

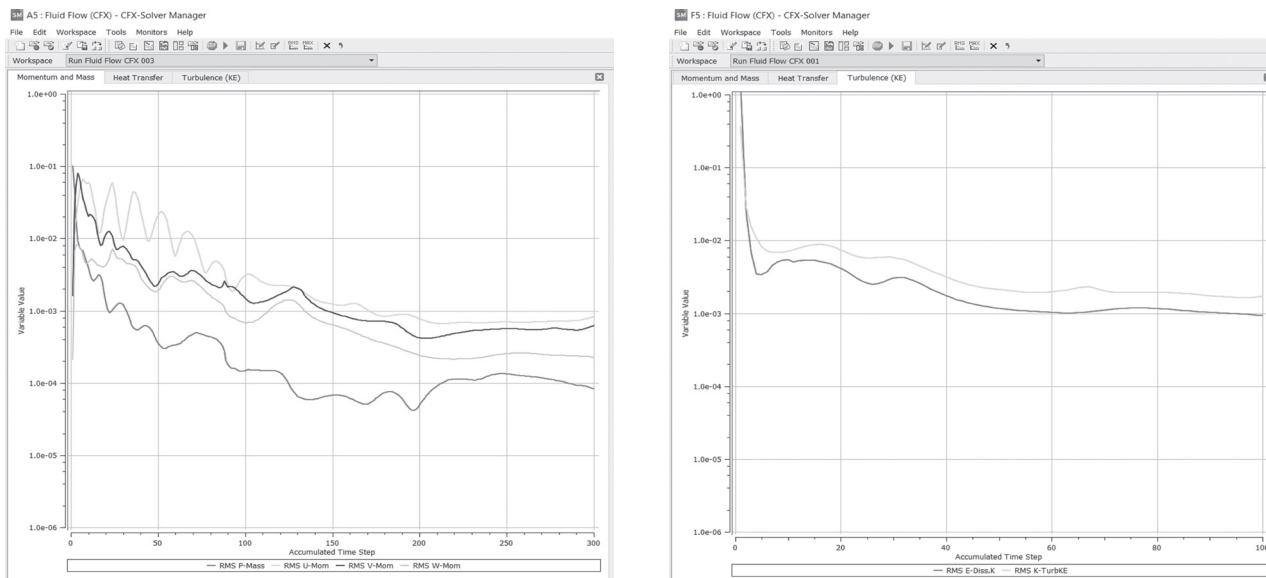
Tác giả đã thực hiện: Thiết kế đường ống xả trên phần mềm Inventor để thiết kế các kích thước trên dựa vào kích thước đo được trên xe Ford Escape. Sau đó tiến hành nhập vào Ansys và dùng công cụ Fluid Flow để tiến hành khảo sát



Hình 3. Khảo sát bằng mô phỏng trên phần mềm Ansys

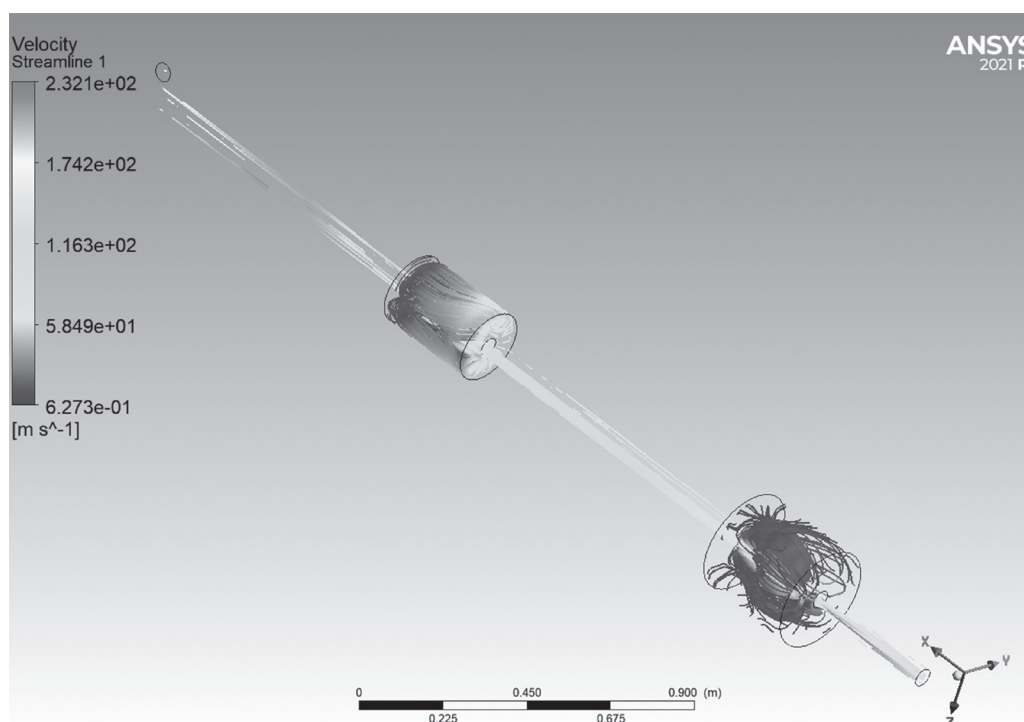
Kết quả và thảo luận

Kết quả 1: Khảo sát về động lượng, khối lượng và sự hỗn loạn của dòng khí trong đường ống xả



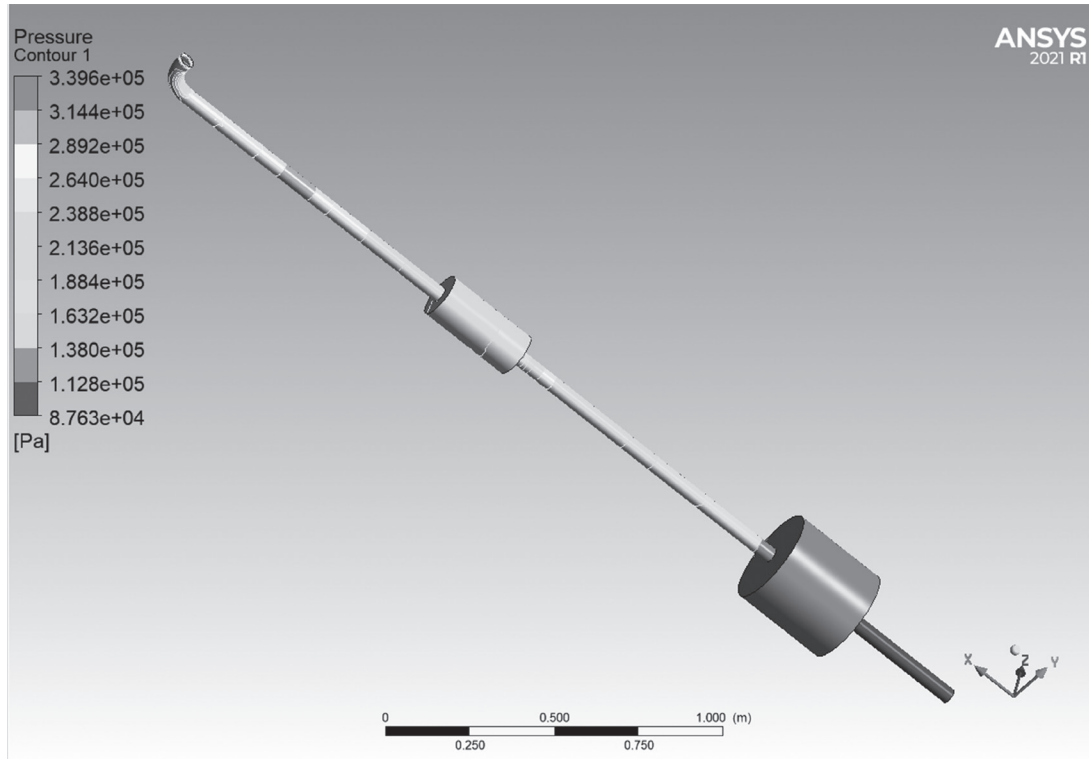
Hình 4. Kết quả khảo sát về động lượng, khối lượng và sự hỗn loạn của dòng khí

- Khảo sát vận tốc dòng khí trong ống xả (Min: 62.730m/s Max: 231.732 m/s)



Hình 5. Kết quả khảo sát về vận tốc của dòng khí trong ống xả

Kết quả 2: Khảo sát áp suất trong ống xả (Min: 100050 pa Max: 209986 pa)



Hình 6. Kết quả khảo sát về áp suất bên trong ống xả

Kết luận

Qua việc khảo sát trên phần mềm về mặt áp suất, vận tốc và sự hỗn loạn của dòng khí trong ống xả cho ta thấy thiết kế của đường ống xả là thiết kế đạt tiêu chuẩn với áp suất 100050 pa = 1.00050 bar và vận tốc trong các đoạn ống với giá trị ra min: 62.730m/s, max: 231.732 m/s. Đáp ứng được yêu cầu thiết kế.

Kết quả khảo sát cho ta thấy: Các kích thước thiết kế có thể làm thay đổi các giá trị vận tốc, áp suất trong ống xả. Với các kích thước đường ống nhỏ vận tốc khí chảy qua nhanh, áp suất cao. Ngược lại với các kích thước đường ống lớn vận tốc khí chảy qua chậm, áp suất thấp hơn nhiều. Từ đó cho thấy áp suất, vận tốc khí trong ống xả liên quan chặt chẽ với nhau ảnh hưởng trực tiếp lên ống xả.

Tài liệu tham khảo

- Authority, N. E. (2016). *Environment Protection Authority*, Jan 8.
- Cao Hùng Phi (2012). *Nghiên cứu độ ồn rung của hộp số ô tô được thiết kế và chế tạo tại Việt Nam*. Hà Nội: Đại học Bách khoa Hà Nội.
- Cao Trọng Hiền (2013). *Nghiên cứu giao thông tiếp cận*. Hà Nội: Đại học Giao thông Vận tải.
- Đào Ngọc Điệp (2012). *Nghiên cứu độ ồn rung do rung động của vỏ xe mini bút sản xuất tại Việt Nam*. TPHCM: Đại học Trần Đại Nghĩa.
- Rosenstock, L. (1998). *Occupational Noise Exposure*, Cincinnati
- Wankhade A. W., B. A. (2015). *Optimization and Experimental Validation of Elliptical Reactive Muffler with Central Inlet Central Outlet*. Vol. 4, Issue 05, May.
- Yasud, T. (2012). *Studies on an automobile muffler with the acoustic characteristic of low-pass filter and Helmholtz resonator*. Elsevier.