# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ MÁY LỌC DẦU BÔI TRƠN DI ĐỘNG CHO ĐỘNG CƠ DIESEL CỠ NHỎ

## RESEARCH ON DESIGNING PORTABLE LUBRICATING OIL PURIFIER FOR SMALL DIESEL ENGINES

***Lê Văn Vang, Vũ Minh Thái, Lê Hữu Cường, Trương Thanh Hải***
*Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh*

***Tóm tắt:*** *Việc thiết kế và chế tạo máy làm sạch dầu bôi trơn di động có thể làm sạch dầu bôi trơn cho động cơ diesel trên tàu thủy đóng vai trò rất quan trọng để tăng tuổi thọ của dầu. Từ đó tiết kiệm chi phí vận hành, tăng hiệu quả kinh tế mà vẫn đảm bảo động cơ hoạt động an toàn, tin cậy. Ngoài ra, chu kỳ thay nhớt bôi trơn tăng lên sẽ làm giảm lượng dầu bẩn thải ra môi trường, góp phần bảo vệ môi trường. Bài báo trình bày nghiên cứu thiết kế máy lọc dầu nhờn di động cho động cơ diesel cỡ nhỏ trên tàu thủy, trong các nhà máy và khu công ghiệp nhằm nâng cao chất lượng và tuổi thọ của dầu bôi trơn cho động cơ sau khoảng thời gian làm việc. Đồng thời, đây cũng là một giải pháp xử lý, thu gom hiệu quả dầu bôi trơn cho động cơ diesel thải ra sau khi thay thế dầu nhằm nâng cao tính kinh tế và bảo vệ môi trường.*

***Từ khóa:*** *Động cơ diesel , hệ thống bôi trơn, máy lọc dầu bôi trơn di động, máy chính, máy phụ.*

***Mã phân loại:*** *10.1*

***Abstract:*** *The design and manufacture of a portable lubricating oil cleaner that can clean the lubricating oil for diesel engines on ships play a very important role to increase the service life of lubricating oil. Thereby saving operating costs, increasing economic efficiency while ensuring safe and reliable operation of the engine. In addition, the increased lubrication oil change cycle will reduce the amount of dirty oil discharged into the environment, contributing to environmental protection. The article presents the research design of portable lubricating oil purifiers for small diesel engines on ships, in factories, and industrial zones to improve the quality and life of lubricating oil for diesel engines after a period of working time. At the same time, this is also a solution to effectively treat and collect lubricating oil for diesel engines discharged after oil replacement to improve the economy and protect the environment.*

***Keywords:*** *Diesel engine, lubrication system, portable lubricating oil purifier, main engine, auxiliary engine.*

***Classification code:*** *10.1*

### 1. Giới thiệu

Làm sạch dầu bôi trơn cho động cơ diesel là vấn đề hàng đầu trong việc khai thác, bảo dưỡng động cơ. Hầu hết các động cơ diesel đặc biệt là diesel trên tàu thủy đều được lắp đặt các thiết bị và hệ thống lọc dầu để làm sạch dầu bôi trơn trong quá trình khai thác động cơ.

Các động cơ cỡ vừa và lớn thường bố trí hệ thống bôi trơn kiểu các te khô, được trang bị một hệ thống lọc dầu ly tâm hoạt động song song với hệ thống bôi trơn trong quá trình động cơ làm việc nên chất lượng làm sạch dầu nhờn luôn đảm bảo và có độ tin cậy cao. Còn ở các động cơ diesel cỡ nhỏ sử dụng hệ thống bôi trơn các te ướt, thường không được trang bị hệ thống thiết bị lọc dầu hiệu quả như ở các hệ thống bôi trơn cho động cơ cỡ vừa và lớn vì vậy dầu nhờn nhanh bị nhiễm bẩn, giảm phẩm chất kéo theo giảm chất lượng bôi trơn, ảnh hưởng đến tuổi thọ động cơ, chu kỳ thay thế dầu mới sẽ ngắn hơn. Khi chu kỳ thay dầu mới ngắn lại thì không những làm giảm hiệu quả kinh tế của động cơ mà còn lyên quan đến vấn đề ô nhiễm môi trường khi phải xử lý lượng dầu cũ được thay ra.

Thiết bị di động có thể làm sạch dầu bôi trơn hiệu quả cho các động cơ diesel cỡ nhỏ như động cơ lai máy phát điện trên tàu thủy đóng một vai trò rất quan trọng làm tăng tuổi thọ sử dụng dầu bôi trơn, qua đó làm giảm chi phí vận hành, tăng hiệu quả kinh tế của hệ động lực mà vẫn đảm bảo hoạt động an toàn, tin cậy cho động cơ. Bên cạnh đó, chu kỳ thay dầu bôi trơn tăng lên sẽ làm giảm lượng dầu bẩn thải ra ngoài, góp phần bảo vệ môi trường.

## 2. Cơ sở lựa chọn phương pháp làm sạch dầu bôi trơn cho động cơ diesel cỡ nhỏ

Nhiệm vụ của dầu bôi trơn là giảm ma sát giữa các chi tiết làm việc, bảo vệ bề mặt kim loại, làm kín các bề mặt làm việc và làm mát cho các chi tiết của động cơ, giúp cho động cơ làm việc ổn định và đảm bảo cho nhiệt độ luôn trong giới hạn cho phép. Việc sử dụng đúng chủng loại dầu bôi trơn và đảm bảo chất lượng của nó để thực hiện tốt nhiệm vụ của dầu cũng như hệ thống bôi trơn.

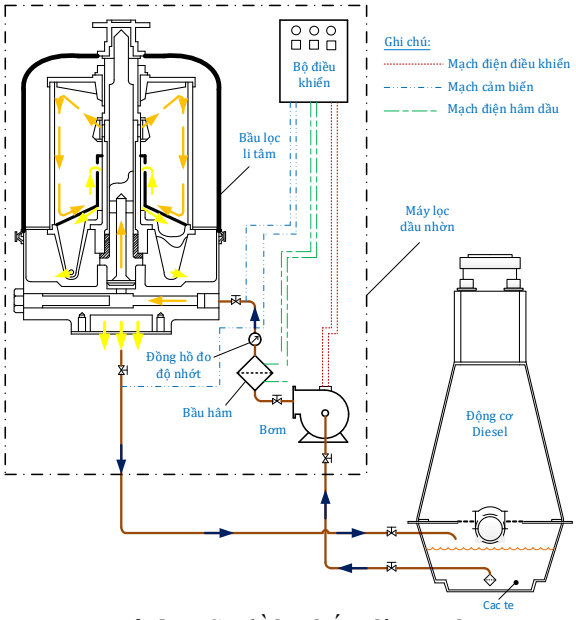
Hầu hết các loại động cơ diesel hiện nay đều sử dụng phương pháp làm sạch dầu bằng cách loại bỏ các hạt kim loại phát sinh do bong tróc trong quá trình các chi tiết ma sát với nhau và các tạp chất bẩn khác bằng phương pháp lọc bằng phin lọc hoặc máy lọc ly tâm. Phương pháp làm sạch dầu nhờn bôi trơn cho các động cơ diesel sử dụng trên tàu thủy hiện nay cũng chủ yếu là sử dụng các loại phin lọc và máy lọc ly tâm. Hệ thống dầu bôi trơn sử dụng máy lọc ly tâm để làm sạch dầu luôn đảm bảo tốt được các yêu cầu về chất lượng làm sạch dầu cũng như các yêu cầu kỹ thuật khác.

Tuy nhiên, đối với các động cơ diesel cỡ nhỏ như các loại động cơ lai máy phát điện, hoặc các động cơ diesel lắp đặt trên các tàu nhỏ như tàu dịch vụ, tàu cá, trong các nhà máy thường chỉ dùng các loại phin lọc để làm sạch dầu bôi trơn cho động cơ mà không có hệ thống lọc dầu sử dụng máy lọc ly tâm. Vì vậy, tuổi thọ của dầu bôi trơn ngắn, làm giảm chu kỳ thay dầu, tăng chi phí khai thác thiết bị.

Giải pháp hữu hiệu để giải quyết vấn đề này là trang bị thêm một hệ thống máy lọc dầu ly tâm, tuy nhiên, giải pháp này đòi hỏi chi phí cao và cần một không gian đủ rộng, nên rất khó thực hiện. Do vậy, sau khi phân tích, đánh giá các phương pháp làm sạch dầu bôi trơn, các đặc trưng về kỹ thuật và kinh tế trong khai thác động cơ diesel cỡ nhỏ, nhóm nghiên cứu đưa ra giải pháp tốt nhất cho những loại động cơ nói trên là sử dụng các thiết bị làm sạch dầu di động có sử dụng phương pháp lọc ly tâm.

## 3. Thiết kế hệ thống

### 3.1. Xây dựng sơ đồ nguyên lý hệ thống




***Hình 1.*** *Sơ đồ hệ thống làm sạch dầu bôi trơn di động.*

Hệ thống bao gồm bầu lọc ly tâm để làm sạch dầu; bơm để cấp dầu bẩn vào máy làm sạch ly tâm với lưu lượng và cột áp yêu cầu; bầu hâm để gia nhiệt cho dầu, điều chỉnh độ nhớt của dầu; đồng hồ đo độ nhớt; hệ thống đường ống; van và bảng điện điều khiển.

Dầu nhờn từ các te của động cơ sẽ được bơm hút thông qua phin lọc, sau đó dầu nhờn được đưa qua bầu hâm để làm tăng nhiệt độ của dầu đảm bảo độ nhớt của dầu phù hợp cho quá trình lọc. Dầu bẩn có độ nhớt phù hợp được đưa vào thiết bị lọc dầu ly tâm. Tại đây, dưới tác động của lực ly tâm, các hạt cặn bẩn và nước có tỉ trọng lớn hơn tỉ trọng của dầu sạch bị văng ra phía ngoài vách vỏ thuộc thiết bị do chịu lực ly tâm lớn hơn và sẽ định kỳ được xả ra ngoài bằng cách tháo thiết bị lọc ly tâm để vệ sinh. Dầu sạch ở trung tâm của thiết bị lọc dầu sẽ đi theo đường ống xả trở về các te của động cơ, hoàn thành một chu kỳ lọc dầu.

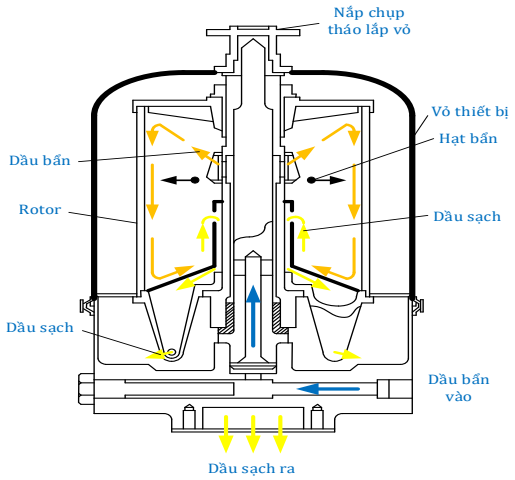
### 3.2. Các thiết bị cơ bản của hệ thống

#### 3.2.1. Tính chọn bầu lọc dầu ly tâm

Bầu làm sạch dầu ly tâm sẽ giúp loại bỏ các chất gây nhiễm bẩn cho dầu bôi trơn một cách rất hiệu quả. Nó hoạt động dựa trên nguyên lí ly tâm, lực ly tâm được tạo ra do

hiệu ứng quay tròn của phần rotor thuộc thiết bị khi có dòng dầu áp suất cao chảy qua. Lực ly tâm sẽ làm cho các hạt cặn có tỉ trọng lớn hơn dầu sạch bị văng ra ngoài vách của thiết bị và sẽ định kỳ được xả ra ngoài bằng cách tháo vệ sinh thiết bị. Phần dầu sạch có tỉ trọng nhỏ hơn nên chịu tác dụng của lực ly tâm nhỏ hơn sẽ tập trung ở giữa thiết bị và được đưa về két chứa thông qua đường ống hồi. Công nghệ này giúp loại bỏ các hạt cặn có đường kính từ 3 đến 20 µm. Nó giúp kéo dài tuổi thọ của dầu, kéo dài chu kỳ thay dầu mới vì vậy giúp làm tăng tính hiệu quả kinh tế cho động cơ.

Để tăng tốc độ và nâng cao hiệu quả làm sạch người ta sử dụng máy lọc ly tâm với tốc độ quay hàng nghìn vòng/phút. Dưới tác động của lực ly tâm, các thành phần có tỷ trọng lớn hơn dầu được tách ra. Máy có các đường dẫn dầu bẩn vào, lấy dầu sạch và nước ra liên tục, còn cặn bẩn được định kỳ lấy ra mỗi khi dừng máy. Căn cứ vào lượng dầu cần làm sạch của các động cơ diesel cỡ nhỏ như động cơ trong phòng thực hành máy tàu thủy cũng như trong phạm vi áp dụng, nhóm tác giả lựa chọn thiết bị làm sạch dầu ly tâm CP200 của hãng sản xuất Shin Heung Precision, Hàn Quốc.




***Hình 2.*** *Bầu lọc dầu ly tâm.*

### 3.2.2. Tính toán hệ thống đường ống

Sự tiêu hao năng lượng trong quá trình vận hành (tổn thất động lực cho bơm) tùy thuộc vào tổn thất thủy động của các thiết bị trong hệ thống. Do đó việc tính toán thủy động nhằm xác định các thông số cần thiết để chọn bơm cho phù hợp với yêu cầu thiết bị, mặt khác nó giúp đánh giá khả năng tiêu tốn năng lượng trong quá trình vận hành, cho nên tính trở kháng thủy động của hệ thống đường ống là một vấn đề quan trọng khi thiết kế thiết bị. Tổn thất áp suất trong hệ thống đường ống được xác định bằng công thức :

$$\Delta p_{\sum} = \Delta p_m + \Delta p_c + \Delta p_g + \Delta p_o$$

Trong đó:

$\Delta p_c$: Trở kháng cục bộ;

$\Delta p_g$: Trở kháng gia tốc;

$\Delta p_o$: Trở kháng trọng trường;

$\Delta p_{\sum}$: Tổng trở lực, [Pa = N/m$^2$].

Dầu nhờn là dầu nhờn thực, có tính nhớt do đó khi chảy trong ống hoặc kênh sẽ có ma sát xảy ra giữa bề mặt ống (kênh) và dầu nhờn nên tạo ra tổn thất về áp suất $\Delta p_m$. Trở kháng ma sát được tính theo công thức:

$$\Delta p_m = \xi . \frac{L}{d} . \rho . \frac{\omega^2}{2}$$

Sau khi tính toàn bộ trở kháng thủy lực $\Delta p_{\sum}$, công suất trên trục của bơm được tính bằng công thức:

$$N = \frac{1{,}2 . V . \Delta p_{\sum}}{\eta} = \frac{1{,}2 . G . \Delta p_{\sum} . 10^{-3}}{\rho \eta} \ [kW]$$

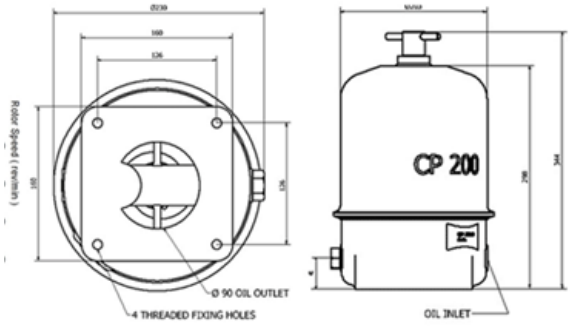
Với:

$V$: Lưu lượng thể tích của dầu nhờn, [m$^3$/s];

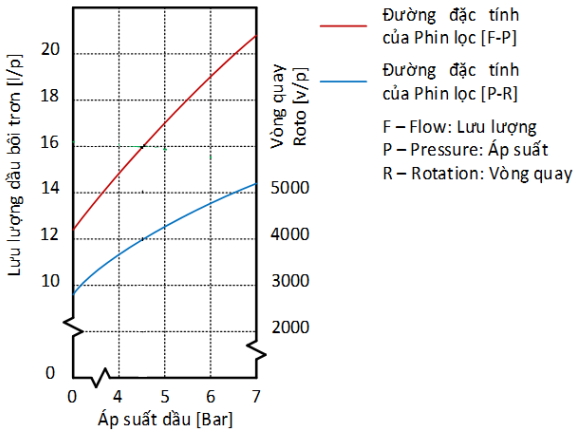
$G$: Lưu lượng khối lượng của dầu nhờn, [kg/s];

$\rho$: Khối lượng riêng trung bình của dầu nhờn, [kg/m$^3$];

$\eta$: Hiệu suất của bơm.




***Hình 3.*** *Kích thước của bộ lọc dầu CP200.*




***Hình 4.*** *Đồ thị thể hiện lưu lượng của bộ lọc dầu tại tốc độ và áp suất của thiết bị.*

### 3.3.4. Tính toán chọn bơm

Bơm trong hệ thống được chọn là bơm bánh răng, sản lượng lý thuyết của bơm bánh răng được tính theo công thức như sau:

$$Q_{lt} = V \times Z \times n \times 2$$
$$= 2\pi \times n \times m \times Z \times B$$

Trong đó:

*V*: Thể tích một rãnh răng;

Z: Số răng của bánh răng chủ động;

B: Bề dầy của bánh răng;

m: Modun của các cặp bánh răng ăn khớp;

n: Số vòng quay của bánh răng chủ động.

Trong thực tế, một phần dầu nhờn quay ngược trở lại cửa hút, vậy sản lượng thực tế:

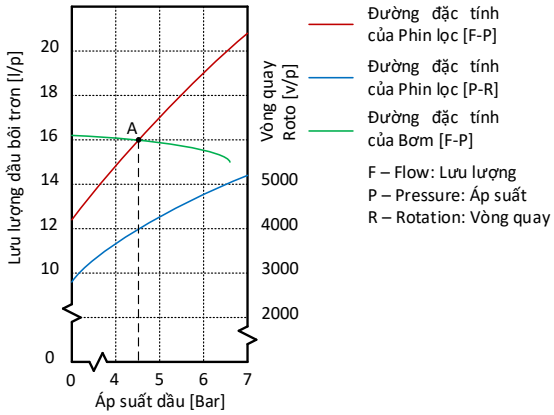
$$Q_{tt} = Q_{lt}\eta_Q = V \times Z \times n \times 2 \times \eta_Q$$
$$= 2\pi \times n \times m \times Z \times B \times \eta_Q$$

$\eta_Q$: Hiệu suất lưu lượng của bơm.

Hệ thống sử dụng bơm bánh răng hút dầu từ các te động cơ để cấp vào cho thiết bị lọc dầu ly tâm. Với lưu lượng dầu thiết kế qua phin lọc là 16 l/ph, nhóm tác giả đã tham khảo trên thị trường và quyết định lựa chọn bơm chuyển dầu qua phin lọc là bơm bánh răng. Từ đường đặc tính của phin lọc ly tâm và bơm cấp dầu hình 4, ta xác định được điểm làm việc của hệ thống bơm dầu và phin lọc thể hiện như hình 5. Điểm A là giao điểm của đường đặc tính thuộc bơm cấp dầu và đường đặc tính của phin lọc là điểm làm việc thuộc hệ thống bơm – phin lọc. Dựa vào điểm phối hợp công tác, ta xác định được lưu lượng bơm cần tạo ra là 16 l/ph, áp suất của bơm là 4.5 bar. Khi đó, vòng quay của roto phin lọc là 4000 v/ph.

Sau đây là các thông số khai thác thiết bị, dựa trên những thông số này ta sẽ tính toán được các thông số kết cấu của thiết bị:

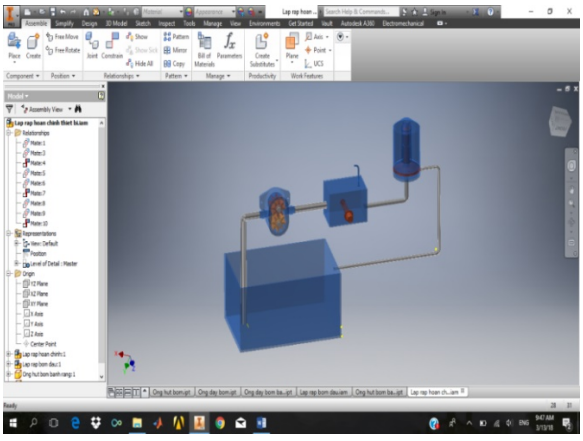
| Thông số | Giá trị |
|---|---|
| Lưu lượng lọc | 16 l/ph |
| Áp suất | 4.5 Bar |
| Vòng quay của Roto | 4000 v/ph |




***Hình 5.*** *Điểm phối hợp làm việc của hệ thống bơm và bầu lọc ly tâm.*

## 4. Mô phỏng hoạt động của hệ thống

Những năm gần đây, nhờ sự phát triển của các công cụ tính toán cùng với sự phát triển của máy tính điện tử, đã thiết lập và dần dần hoàn thiện các phần mềm công nghiệp, sử dụng để giải những bài toán cơ học vật rắn, cơ học thuỷ khí, bài toán động, bài toán tường minh và không tường minh, bài toán tuyến tính và phi tuyến, bài toán về trường điện từ, bài toán tương tác đa trường vật lý.

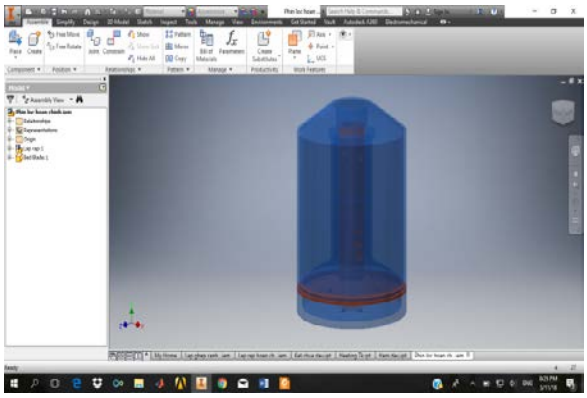


***Hình 6.*** *Mô phỏng hoạt động của hệ thống.*

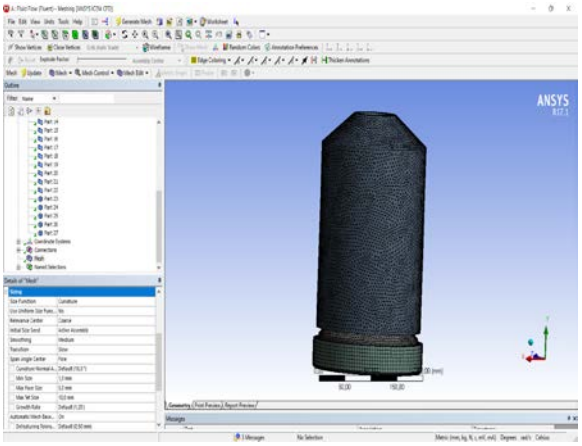
ANSYS (Analysis Systems) là một gói phần mềm phân tích phần tử hữu hạn (Finite

Element Analysis, FEA) hoàn chỉnh dùng để mô phỏng, tính toán thiết kế công nghiệp, đã và đang được sử dụng trên thế giới trong hầu hết các lĩnh vực cơ học và kỹ thuật như kết cấu, nhiệt, dòng chảy, điện, điện từ, tương tác giữa các môi trường, giữa các hệ vật lý.

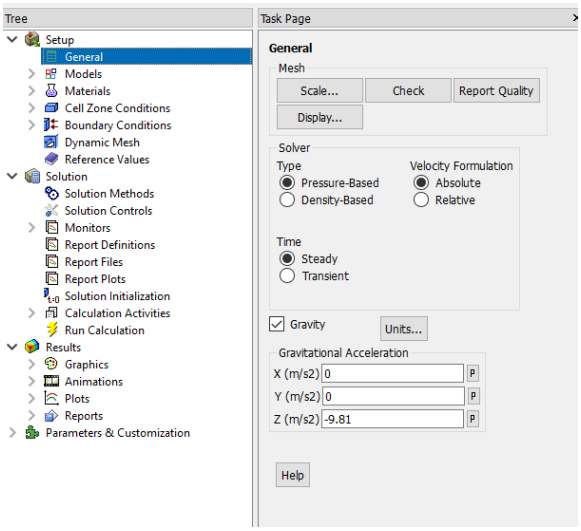
Quy trình mô phỏng hệ thống đã được thực hiện gồm các bước xây dựng mô hình hình học 3D của các thiết bị sử dụng phần mềm Autodesk Inventor; sau đó bước chia lưới và mô phỏng quá trình làm việc của thiết bị sẽ sử dụng phần mềm mô phỏng ANSYS Fluent. Mô phỏng CFDs máy lọc:



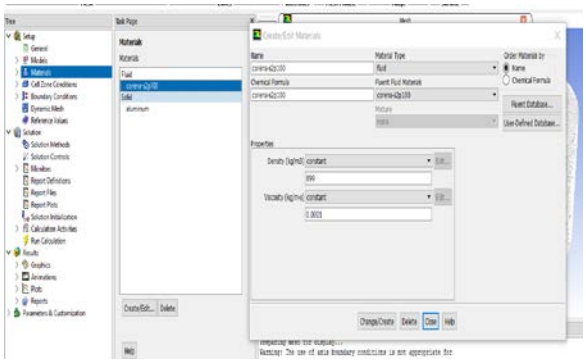
***Hình 7.*** *Xây dựng mô hình hình học 3D của phin lọc ly tâm bằng phần mềm Inventor.*



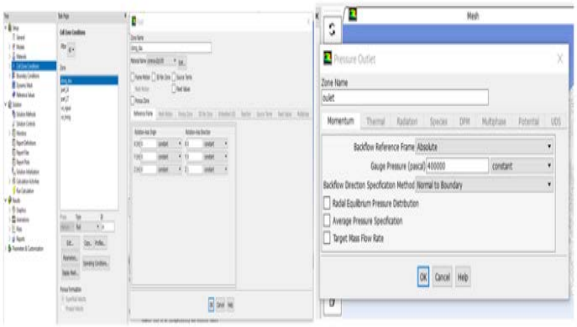

***Hình 8.*** *Chia lưới cho phin lọc quay ly tâm.*




***Hình 9.*** *Gán điều kiện các thông số kỹ thuật cho chất lỏng và vật lyệu.*



***Hình 10.*** *Nhập thông số dầu nhờn vào hệ thống.*

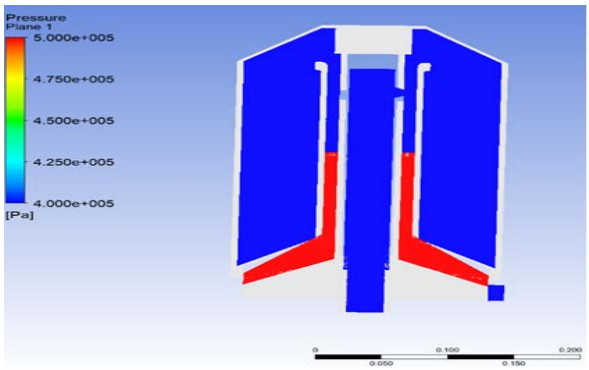


***Hình 11.*** *Nhập tốc độ và áp suất dòng dầu phần mềm Ansys 17.1.*

## 5. Kết quả mô phỏng CFDs

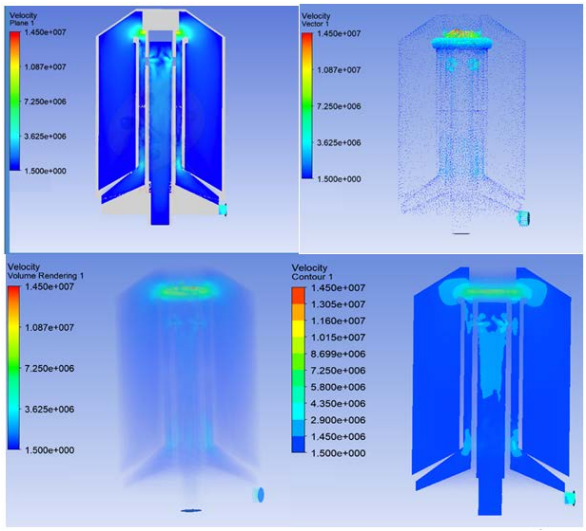
Nhìn vào file kết quả nhận thấy trường vận tốc bên trong phin lọc được bố trí ngay lỗ phun của phin lọc. Đúng như lý thuyết phần mềm thể hiện được trường tốc độ tại lỗ phun này có tốc độ lớn nhất.

Bên cạnh đó nhờ CFDs bố trí được tổng thể và mối quan hệ trường vận tốc của dòng chất lỏng cũng như các trạng thái của dòng chất lỏng bên trong phin lọc.




***Hình 12.*** *Phân bố trường áp suất trong phin lọc quay.*

Mô phỏng cho thấy đường dầu vào được đạt 4 bar bố trí vùng màu xanh của công chất lỏng. Nhờ qua phần quay ly tâm của roto phin lọc quay đã đưa dòng áp suất cao của dòng chất lỏng đạt 5 bar. Sự phân bố áp suất cao của dòng chất lỏng được đưa vào vùng phía cao áp đầu ra của dòng chất lỏng, thể hiện vùng màu đỏ trên phin lọc.



***Hình 13.*** *Các trường vận tốc bên trong phin lọc.*

Dựa vào phần mềm ansys CFDs, kết quả mô phỏng là sự phân bố áp suất dầu bên trong phin lọc quay khi vòng quay của phin lọc đặt 4000 v/ph, lưu lượng 16 l/ph, vòng quay của phin lọc là 4000 v/ph.Nhờ qua phần quay ly tâm của roto phin lọc quay đã đưa dòng áp suất cao của dòng chất lỏng đạt 5 bar. Sự phân bố áp suất của dòng chất lỏng được đưa vào vùng phía cao áp đầu ra của dòng chất lỏng, thể hiện vùng màu đỏ trên phin lọc. Kết quả phân bố trường vận tốc của dòng chất lỏng. Từ kết quả CFDs ta thấy quá trình mô phỏng bằng phần mềm chính cho kết quả gần chính xác với các kết quả thực tế. Đồng thời thể hiện được trực quan sinh động sự chuyển động của các dòng chất lỏng bên trong phin lọc quay. Động cơ diesel lựa chọn trong hệ thống để mô phỏng là động cơ 6NVD 36 trong phòng thực hành máy tàu thủy có lượng dầu trong các te là 180 lít, dầu nhờn được lựa chọn là dầu Shell S2P100.

## 6. Kết luận

Bài báo đã đưa ra thiết kế hệ thống lọc dầu bôi trơn di động phù hợp cho các loại động cơ diesel cỡ nhỏ khi không thể lắp đặt một hệ thống làm sạch cố định cho nó. Việc mô phỏng hoạt động của hệ thống cho thấy khả năng cũng như hiệu quả quá trình làm việc của thiết bị làm sạch dầu bôi trơn di động sử dụng bầu lọc ly tâm cho động cơ diesel 6NVD36 trong phòng thực hành máy tàu thủy. Đồng thời, phần mềm cũng đã mô tả được chuyển động của dòng lưu chất khi đi qua máy lọc để từ đó có thể điều chỉnh lưu lượng và áp suất dầu bôi trơn trong thiết bị đạt được hiệu quả phân ly tốt nhất❑

## Tài lyệu tham khảo

[1]. PGS.TS Nguyễn Bốn (1996), *Thiết bị trao đổi nhiệt*, NXB Khoa học và Kĩ thuật, Hà Nội;

[2]. Nguyễn Phước Hoàng, Phạm Đức Nhuận, Nguyễn Thạch Tân, Đinh Ngọc Ái, Đặng Huy Chi (1996), *Thủy lực và Máy thủy lực*, NXB Giáo dục, Hà Nội;

[3]. Lê Văn Vang (2016), *Động cơ diesel tàu thủy*, Tập 1, NXB Giao thông vận tải;

[4]. TS. Trần Xoa, TS. Nguyễn Trọng Khuông, KS Hồ Lê Viên (2006), *Sổ tay Quá trình và Thiết bị công nghệ Hóa chất*, NXB Khoa học và Kĩ thuật, Hà Nội;

[5]. Engineering Thermal Innovation (2007), *Chapter 10: Boilyng Heat Transfer Inside Plain Tubes*, Engineering Data Book III, Wolverine Tube, INC;

[6]. John W. Rose (2007), *Heat-transfer coefficients, Wilson plots and accuracy of thermal measurements*, University of London, London E1 4NS, UK;

[7]. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; Intergovernmental Oceanographic Commission (2010), *The international thermodynamic equation of seawater – 2010: Calculation and use of thermodynamic properties*, USA;

[8]. US Department of Energy Washington, D.C. 20505 (1992), *Doe Fundamentals Handbook Thermodynamics*, Heat Transfer and Fluid Flow, USA.

**Ngày nhận bài: 04/06/2021**
**Ngày chuyển phản biện: 07/06/2021**
**Ngày hoàn thành sửa bài: 28/06/2021**
**Ngày chấp nhận đăng: 05/07/2021**

*Ngoài hình ảnh, bảng biểu đã chú thích nguồn từ tài liệu tham khảo,*
*những hình ảnh, bảng biểu còn lại đều thuộc bản quyền của tác giả/nhóm tác giả.*