

TÍNH TOÁN, MÔ PHỎNG ĐỘNG LỰC HỌC DÒNG KHÍ XẢ QUA BẦU LỌC TĨNH ĐIỆN LẮP TRÊN ĐƯỜNG XẢ ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY ĐỂ XỬ LÝ MUỘI

MODELING GAS DYNAMIC IN ELECTROSTATIC PRECIPITATOR USING TO TREAT PARTICULATE MATTER IN EXHAUST GAS OF DIESEL ENGINE

TRẦN HỒNG HÀ

Khoa Máy Tàu Biển, Trường Đại học Hàng hải Việt nam

ĐỖ HỒNG HẢI

Trường Cao Đẳng Hàng Hải I

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu phương pháp mô phỏng động lực dòng khí xả qua bầu lọc tĩnh điện bằng phần mềm ANSYS FLUENT. Bầu lọc tĩnh điện là thiết bị hiệu quả hiện nay đang được sử dụng rộng rãi để xử lý muội và bụi trong các ngành công nghiệp và trong khí xả của động cơ diesel. Trước khi thiết kế bầu lọc tĩnh điện ứng dụng phù hợp cho từng động cơ diesel đang sử dụng trên tàu thủy hiện nay, việc tính toán và mô phỏng động lực dòng khí xả trong bầu lọc được thực hiện với các thông số đầu vào thay đổi như kích thước của bầu lọc, áp suất và vận tốc của dòng khí. Kết quả mô phỏng được phân tích và đánh giá để tối ưu hoá kết cấu của bầu lọc tĩnh điện khi thiết kế và chế tạo.

Abstract

The paper introduces dynamics simulation of the exhaust flow through the electrostatic precipitator with ANSYS FLUENT software. Electrostatic precipitators are effective devices that now widely used to treat particulate matter and dust in the industry and in the exhaust gas of diesel engines. Before designing electrostatic precipitators suitable applications for each diesel engine in use on today's ships, the calculation and simulation of dynamics of exhaust flow is done with the input parameters instead change the size of precipitators, pressure and velocity of the gas stream. Simulation results were analyzed and evaluated in order to optimize the structure of the electrostatic precipitators as the design and fabrication.

Key words: particulate matter, diesel engine, electrostatic precipitator.

1. Đặt vấn đề

Phát thải muội trong khí xả có thể được kiểm soát bằng cách sử dụng bầu lọc bụi bằng tĩnh điện và chủ yếu được sử dụng trong ngành công nghiệp, nhà máy điện hoặc trên tàu thủy. Hiệu suất làm việc của bầu lọc tĩnh điện bị ảnh hưởng do kích thước hình học bên trong bầu lọc và các thông số hoạt động của nó. Bầu lọc có kích thước hình học phức tạp làm cho sự phân bố dòng chảy trong ống có phức tạp. Do đó, kích thước bên trong của bầu lọc phải có cấu tạo sao cho khi dòng khí xả chuyển động qua bầu lọc được phân bố đồng đều để bầu lọc có hiệu suất làm việc cao. Do đó, cấu tạo về hình học bên trong bầu lọc là một phần rất quan trọng và cần chú ý đáng kể khi thiết kế chế tạo. Do tính phức tạp của hình học bên trong bầu lọc, rất khó để

thực hiện việc đo chi tiết dòng chảy của khí xả. Để thực hiện việc phân tích này nhóm tác giả sử dụng phần mềm Ansys fluent như là một phương pháp thay thế và ít tốn kém để nghiên cứu các đặc tính bên trong bên trong bầu lọc tĩnh điện. Bằng cách lựa chọn một mô hình phù hợp, nó sẽ giúp dự đoán các đặc tính dòng chảy bên trong bầu lọc và tối ưu hóa việc phân phối dòng chảy khi thiết kế bầu lọc.

Một số phương pháp đã được nghiên cứu trong các hoạt động của bầu lọc. Một trong số đó là cách tiếp cận thực nghiệm là nghiên cứu mô hình bằng mô phỏng trên các phần mềm có sẵn [1, 2]. Trong các nghiên cứu này, hầu hết các thông số như đường kính cực phóng, khoảng cách cực phóng và cực thu, vận tốc dòng chảy và điện áp cung cấp được thử nghiệm và tối ưu

hóa. Mô hình lý thuyết cổ điển như Deutsch và Cooperman được so sánh với các kết quả thực nghiệm. Từ những mối tương quan thực nghiệm, do sự phức tạp của kích thước hình học bầu lọc, một số các nhà nghiên cứu chỉ tập trung vào các mô hình 2D. Một số trong số họ giả định vận tốc phân phối đồng nhất với các điều kiện biên, nhưng trong trường hợp thực tế, vận tốc dòng chảy là thông số đầu vào quan trọng. Trong bài báo đã mô phỏng hoạt động của bầu lọc và phân tích kết quả mô phỏng khi các thông số đầu vào thay đổi như vận tốc khí xả, kích thước hình học...vv. Dòng khí qua bầu lọc được mô hình hóa bằng fluent trong phần mềm Ansys.

2. Cơ sở lý thuyết

Bầu lọc tĩnh điện có kích thước như hình 1 được đưa vào phần mềm Ansys fluent để tính toán. Kích thước của bầu lọc như sau: dài x rộng x cao = 1700 x 400 x 200 mm. Trong bầu lọc có bốn ống thu bằng thép, mỗi ống có đường kính 165 mm và dài 1500 mm được bố trí đối xứng qua tâm của bầu lọc. Giữa các ống thu đặt các cực phóng được cấp điện áp cao từ 0-70 kV. Dòng khí xả qua bầu lọc được giả thiết không chịu nén do độ sụt áp qua bầu lọc nhỏ và dòng chảy ổn định. Động lượng dòng chảy qua bầu lọc được tính như sau [1]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho \vec{u}) = 0 \quad (1)$$

Trong đó:

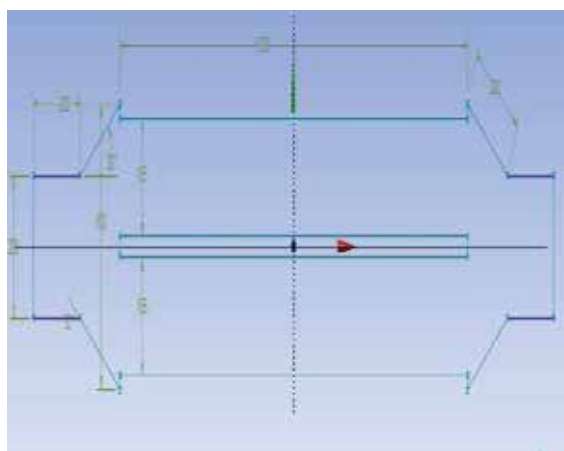
ρ : Khối lượng riêng của khí xả, kg/m³;

u : Vận tốc dòng khí xả, m/s;

$$\text{Công thức mô men động lượng của dòng khí [1]} \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{u} \vec{\nabla} \vec{u} = -\frac{\vec{\nabla} p}{\rho} + \nu \vec{\nabla}^2 \vec{u} + \vec{g} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho \vec{u}) = 0 \quad (2)$$

Nếu dòng chảy qua bầu lọc tĩnh điện là dòng chảy rối phần mềm fluent có thể mô phỏng chính xác các đặc tính của dòng chảy. Có nhiều mô hình tính trong fluent để mô phỏng dòng chảy của chất khí như mô hình Reynold, mô hình k- ϵ , mô hình k- ω . Trong bài báo này tác giả chọn mô hình toán k- ϵ (k: động năng dòng chảy rối, ϵ : hệ số khuếch tán chảy rối) để mô phỏng dòng chảy rối trong bầu lọc. Mô hình này hiện nay được ứng dụng rộng rãi trong các công trình nghiên cứu và dự đoán dòng chảy của chất lỏng và chất khí và có nhiều thuật toán sát với thực tế của dòng chảy.

Để giảm bớt sự phức tạp của kích thước hình học, mô hình hình học 2 chiều đã được đưa vào để mô phỏng dòng chảy. Các phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng để rời rạc hóa các phương trình vi phân từng phần của mô hình. Các mô phỏng được thực hiện với tốc độ đầu vào khác nhau bắt đầu từ 10m/s đến 25 m/s, đường kính ống 100-165 mm, góc vào ống thu 25^o-45^o. Sự thay đổi của dòng chảy đã được tính toán sử dụng động năng chảy rối (k) và hệ số khuếch tán chảy rối (ϵ) sử dụng đưa ra ở trên. Một giải pháp hội tụ đã được sử dụng trong mô phỏng sau khoảng 200 lần lặp cho các điều kiện đầu vào khác nhau.



Hình 1. Kích thước hình học của bầu lọc tĩnh điện

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của vận tốc đầu vào tới phân bố của dòng khí trong bầu lọc

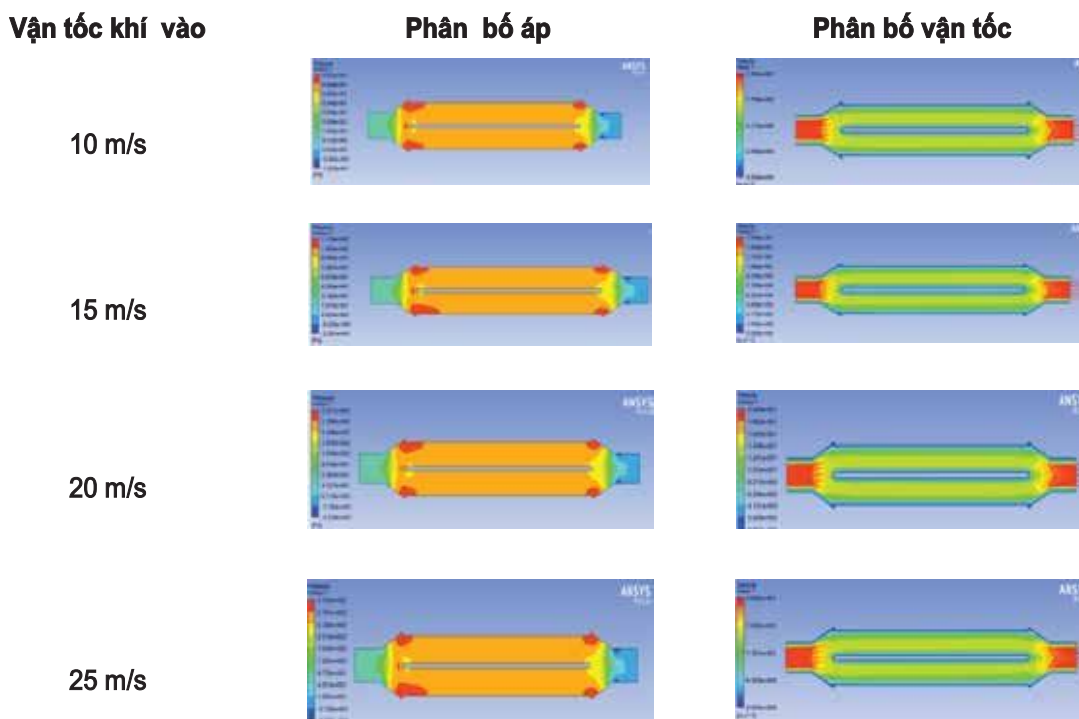
Điều kiện đầu vào với dòng khí xả của động cơ với vận tốc dòng khí thay đổi từ 10-25 m/s, áp suất khí vào 150 kPa, diện tích vào bầu lọc 0.04m², góc nghiêng khi chuyển bậc 45⁰, đường kính ống thu 165 mm mỗi ống, số lượng ống là 4. Thay đổi vận tốc đầu vào còn các thông số khác giữ nguyên.

Khi thay đổi vận tốc vào của dòng khí xả tương ứng 10, 15, 20, 25 m/s độ chênh áp giữa lối vào và ra của bầu lọc từ 4-27 Pa, dòng chảy phân bố đều trong ống. Vận tốc trung bình trong ống 10-15 m/s, dòng khí xả khi vào ống có xu hướng bám vào thành trong của ống. Khi vận tốc khí xả tăng lên không ảnh hưởng nhiều đến độ sụt áp và phân bố dòng chảy trong ống nhưng khi vận tốc tăng lên làm thời gian lưu của muội trong ống giảm dẫn tới hiệu quả thu muội trên ống sẽ giảm xuống.

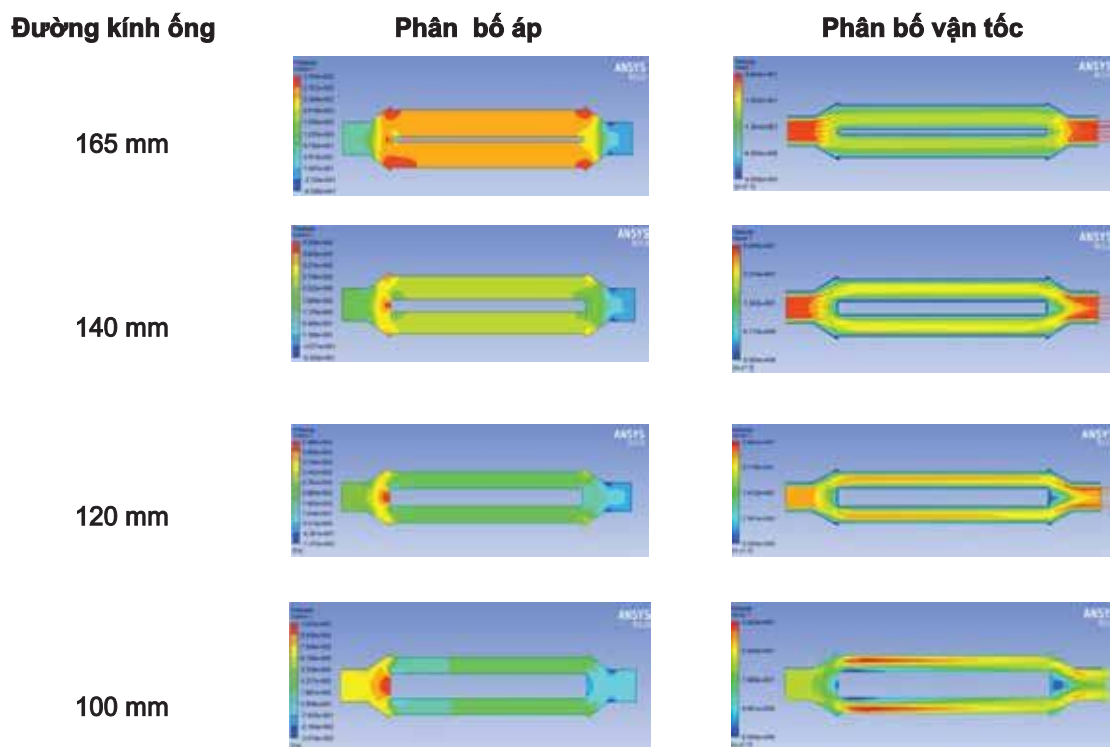
3.2. Ảnh hưởng của đường kính ống tới phân bố của dòng khí trong bầu lọc

Điều kiện đầu vào với dòng khí xả của động cơ với kích thước đường kính ống khác nhau từ 100-165 mm, vận tốc dòng khí 25 m/s, áp suất 150 kPa, diện tích vào bầu lọc 0.04m², góc nghiêng khi chuyển bậc 45⁰, số lượng ống là 4. Thay đường kính ống thu khác nhau còn các thông số khác giữ nguyên.

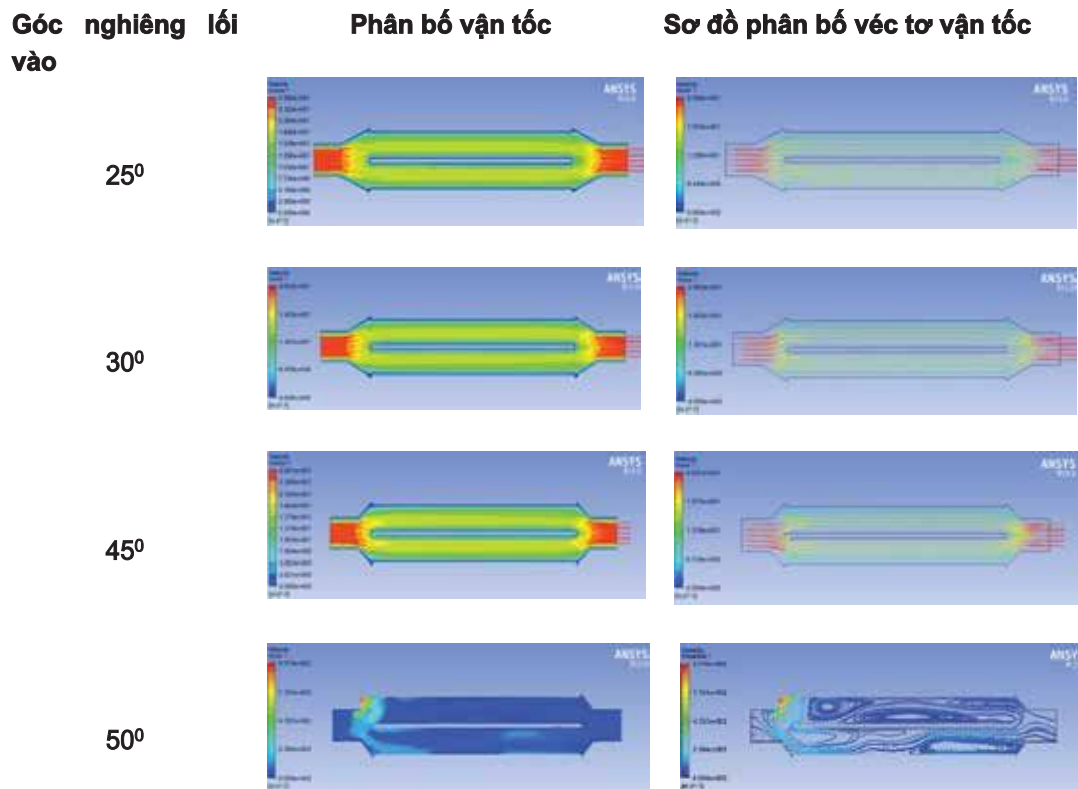
Đường kính ống giảm xuống làm độ sụt áp của dòng khí xả khi đi qua bầu lọc tăng lên. Đường kính ống 165 mm độ sụt áp là 6 Pa, đường kính 140 mm độ sụt áp 158 Pa, đường kính 120 mm độ sụt áp 178 Pa và khi đường kính ống giảm xuống 100 độ sụt áp tăng nhanh 641 Pa. Khi đường kính ống giảm xuống tới 100mm và phân bố dòng chảy không đều trong ống do vận tốc tăng mạnh, dòng khí sát thành trong có vận tốc lớn và có hiện tượng tách dòng.



Hình 2. Ảnh hưởng của vận tốc dòng chảy tới phân bố dòng khí



Hình 3. Ảnh hưởng của đường kính ống tới phân bố dòng khí



Hình 2. Ảnh hưởng của góc nghiêng đầu vào tới phân bố dòng khí

3.3. Ảnh hưởng của góc nghiêng lối vào tới phân bố của dòng khí trong bầu lọc

Điều kiện đầu vào với dòng khí xả của động cơ với góc nghiêng chuyển bậc khác nhau từ 25-50° kích thước đường kính ống

Khi thay đổi góc nghiêng phân bố dòng chảy trong ống bị ảnh hưởng rất mạnh, đặc biệt khi $\alpha = 45^\circ$ dòng chảy rối mãnh liệt làm cho dòng khí phân bố không đều và chảy xoáy trong ống. Với góc nghiêng $\alpha = 30^\circ$ dòng chảy ổn định và phân bố đều trong đường ống.

4. Kết luận

Mô hình dòng chảy của khí xả trong bầu lọc tĩnh điện được mô phỏng bằng phần mềm Ansys Fluent. Trong đó mô hình toán k- ϵ được lựa chọn

165 mm, vận tốc dòng khí 25 m/s, áp suất 150 kPa, diện tích vào bầu lọc 0.04m², số lượng ống là 4. Thay đổi góc nghiêng khi chuyển bậc cầu bầu lọc còn các thông số khác giữ nguyên.

để tính toán các thông số thay đổi bên trong bầu lọc tĩnh điện. Mô phỏng được thực hiện với các thông số đầu vào thay đổi như vận tốc dòng chảy, đường kính ống thu và góc nghiêng từ ống vào dẫn đến ống thu. Từ các kết quả mô phỏng thu được cho thấy bầu lọc tĩnh điện có độ sụt áp thấp với đường kính ống thu 165 mm góc vào 30° và không ảnh hưởng nhiều do vận tốc của dòng chảy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. S. M. E. HAQUE, M. G. RASUL, M. M. K. KHAN, A. V. DEEV and N. SUBASCHANDAR, Flow Distribution inside an Electrostatic Precipitator: Effects of Uniform and Variable Porosity of Perforated Plate. Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and

Environment, Athens, Greece, August 25-27, 2007.

- [2]. Electrostatic Precipitator (manual for PIACS DC control unit for HV- Supply and rapping system)- FLS miljø, 1993.

Ngày nhận bài: 01/3/2016
Ngày phản biện: 11/3/2016
Ngày chỉnh sửa: 17/3/2016
Ngày duyệt đăng: 18/3/2016

ĐỊNH KỲ XẢ CẶN CHO MÁY LỌC LY TÂM THÔNG QUA LƯỢNG CẶN DƯ TRONG DẦU ĐỐT

CORRECT THE DISCHARGE INTERVAL TIME OF PURIFIER BY COLLECTING THE DISCHARGE SLUDGE OF FUEL OIL

NGUYỄN NGỌC HOÀNG

Trường đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt

Đặt thời gian định kỳ xả cặn cho máy lọc F.O. là việc làm thường xuyên trên tàu. Một sự lựa chọn đúng thời gian xả cặn sẽ cho chất lượng lọc tốt. Khi thời gian định kỳ xả cặn quá dài, xả cặn sẽ khó vì sự bám dính và các lý do tương tự, ngược lại nếu quá ngắn hiệu suất lọc sẽ kém. Xác định đúng thời gian định kỳ xả cặn tùy theo mật độ của cặn trong dầu đưa vào lọc. Bài báo này giới thiệu một phương pháp chọn thời gian định kỳ xả cặn theo lượng cặn thu được từ dầu lọc.

Abstract

Set the discharge interval time of F.O. purifier is frequently work on board the ship. Correct selection is essential for good purification. When the time interval is too long, sludge discharge becomes difficult due to adhesion of sludge and so on, whereas if too short, the operating efficiency becomes worse. Determine a proper discharge interval according to the density of sludge of oil to be treated. This article introduces a method of choosing the sludge discharge interval by collecting sludge of fuel oil to be treated.