

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ - CHẾ TẠO SILO LỌC THÔ ỨNG DỤNG CHẾ TẠO THIẾT BỊ LỌC CẶN XĂNG, DẦU THEO NGUYÊN LÝ THỦY ĐỘNG LỰC HỌC

RESEARCHING, DESIGNING AND MANUFACTURING CRUDE FILTER SILOS FOR MANUFACTURING PETROLEUM AND DIESEL RESIDUE FILTRATION DEVICES BASED ON FLUID DYNAMICS PRINCIPLES

Phạm Văn Bổng, Nguyễn Hồng Sơn*,
Nguyễn Chí Bảo, Nguyễn Huy Kiên

TÓM TẮT

Trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày kết quả nghiên cứu về thiết kế - chế tạo silo lọc thô để ứng dụng trong thiết bị lọc cặn xăng dầu theo nguyên lý thủy động lực học. Hệ thống lọc bao gồm ba silo, một silo lọc thô, một silo lọc bán tinh và một silo lọc tinh. Yêu cầu đối với silo lọc bán tinh và silo lọc tinh là đảm bảo sau khi lọc bán tinh giữ lại được các hạt lớn hơn $125\mu\text{m}$ và sau khi lọc tinh giữ được các loại hạt lớn hơn $80\mu\text{m}$. Đối với silo lọc thô, là silo đặt trước máy bơm màng sử dụng khí nén để lọc các cặn bẩn thô trước khi chảy qua máy bơm giúp cho máy bơm hoạt động ổn định và bền hơn. Quá trình thiết kế - chế tạo silo lọc thô nhằm đảm bảo lưu lượng lọc 150 lít/phút; khả năng lọc, các cặn còn lại trong xăng, dầu có đường kính $\leq 1\text{mm}$ với thời gian lọc liên tục không bị tắc là 1 giờ.

Từ khóa: Thiết bị lọc cặn xăng dầu, silo lọc xăng dầu, nguyên lý thủy động lực học.

ABSTRACT

In this article, the authors present the research results of the design and manufacture of raw silo filter for application in petroleum residue filters based on fluid dynamics principles. The filtration system consists of three silos: one raw silo filter, one semi-fine silo filter and one fine silo filter. The requirements for semi-fine silo filter and fine silo filter are to ensure that after semi-fine process, the silo filter must retain particles greater than $125\mu\text{m}$, and after fine process, the silo filter must retain particles larger than $80\mu\text{m}$. The raw silo filter is placed in front of the diaphragm pump and uses compressed air to filter the raw residue before it flows through the pump, which help the pump operate more stable and durable. The purpose of the process of designing - manufacturing raw silo filter is to ensure the filtration flow at 150 liters/minute; the capability of the filter means to retain residues with the diameter of $\leq 1\text{mm}$ with the continuous filtration period without being stuck of 1 hour.

Keywords: Petroleum residue filters, petroleum silo filter, fluid dynamics principles.

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: nguyenhongson@hau.edu.vn

Ngày nhận bài: 15/8/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 08/10/2019

Ngày chấp nhận đăng: 15/10/2019

1. GIỚI THIỆU

Trong thực tế, cặn bẩn xăng dầu còn tồn tại trong các bể chứa, nó được hình thành trong tất cả các giai đoạn, từ chế biến đến vận chuyển, tồn trữ... và lắng đọng trong bể chứa. Muốn hạn chế bớt lượng cặn bẩn lẫn trong xăng dầu thì bể chứa phải được thực hiện làm sạch sau một thời gian nhất định. Tuy nhiên, quá trình thau rửa bể chứa xăng dầu thường không được thực hiện theo định kỳ do công việc này tốn kém, độc hại và ảnh hưởng đến quá trình hoạt động của trạm xăng. Khi xăng, dầu có nhiều cặn bẩn được sử dụng làm nhiên liệu sẽ có hại rất lớn cho động cơ (máy nổ không đều, khi ga có hiện tượng giật...). Ngoài ra, xăng dầu có chứa nhiều chất bẩn sẽ làm hư hại bể chứa, ô nhiễm môi trường. Chính vì lý do đó mà nghiên cứu về lọc cặn xăng dầu có vai trò rất quan trọng. Khi lọc cặn xăng, dầu, các thiết bị thường được thực hiện theo một trong ba phương pháp sau: phương pháp vật lý, phương pháp hóa học và phương pháp sinh học [1]. Trong đó phương pháp vật lý được sử dụng phổ biến hơn cả, phương pháp lọc cặn bằng sinh học ít được sử dụng vì tốn kém và năng suất thấp, phương pháp lọc cặn bằng hoá học tuy được sử dụng nhiều do phương pháp này cho kết quả lọc sạch nhưng có năng suất thấp, tốn thời gian.

Kỹ thuật lọc cặn xăng dầu theo phương pháp vật lý đã được áp dụng để lọc cặn xăng dầu với mục đích giảm chi phí cho việc thau rửa các bể chứa cũng như giảm tác hại của việc thau rửa này đến người lao động. Hiện nay, trong phương pháp vật lý có một số giải pháp lọc cặn xăng dầu được đưa ra theo những nguyên lý khác nhau. Công ty YNT Petrochemical Machinery Equipment (thiết bị hóa dầu) [2] cung cấp ra thị trường thiết bị lọc cặn xăng dầu sử dụng phin lọc (hình 1). Sản phẩm của họ đã có mặt ở nhiều nước trên thế giới. Tuy nhiên, phương pháp sử dụng phin lọc mà công ty đã sử dụng trong các sản phẩm của họ chỉ phù hợp khi xăng dầu có độ bẩn không nhiều. Mặt khác, các phin lọc cũng cần được vệ sinh thường xuyên và tuổi bền của phin lọc cũng không cao. Công ty High Purity

Northwest [3] giới thiệu sản phẩm máy lọc dầu chân không Dehydrators (hình 2). Thiết bị này có ưu điểm lớn trong việc khử nước, khử khí và loại bỏ nhiễm khuẩn trong xăng dầu. Tuy nhiên, đây là thiết bị có cấu tạo phức tạp, vốn đầu tư lớn, cũng như chi phí bảo dưỡng tốn kém.



Hình 1. Thiết bị lọc xăng dầu sử dụng phin lọc [2]



Hình 2. Thiết bị lọc dầu chân không Dehydrators [3]

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả trình bày kết quả ứng dụng nguyên lý thủy động lực học trong việc thiết kế silo lọc thô của thiết bị lọc xăng, dầu. Silo lọc thô cũng đã được chế tạo và chạy thử nghiệm để kiểm chứng những chỉ tiêu đặt ra.

2. THIẾT KẾ SILO LỌC CẶN THÔ XĂNG DẦU THEO NGUYÊN LÝ THỦY ĐỘNG LỰC HỌC

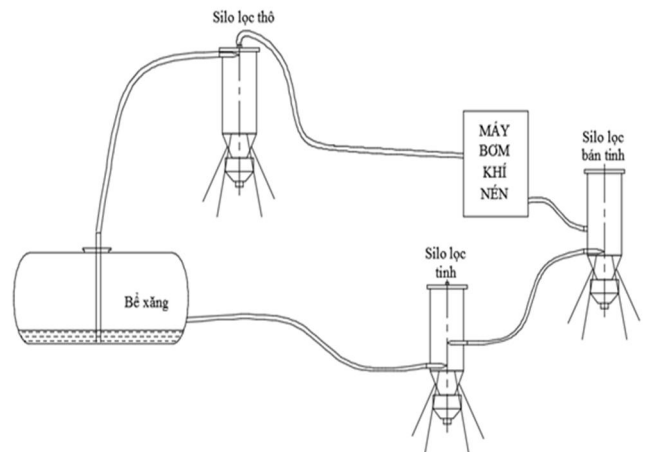
2.1. Thiết kế sơ đồ tổng thể

Các thông số đầu vào cho quá trình thiết kế hệ thống lọc gồm:

- Lưu lượng lọc: 150lít/phút.
- Khả năng lọc: lọc được các hạt $\geq 80\mu\text{m}$.
- Thời gian chạy liên tục không bị tắc khi lọc xăng 1 giờ.

Tại các trạm bán xăng, xăng khi được bán ra thị trường phải chảy qua lưới lọc và cặn bẩn còn lại $\leq 80\mu\text{m}$. Do vậy, thiết bị lọc cặn xăng dầu cũng có yêu cầu lọc với khả năng lọc còn lại các hạt cặn bẩn có kích thước $\leq 80\mu\text{m}$. Để đảm bảo yêu cầu trên, thiết bị lọc được thiết kế có 3 silo lọc theo từng cấp độ khác nhau, trong đó có một silo lọc thô còn lại là hai silo lọc bán tinh và lọc tinh.

Trên cơ sở đó, nhóm tác giả xây dựng sơ đồ nguyên lý của máy lọc như trong hình 3.



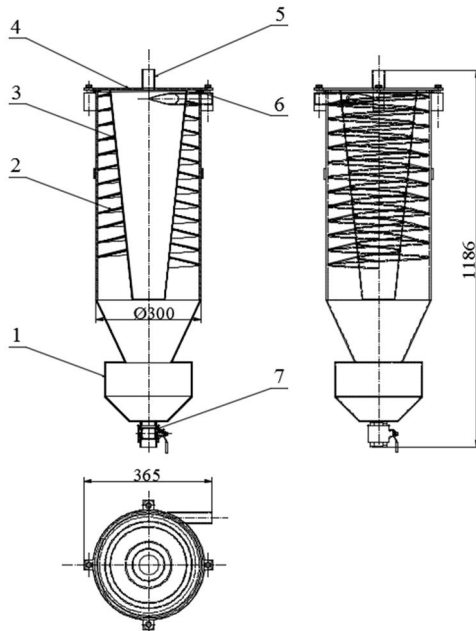
Hình 3. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị lọc xăng dầu

Silo lọc thô được đặt trước máy bơm để lọc các cặn bẩn thô có trong xăng, dầu trước khi chảy qua máy bơm giúp cho máy bơm chạy được bền hơn. Xăng, dầu sau khi được lọc thô còn lại các hạt có đường kính $\leq 1\text{mm}$. Sau máy bơm là hai silo lọc (lọc bán tinh và lọc tinh). Sau quá trình lọc bán tinh trong xăng, dầu còn lại các hạt nhỏ hơn $125\mu\text{m}$ và lọc tinh còn lại các loại hạt nhỏ hơn $80\mu\text{m}$. Máy bơm được sử dụng trong hệ thống là máy bơm màng sử dụng khí nén để tạo ra dòng chảy, đồng thời đảm bảo hạn chế tối đa hiện tượng mất an toàn về cháy nổ trong quá trình hoạt động, đặc biệt là trong môi trường xăng, dầu.

Trong phạm vi nghiên cứu này, nhóm tác giả tập trung trình bày quá trình thiết kế - chế tạo silo lọc thô.

2.2. Thiết kế silo lọc thô

Từ thông số đầu vào của thiết bị lọc, sơ đồ silo lọc thô được minh họa như trong hình 4. Khi xăng, dầu có lẫn cặn bẩn được hút vào silo ở dạng tiếp tuyến với thân (chi tiết 1) xăng, dầu và cặn bẩn sẽ chuyển động xoay tròn theo hình xoắn ốc của chi tiết 2, khi đó lực ly tâm được tạo ra, các hạt cặn do có khối lượng lớn sẽ bị lực ly tâm đẩy văng ra ngoài và chạm với thành silo, bị mất động lượng và rơi xuống dưới do tác động của trọng lực, phin lọc 3 được thiết kế hình côn làm cho các cặn bẩn không bị văng ra ngoài nhưng có kích thước lớn hơn lỗ của phin lọc luôn có xu thế rơi xuống dưới mà không đi vào phin lọc để hạn chế sự tắc phin lọc. Đây là silo lọc được thiết kế theo nguyên lý thủy động lực học [5, 6, 7] kết hợp với phương pháp lọc phin để đảm bảo lọc được các cặn bẩn theo yêu cầu nhưng lại hạn chế việc tắc phin trong quá trình lọc.



Hình 4. Silo lọc thô

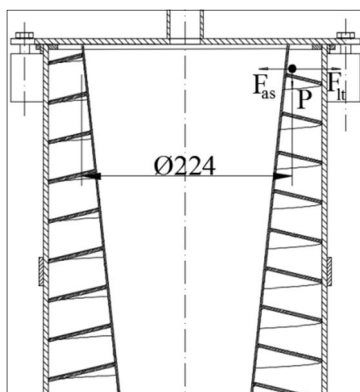
1- Thân; 2- Xoắn ốc; 3- Phin lọc; 4- Nắp; 5- Cửa ra; 6- Cửa vào; 7- Cửa xả cặn

Yêu cầu kỹ thuật của silo lọc thô:

- Lưu lượng lọc: 150lít/phút.
- Khả năng lọc: loại được các cặn có đường kính $\geq 1\text{mm}$.
- Thời gian chạy liên tục không bị tắc khi lọc xăng 1 giờ.

2.3. Tính toán, mô phỏng động lực học dòng chảy trong silo lọc

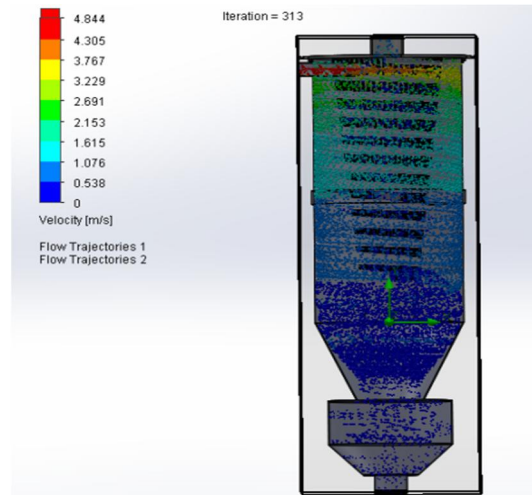
Xét một hạt cặn khi được hút vào silo lọc có vị trí như ở hình 5, ở đó hạt cặn có các lực chính tác dụng lên nó như sau: Lực ly tâm (F_{lt}); Trọng lực (P), Lực đẩy áp suất động (F_{as}).



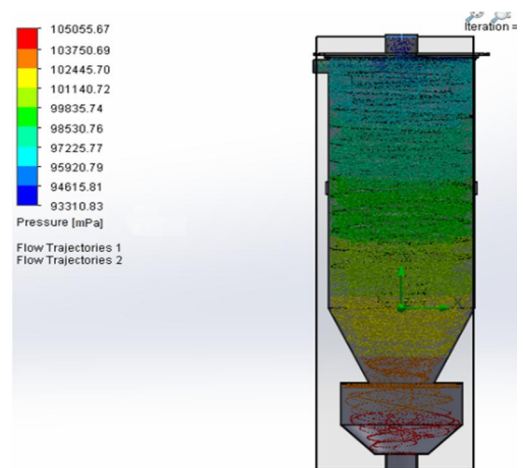
Hình 5. Các lực tác dụng lên hạt cặn

Như vậy, để lọc được các hạt cặn theo mong muốn thì lực ly tâm tạo ra cho hạt cặn đó phải lớn hơn lực tác dụng do áp suất (áp suất động) tạo nên.

Để đánh giá được các lực này, phương pháp mô phỏng dòng chảy trong silo lọc bằng phần mềm Solidwork 2017 [8] với thông số đầu vào là lưu lượng 150 lít/phút (lấy lưu lượng theo yêu cầu thiết kế) đã được sử dụng. Kết quả được mô tả trong hình 6 và 7.



Hình 6. Biểu đồ vận tốc silo lọc



Hình 7. Biểu đồ áp suất silo lọc

Lực do áp suất động tác động lên các hạt cặn được xác định theo công thức (1).

$$F_{as} = P_d \cdot S \tag{1}$$

Trong đó: P_d là áp suất động;

S là diện tích của hạt cặn.

Từ biểu đồ áp suất (hình 7) ta có áp suất động tại vị trí của hạt cặn: $P_d = 93310,83 \cdot 10^{-3} \text{ (N/m}^2\text{)}$. Coi như hạt cặn có dạng hình cầu có đường kính 1mm. Khi đó diện tích của hạt cặn là $S = 0,78 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)}$. Vậy lực áp suất của hạt cặn là:

$$F_{as} = 93310,83 \cdot 10^{-3} \cdot 0,78 \cdot 10^{-6} = 72,7825 \cdot 10^{-6} \text{ (N)} \tag{2}$$

Lực ly tâm tác dụng lên hạt cặn được tính như sau:

$$F_{lt} = (mv^2)/r \tag{3}$$

Trong đó:

r là bán kính quỹ đạo chuyển động tròn của hạt cặn: 0,112m (hình 5);

v là vận tốc hạt cặn: 4,844m/s (hình 6);

m là khối lượng của hạt cặn (kg).

Theo Đinh Thị Ngọc [5], khối lượng riêng của các loại cặn xăng dầu được cho trong bảng 1.

Bảng 1. Khối lượng riêng của hạt cặn [4]

Khối lượng riêng ρ (kg/l)					
Nước	Tạp chất cơ học + cacboit	Asphalten	Nhựa	Dầu mỡ	Parafin
1	0,96-1,2	2,2	0,92	0,89	0,8

Bảng 1 cho thấy, khối lượng riêng của cặn Parafin là bé nhất nên lấy cặn Parafin để tính toán các lực tác dụng lên hạt cặn, vì nếu như lọc được cặn Parafin thì silo sẽ lọc được các cặn còn lại có khối lượng nặng hơn.

Vì phin lọc có kích thước lỗ là 1mm nên sẽ lọc triệt để được các hạt có kích thước lớn hơn kích thước lỗ. Xét hạt cặn Parafin có đường kính 1mm thì thể tích là $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = 0,52 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3\text{)}$

Do đó, khối lượng của hạt cặn Parafin là $m = V \cdot \rho = 0,52 \cdot 10^{-6} \cdot 0,8 = 0,419 \cdot 10^{-6} \text{ (kg)}$.

Thay vào (3) ta được:

$$F_{lt} = (0,419 \cdot 10^{-6} \cdot 4,844^2) / 0,112 = 87,78 \cdot 10^{-6} \text{ (N)} \tag{4}$$

Từ (2) và (4) ta thấy $F_{as} < F_{lv}$, vậy hạt cặn sẽ chuyển động với xu hướng dịch chuyển ra ngoài.

Như vậy, lọc thô được thiết kế có các kích thước cơ bản như sau: Đường kính ngoài của silo: Ø300mm; Đường kính còn lớn nhất của phin lọc: Ø224mm; Kích thước lỗ lưới của phin lọc 1mm; cửa vào và cửa ra: Ø25mm; số lượng vòng xoắn: 10 vòng.

3. THỬ NGHIỆM KIỂM CHỨNG



Hình 8. Thử nghiệm áp suất và lưu lượng



Hình 9. Phin lọc của silo sau khi thử nghiệm lọc dầu

Silo lọc sau khi được theo thiết kế ở trên đã được chế tạo và thử nghiệm để đánh giá mức độ hiệu quả của thiết bị đảm bảo đạt yêu cầu kỹ thuật đề ra. Trong hình 8 là hình ảnh thử nghiệm áp suất và lưu lượng của silo và máy bơm. Hình 9 là phin lọc của silo sau thử nghiệm lọc dầu tại cây xăng của tập đoàn Petrolimax địa số 23 phố Sài Đồng, phường Phúc Đồng, quận Long Biên, thành phố Hà Nội (Bể dầu ước tính 10 năm chưa thay rửa) với máy bơm sử dụng là máy bơm nén khí Series NDP 25BF của hãng Yamada. Máy bơm có lưu lượng lớn nhất 160 lít/phút.

Kết quả thử nghiệm cho thấy:

- Thời gian chạy liên tục khi lọc dầu đến khi bị tắc 2 giờ.
- Khả năng lọc: Loại được các cặn có kích thước đường kính $\geq 1\text{mm}$.
- Lưu lượng lọc: 160lít/phút.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả đạt được trong nghiên cứu này, nhóm tác giả rút ra một số kết luận sau:

- Đã phân tích và lựa chọn được phương pháp thiết kế silo lọc thô theo nguyên lý thủy động lực học để ứng dụng cho thiết kế thiết bị lọc cặn xăng dầu.
- Xây dựng được sơ đồ tổng thể về nguyên lý làm việc của thiết bị lọc cặn xăng, dầu. Để đảm bảo an toàn cháy nổ đã lựa chọn máy bơm khí nén.
- Ứng dụng phần mềm Solidwork 2017 mô phỏng được vận tốc và áp suất dòng chảy của nhiên liệu trong silo.
- Silo lọc thô sau khi được thiết kế, chế tạo và thử nghiệm đánh giá đạt yêu cầu đề ra: Lưu lượng lọc 150lít/phút, xăng dầu sau lọc còn lại các hạt cặn có đường kính $\leq 1\text{mm}$, thời gian lọc dầu (xăng) liên tục không bị tắc khi lọc > 1 giờ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Thị Tố Nga, 2002. *Xác định thành phần cặn dầu và phương pháp tẩy rửa chúng*, NXB Giáo dục.
- [2]. <https://www.inocofiltration.com/filter-separator/oil-filter-system-diesel-fuel-filter.html>
- [3]. <https://highpuritynorthwest.com/>
- [4]. Đinh Thị Ngo, 2001. *Hóa học dầu mỏ và khí*. NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [5]. Vũ Duy Quang, Phạm Đức Nhuận, 2009. *Giáo trình kỹ thuật thủy khí*. NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [6]. Blazek J., 2001. *Computational fluid dynamics principles and applications*. Baden-Daettwil - Switzerland.
- [7]. Frank M. White, 1999. *Fluid Mechanics*. McGraw-Hill, Inc., New York.
- [8]. John E. Matsson, 2017. *Introduction to SOLIDWORKS Flow Simulation*. Stephen Schroff, USA.

AUTHORS INFORMATION

Pham Van Bong, Nguyen Hong Son, Nguyen Chi Bao, Nguyen Huy Kien
Hanoi University of Industry