

**ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG CÔNG TÁC CỦA DIESEL KHI LẮP BẦU LỌC PHỤ  
ĐẶT TRÊN MÁY VẬN CHUYỂN LÀM VIỆC TRÊN TÀU CHỜ HÀNG RỜI  
EVALUATING WORKING CAPACITY OF DIESEL EQUIPPED WITH AUXILIARY  
FILTER ON BULK CARRIER HANDLING GEAR**

**TS. QUẢN TRỌNG HÙNG**  
*Trưởng Đại học Hàng hải*

**Tóm tắt:**

*Khi công tác trong hầm tàu chờ hàng rời, diesel lắp trên máy vận chuyển thường bị tắc bầu lọc do bụi từ hàng hóa lọt vào, từ đó khả năng công tác và tuổi thọ động cơ bị suy giảm nhanh chóng. Để khắc phục hiện tượng trên người ta đã tiến hành thiết kế và bố trí bầu lọc phụ trên đường nạp động cơ. Bài báo giới thiệu kết quả phân tích đánh giá một số thông số công tác của động cơ khi lắp bầu lọc phụ, để từ đó có thể nghiên cứu lựa chọn kết cấu và phương án bố trí bầu lọc sao cho không ảnh hưởng lớn đến khả năng công tác và kéo dài thời gian hoạt động diesel trên máy vận chuyển trên tàu chờ hàng rời*

**Abstract**

*When operating in bulk carrier holds, Diesel equipped often has the airfilter stuck with cargo dust, therefore the working capacity and engine life are rapidly reduced. To solve this, the auxiliary filter is designed and installed on the air suction pipe. This article presents the result by studying some parameters when fitted with auxiliary filters, therefrom structure and arrangement can be selected, to assure that no effect be made to the capacity and life of the Diesel on board bulk carriers.*

Trong các hầm tàu nói chung, chờ hàng rời (than, xi măng và các loại ngũ cốc...) nói riêng môi trường hoạt động không trong điều kiện tiêu chuẩn. Ở đây nhiệt độ không khí cao hơn môi trường ngoài trời khoảng từ 5-10°C, dẫn đến mật độ không khí giảm, độ ẩm tăng do sự bốc hơi của hàng hóa. Quan trọng hơn là trong quá trình bốc dỡ hàng lượng bụi từ hàng hóa khuếch tán trong không khí là rất lớn, theo các số liệu khảo sát thực tế lượng bụi là 20-25 g/m<sup>3</sup> không khí. Lượng bụi này còn có độ ẩm cao và có kích thước đa dạng (đường kính trung bình hạt 0,05-0,1 mm), nên có độ bám dính và mức độ xuyên lọt cao, ngoài ra các thành phần hóa học trong bụi làm oxy hóa các chi tiết tiếp xúc. Đối với các động cơ đốt trong của các máy máy gạt, máy xúc... làm việc trong môi trường này, khí nạp chứa bụi khi vào các bầu lọc thì: một phần bụi có kích thước lớn bị giữ lại tại lưới lọc, bụi có kích thước nhỏ sẽ theo khí nạp vào động cơ. Hệ quả dẫn đến là: làm tắc dần lưới lọc, làm giảm lượng khí nạp trong chu trình công tác, bụi vào buồng đốt sẽ cháy sinh ra cốc, đồng thời với các thành phần hóa học sẽ làm giảm chất lượng bôi trơn các chi tiết chuyển động, tăng tốc độ mài mòn, ảnh hưởng lớn đến chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật và tuổi thọ của động cơ.

Để khắc phục tình trạng trên người ta đã sử dụng bộ lọc không khí kiểu lọc ướt trong các động cơ tàu thủy, với lưới lọc làm bằng cước, sơ dừa có tẩm dầu. Đặc điểm chính của bộ lọc ướt là đảm bảo ngăn được lượng bụi cao, đặc biệt là các hạt bụi có kích thước nhỏ và dễ dàng bảo quản, bảo dưỡng bầu lọc trong quá trình khai thác. Từ thực tế đó, tại một số Cảng biển Hải Phòng đã tiến hành giải pháp thiết kế và lắp thêm bầu lọc phụ dạng ướt trên đường ống nạp để cải thiện quá trình nạp của động cơ ISUZU CC- 4JG1 (công suất:  $N_{đm} = 40,5$  kW, vòng quay:  $n_{đm} = 2100$  vg/ph) trên xe xúc đào SK70SR-1E làm việc trong hầm tàu chờ hàng rời. Kích thước cơ bản của bầu lọc phụ và hệ thống đường ống như hình 1. Khi đó, không khí đi vào cửa hút bị đổi hướng quay lên phía trên và đi ra cửa thoát cạnh và đi vào đường nạp động cơ. Khi bị đổi hướng bụi có động lượng lớn hơn sẽ va chạm vào bề mặt dầu chứa trong không gian phía dưới bầu lọc và bị giữ lại tại đây, làm sạch không khí vào đường nạp động cơ.

Qua quá trình khai thác cho thấy, đã kéo dài chu kỳ phải vệ sinh và thay lưới lọc bầu lọc đã có trên động cơ. Tuy nhiên để lựa chọn kết cấu bầu lọc phụ hợp lý và áp dụng một cách phổ biến cần phải đánh giá lại những yếu tố tính tích cực và những hạn chế có thể có đến mức độ cải thiện chế độ nạp và các đặc tính công tác khác của động cơ do việc sử dụng bầu lọc phụ.

Trên cơ sở lý thuyết các quá trình công tác của động cơ diesel, lý thuyết nhiệt động học, động lực học chất khí và một số kết quả nghiên cứu khác [1,2,4,5], bài báo giới thiệu một số kết quả tính toán nhằm: xác định các chỉ tiêu công tác của động cơ khi lắp thêm bầu lọc phụ, để từ đó so sánh và đánh giá ảnh hưởng đến chất lượng nạp và chỉ tiêu công tác của động cơ khi có lắp bầu lọc phụ cho diesel hoạt động dưới hầm tàu chở hàng rời.

Lý thuyết động cơ diesel đã chỉ ra rằng: các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật của diesel phụ thuộc nhiều vào hệ số dư lượng không khí  $\alpha$ , cụ thể là nó phụ thuộc vào hệ số nạp  $\eta_v$ , nhiệt độ và trọng lượng riêng của khí nạp  $\gamma_k$  và các yếu tố cản trên đường nạp, pha phối khí... Trong phạm vi nghiên cứu, ta phân tích ảnh hưởng của bầu lọc phụ đến các khả năng công tác của động cơ.

Rõ ràng rằng, các yếu tố cản trên đường nạp sẽ làm giảm áp suất của không khí trước khi vào xylanh, khiến hệ số dư lượng không khí giảm. Khi đó, lượng không khí nạp không tương ứng với lượng nhiên liệu phun vào xi lanh, dẫn đến hiện tượng nhiên liệu không cháy hết, cháy rớt trên đường giãn nở. Kết quả là: chất lượng quá trình cháy trong động cơ xấu đi, hiệu suất chỉ thị giảm, công suất động cơ giảm, nhiệt độ khí xả tăng và tất nhiên suất tiêu hao nhiên liệu tăng.

Sức cản trên đường nạp tăng lên do những nguyên nhân sau:

- Đặt bầu lọc không khí không đúng vị trí, bầu lọc bẩn, tắc, diện tích cho không khí đi qua bị thu hẹp, do tăng chiều dài đường nạp...

- Tắc, bẩn đường ống xả, các van chặn không mở hoàn toàn, do sự làm việc của nhiều xylanh chung bầu góp. Sự tăng phản áp có thể xảy ra trên đường xả làm tăng sức cản động lực của dòng khí xả gây nên tăng áp suất trong các xylanh trong quá trình xả và dẫn đến, tăng lượng khí sót dẫn đến tăng hệ số khí sót  $\gamma_r$ , tăng nhiệt độ cuối quá trình nạp  $T_a$ ; tiêu hao công đẩy khí ra ngoài, cuối cùng là giảm chất lượng nạp.

Khi lắp bầu lọc phụ, ta thấy sự tăng sức cản trên đường nạp là do hai nguyên nhân chính:

- Tăng sức cản ma sát do chiều dài đường ống nạp tăng lên do nối ống với bầu lọc phụ,
- Phát sinh thêm trên đường nạp sức cản cục bộ của bầu lọc.

Trong một số công trình đã công bố, do đây là vấn đề tương đối phức tạp và nhiều thông số ảnh hưởng, nên phần đánh giá ảnh hưởng của các bầu lọc khí thường tính bằng một thông số hiệu chỉnh nào đó [1,3]. Sự tăng sức cản do nguyên nhân thứ nhất có thể giải quyết bằng các mô hình sức cản ma sát của chất khí lưu động trên ống có bề mặt nhám. Còn nguyên nhân thứ hai, thì từ cấu tạo bầu lọc, dòng chuyển động khí nạp bị đổi chiều, sẽ xuất hiện cản cục bộ.

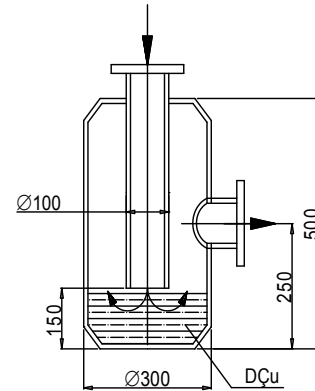
Kết cấu của dòng chuyển động tại nơi có sức cản cục bộ (bầu lọc không khí, đoạn ống phân nhánh, van nạp) là vấn đề vẫn cần được tiếp tục nghiên cứu. Thông thường, khi đổi hướng đột ngột hay vấp phải các vật cản cục bộ, dòng chuyển động bị tách khỏi thành rắn và lập tức xuất hiện khu vực xoáy. Thường sử dụng công thức Weisbach để tính tổn thất cục bộ:

$$h_c = \xi \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

- Trong đó: -v: vận tốc trung bình công chất trước yếu tố gây cản,  
 -  $\xi$ : hệ số tổn thất cục bộ của yếu tố gây cản.

Phân tích sơ đồ bố trí đường ống nạp diesel trên máy xúc, ta có các thành phần cản trên đường ống như sau:

1. Tổn thất qua cửa vào các bầu lọc: Khi đi vào bầu lọc, ta có thể coi dòng chuyển động của khí cũng giống như qua diện tích thay đổi. Như vậy, nếu ta tính tổn thất cục bộ có thể quy về hệ số tổn thất cục bộ theo vận tốc trung bình của dòng khí trên đường ống nạp:



Hình 1. Sơ đồ kết cấu bầu lọc phụ

$$\xi_v = (1 + \xi) \cdot \left( \frac{v_v}{v_{tb}} \right)^2 = (1 + \xi) \cdot \left( \frac{F_{tb}}{F_b} \right)^2 \quad (2)$$

Trong đó: -  $F_{tb}$ : thiết diện trung bình đường ống nạp,  $m^2$ ,  
 -  $F_b$  - thiết diện bình lọc.  $m^2$ .

2. Tổn thất qua cửa ra các bình lọc: Khi không khí đi ra khỏi các bình lọc, tổn thất cục bộ được tính theo công thức của dòng chảy thu hẹp đột ngột:

$$\xi_r = 0,5 \cdot \left( 1 - \frac{F_n}{F_b} \right) \quad (3)$$

Trong đó:  $F_n$  - thiết diện ngang của ống nạp,  $m^2$ .

3. Tổn thất qua các đoạn đổi hướng của đường ống nạp: Khi chuyển động qua các đoạn ống đổi hướng, cũng giống như trên các phần tử khí tạo ra các chuyển động xoáy tại các góc do va đập quán tính, tùy thuộc vào góc đổi hướng cũng như đường kính của ống mà mức độ xoáy và ảnh hưởng lẫn nhau giữa chúng khác nhau. Theo [3] ta có thể chọn hệ số cản cục bộ tùy theo góc cong: với góc cong  $135^\circ C$  là  $\xi = 0,30$ , với góc cong  $90^\circ C$  là  $\xi = 1,10$ .

4. Tổn thất của đoạn phân nhánh: Đối với động cơ, các xy lanh không nạp đồng thời nên có thể coi toàn bộ lưu lượng không khí chỉ tập trung vào cho 1 nhánh. Theo [5] do hệ số cản cục bộ phụ thuộc vào tỷ lệ lưu lượng nên khi tỷ lệ này bằng 1 ta chọn được  $\xi_{ph} = 2,3$ .

5. Tổn thất tại xupáp nạp: Theo [4,5] tổn thất qua xupáp được tính là tổn thất qua các van ống. Ta chọn hệ số cản cục bộ theo kích thước van  $\xi_{xp} = 1,60$ .

6. Tổn thất ma sát với thành ống:

Do các đoạn ống nạp là tương đối ngắn nên tổn thất này là không đáng kể so với tổn thất cục bộ. Tuy nhiên ta cũng có thể tính theo các đoạn ống chảy rối ( $Re = 3500$ ).

$$h_d = \lambda \cdot \frac{l}{d_n} \cdot \frac{v_{tb}^2}{2g} \quad (4)$$

Trong đó: -  $v_{tb}$ : Vận tốc trung bình dòng khí, m/s;  
 -  $l$ : Chiều dài ống, m;  
 -  $d_n$ : đường kính trong ống, m;  
 -  $g$ : Gia tốc trọng trường,  $m/s^2$ ;  
 -  $\lambda$ : Hệ số ma sát được tính theo công thức Blasius:  $\lambda = 0,3164/Re^{0,25}$ .

7. Tổn thất qua lõi lọc

Khi lưu động qua các lưới lọc, không khí chuyển động qua các khe hở của lưới. Đối với lưới lọc bao gồm nhiều lỗ ta tính cho 1 lỗ với diện tích lỗ bằng tổng diện tích các lỗ và nhân thêm hệ số ảnh hưởng của các dòng xoáy lẫn nhau khi các lỗ ở gần nhau. Tuy nhiên, do lõi lọc thường mỏng và khoảng cách giữa các lỗ nhỏ hơn nhiều so với đường kính lỗ nên trong phạm vi cho phép ta có thể bỏ qua ảnh hưởng này. Lúc này, mức độ tổn thất áp suất có được như sau:

$$\Delta P = h_w \cdot \gamma = \frac{Q^2 \cdot \rho}{2 \cdot (\mu \cdot \omega)^2} \quad (5)$$

Trong đó: -  $Q$ : Lưu lượng của dòng khí, m/s;  
 -  $\mu \approx 29$  kg/kmol là khối lượng 1 kmol không khí;  
 -  $\omega$ : Tổng diện tích các lỗ cho không khí đi qua,  $m^2$ ;  
 -  $\rho$ : Trọng lượng riêng không khí,  $kg/m^3$ .

Như vậy, hệ số cản cục bộ của các bình lọc phụ thuộc vào thiết diện các lỗ lọc. Theo thời gian làm việc, do lượng bụi bám trên các lỗ lõi lọc tăng lên do vậy hệ số này cũng thay đổi. Kích thước của lỗ lọc bị giảm có thể coi như tỷ lệ thuận với thời gian làm việc của động cơ, do bụi choán chỗ. Theo [3] ta có công thức tính gần đúng như sau:

$$\xi_b = \xi_{b0} \cdot (1 + at^2) \quad (6)$$

Trong đó:  $\xi_{b0}$  - hệ số cân cực bộ ban đầu của bình lọc,  
 a - hệ số xác định bằng thực nghiệm.

Để xác định hệ số a, người ta đã tiến hành phương pháp thực nghiệm xác định tổn thất áp suất trước và sau bầu lọc, sau các khoảng thời gian công tác động cơ và xác định được giá trị trung bình của a như sau:

Đối với bầu lọc nguyên thủy khi chưa lắp thêm bầu lọc phụ: a = 0,012,

Đối với bầu lọc nguyên thủy khi lắp thêm bầu lọc phụ: a = 0,0002,

Đối với bình lọc phụ: a = 0,0015

8. Áp suất cuối quá trình nạp: Như vậy áp suất cuối quá trình nạp phụ thuộc vào sự tổn thất áp suất trên đường ống nạp và qua xupáp nạp. Trong quá trình nạp, áp suất của môi chất trong xylanh thay đổi và có thể coi gần đúng là áp suất cuối quá trình nạp bằng áp suất của môi chất sau xupáp nạp, áp suất này được tính theo công thức:

$$P_a = P_0 - \Delta P_k - \Delta P_a \quad (7)$$

Trong đó:  $-P_a$  : áp suất cuối quá trình nạp,  $P_0$ : áp suất môi trường

$-\Delta P_k$  - tổn thất áp suất qua xupáp nạp,

$$-\Delta P_a$$
 - tổn thất áp suất trên đường ống nạp được tính:  $\Delta P_k = \xi_{\Sigma} \cdot \frac{\gamma_{kn} \cdot w^2}{2g}$  (8)

với  $\xi_{\Sigma} = \sum \xi_i$  - Tổng hệ số sức cản trên đường nạp

-  $\gamma_{kn}$  - trọng lượng riêng không khí trước xupáp nạp,

- w - tốc độ lưu động dòng khí qua xupáp nạp.

Đối với động cơ diezen, ta có thể tính hệ số nạp theo công thức [4,5]:

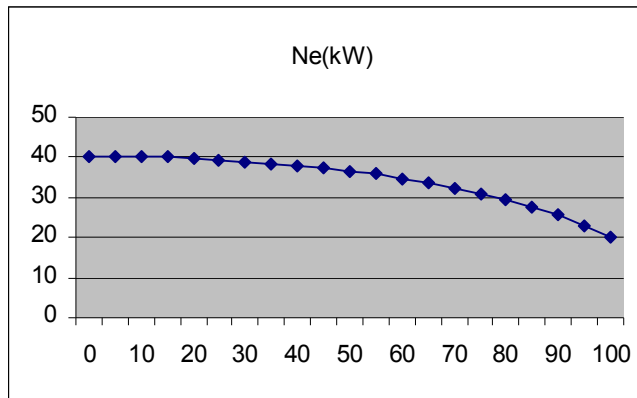
$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \lambda_1 \frac{P_a}{P_k} \cdot \frac{T_k}{T_k + \Delta T + \lambda_1 \cdot \gamma_r \cdot T_r \cdot \left(\frac{P_a}{P_r}\right)^{\frac{m-1}{m}}} \quad (9)$$

Trong đó: - m: chỉ số giãn nở đa biến của khí sót,  $\lambda_1$ : Hệ số nạp thêm;  $\varepsilon$ : Tỷ số nén;  $T_k$  - Nhiệt độ không khí nạp,  $T_r$  - Nhiệt độ khí sót;  $P_a$ : áp suất cuối quá trình nạp,  $P_k$ : áp suất tăng áp;  $P_r$  - áp suất khí sót.

Sử dụng mô hình tính chu trình công tác động cơ diesel trong [1,4,5] ta có thể tính các thông số: hệ số dư lượng không khí  $\alpha$ ; hệ số nạp  $\eta_v$ ; công suất chỉ thị  $N_i$ ; hiệu suất chỉ thị  $\eta_j$ ; công suất có ích  $N_e$ ; suất tiêu hao nhiên liệu  $g_{ct}$ ; nhiệt độ cháy cực đại  $T_{max}$ ; áp suất cực đại  $P_{max}$ , để xem xét ảnh hưởng của bầu lọc phụ đến các thông số công tác diesel trên máy xúc.

Do đặc điểm làm việc của máy xúc khi làm hàng là thường làm việc ở chế độ thay đổi thường xuyên không xác định, thời gian công tác ở chế độ nhỏ tải nhiều, nên trong ví dụ tính toán đã tiến hành các bước tính thử cho diesel ISUZU CC- 4JG1 như sau:

- Tính toán kiểm nghiệm: Tính các thông số công tác của động cơ theo các thông số đầu vào tiêu chuẩn theo các chế độ khác nhau: định mức, 75% công suất, không tải để kiểm nghiệm sự đúng đắn của thuật toán tính toán.



Hình 2. Sự phụ thuộc công suất động cơ chưa lắp bầu lọc phụ với lượng nhiên liệu định mức

- Tính các thông số công tác của động cơ khi chưa lắp bầu lọc phụ: Tính theo thời gian công tác để xác định được mức độ thay đổi của các thông số công tác theo thời gian làm việc.

- Tính các thông số công tác của động cơ khi lắp bầu lọc phụ: Tính theo thời gian công tác để xác định được mức độ thay đổi của các thông số công tác theo thời gian làm việc đồng thời so sánh với khi chưa lắp bầu lọc phụ.

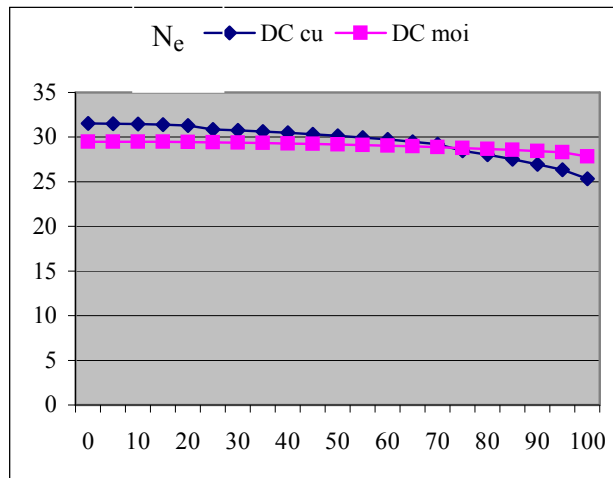
**Kết luận:**

1. Khi chưa lắp bầu lọc phụ, nếu động cơ hoạt động ở chế độ định mức, theo thời gian hoạt động thì công suất của động cơ giảm dần, nhiệt độ của khí cháy cũng tăng lên. Cụ thể: sau 50h hoạt động công suất giảm 10%, sau 80 h hoạt động công suất giảm 30%, sau 100h hoạt động công suất giảm 50%, (Hình 2). Theo kinh nghiệm thực tế khai thác cho thấy lượng không khí nạp không đủ do bộ lọc trên máy đã bị tắc bần do hút nhiều bụi trong hầm tàu, sau khoảng 80-100 giờ hoạt động khai thác thì phải xúc rửa vệ sinh bầu lọc thì động cơ mới tiếp tục hoạt động được. Qua tính toán cũng cho thấy ở chế độ công tác thấp hơn mức độ giảm công suất, tăng suất tiêu hao nhiên liệu sẽ giảm dần

2. Khi động cơ đã được lắp bầu lọc phụ: kết quả tính cho thấy diễn biến thay đổi tương tự, nhưng mức độ giảm sẽ chậm lại, ta thấy có hai giai đoạn cần chú ý (hình 3):

- Giai đoạn đầu dưới 70 h, công suất của động cơ giảm so với khi chưa lắp bầu lọc;
- Sau đó cả hai trường hợp công suất đều giảm, tuy nhiên mức độ giảm sẽ khác nhau, điều đó cho thấy bầu lọc phụ đã phát huy tác dụng.

3. Một điều không tính ở đây là việc lắp bầu lọc phụ chắc chắn sẽ hạn chế lượng bụi vào buồng đốt, nhất là các hạt bụi có kích thước lớn sẽ làm giảm nhiều sự sinh cốc trong buồng đốt, giảm ma sát và mài mòn các chi tiết chuyển động, hạn chế được sự biến chất của dầu bôi trơn. Ngoài ra, việc bảo dưỡng bầu lọc phụ tương đối dễ dàng có thể thực hiện thường xuyên cũng làm giảm tổn thất đường nạp và tăng công suất động cơ. Thực tế, sau 5 ca làm việc (khoảng 40 h) nếu rửa và thay dầu của bình lọc phụ thì công suất động cơ đạt được gần như ban đầu.



**Hình 3. So sánh công suất có ích  $N_e$  trong hai trường hợp**

4. Tuy nhiên, để có thể khẳng định tính kinh tế của nó chúng ta cần có thời gian để thử nghiệm tiếp để tìm được kết cấu bầu lọc và bố trí nó trong hệ thống nạp một cách hợp lý cho từng loại động cơ khác nhau trên các máy công tác trong điều kiện hầm tàu hàng rời.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO:**

[1]. Nguyễn Văn Bình, Nguyễn Tất Tiến, “Nguyên lý động cơ đốt trong” - NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp, 1976.  
 [2]. Dương Đình Đối, Nguyễn Hữu Dũng, “Kết cấu và tính toán động cơ diezen tàu thủy” - Tập 1, 2 - NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp, 1975.  
 [3]. Nguyễn Phước Hoàng, Phạm Đức Nhuận, Nguyễn Thạch Tấn, Đinh Ngọc Ái và Đặng Huy Chi, “Thủy lực và máy thủy lực” - NXB Giáo dục, 1996.  
 [4]. Lê Viết Lượng, “Lý thuyết động cơ Diezen” - NXB Giáo dục, 2001.  
 [5]. Nguyễn Tất Tiến, “Nguyên lý động cơ đốt trong” - NXB Giáo dục (2001).  
 [6]. Nguyễn Đại An, Trường Đại học Hàng hải, “Nghiên cứu hoàn thiện hệ thống nạp thải khi thủy hóa động cơ diesel họ D50 Sông Công”. Luận văn Tiến sĩ, 2001

**Người phản biện: TS. Nguyễn Đại An**