

NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG CÁC PHƯƠNG PHÁP DFX, TÍNH GỌN VÀ TRIZ TRONG THIẾT KẾ CẢI TIẾN THIẾT BỊ LỌC CƠ HỌC DẠNG TRỒNG

RESEARCH AND APPLICATION OF DFX, LEAN AND TRIZ FOR IMPROVING DESIGN OF THE MECHANICAL DRUM FILTER

Phạm Ngọc Tuấn¹, Nguyễn Tất Thành¹, Trần Vũ Sang¹, Nguyễn Đức Hải¹,
Huỳnh Văn Nin¹, Lê Minh Vương²

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

²Công ty Cổ phần Khoa học và Công nghệ CENINTEC

TÓM TẮT

Thiết bị lọc cơ học đóng một vai trò quan trọng trong hệ thống nuôi trồng thủy sản tuần hoàn, góp phần giảm thiểu sự ô nhiễm nguồn nước. Ở Việt Nam, các thiết bị lọc nhập khẩu với giá thành tương đối cao, các thiết bị trong nước giá thành rẻ hơn nhưng còn tồn tại một số hạn chế. Bài báo trình bày các thiết kế cải tiến thiết bị lọc cơ học CENFILT đang được sử dụng tại trang trại ở Cần Giờ, áp dụng các phương pháp DFX, tính gọn và TRIZ. Các kết quả thiết kế cải tiến mang đến triển vọng ứng dụng rộng rãi thiết bị lọc cơ học với chi phí đầu tư thấp hơn, độ tin cậy và tuổi thọ được cải thiện, phù hợp với nhu cầu của những người nuôi trồng thủy sản Việt Nam.

Từ khóa: Thiết bị lọc cơ học; Nguyên lý lọc trồng; Nuôi tôm nước lợ; DFX; Tính gọn; TRIZ.

ABSTRACT

Mechanical filtration equipment plays an important role in the recirculating aquaculture system, contributing to minimizing water pollution. In Vietnam, imported filter equipment has a relatively high cost, domestic equipment is cheaper, but there are still some limitations. This paper presents the improved designs of the CENFILT mechanical filtration equipment being used on the farm in Can Gio, applying DFX, Lean and TRIZ methods. The resulting improved design offers broad mechanical filtration prospects with lower investment costs, improved reliability and service life, customized to the needs of Vietnamese aquaculturists.

Keywords: Mechanical filter; Drum filtering; Recirculating aquaculture system; Brackish water shrimp farming; DFX; Lean; TRIZ.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong nuôi tôm, xử lý các chất thải rắn lơ lửng trong nước nuôi như phân tôm, thức ăn thừa, vỏ tôm, ... đóng vai trò quan trọng, không chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến sự phát triển của tôm mà còn là yếu tố quyết định đến sự thành công của vụ nuôi. Trong số các yêu cầu cần thiết để tôm phát triển tốt, có thể kể đến yêu cầu giảm chất thải rắn đến mức tối thiểu tức là khả năng lọc vật lý (lọc cơ học) [1]. Sự có mặt của chất thải rắn lơ lửng trong hệ thống nuôi tôm làm tăng nhu cầu oxy sinh hóa, dẫn đến giảm nồng độ oxy hòa tan trong ao nuôi, tăng hàm lượng khí độc gây hại cho tôm như amoniac, amoni, nitrit [2]. Hiện nay, với sự phát triển mạnh mẽ của ngành nuôi trồng thủy sản, người nuôi có thể sử dụng các thiết bị lọc chất thải rắn lơ lửng hiện đại, ví dụ thiết bị lọc cơ học của hãng SENECT [3], thiết bị lọc cơ học của AKVA Group [4], ...

Trong vài năm gần đây, với mục tiêu nội địa hóa, Công ty CP Khoa học và Công nghệ CENINTEC đã thiết kế, chế tạo và đưa vào ứng dụng thiết bị lọc cơ học CENFILT tại một số trang trại nuôi tôm ở Đồng bằng Sông Cửu Long. Quá trình sử dụng thiết bị này đã góp phần mang lại hiệu quả xử lý nước thải nuôi tôm, đồng thời cho thấy một số hạn chế cần được cải thiện. Để giải quyết vấn đề, phần 2 trình bày phương pháp nghiên cứu và quá trình thực hiện, phần 3 thể hiện kết quả cải tiến và thảo luận, phần 4 trình bày kết luận và phương hướng phát triển.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ QUÁ TRÌNH THỰC HIỆN

Trước tiên, cần phân tích các yêu cầu về chức năng, kỹ thuật, chất lượng và chi phí.

2.1. Phân tích các yêu cầu

Các yêu cầu về chức năng: (1) Lọc được các chất thải rắn lơ lửng; (2) Loại bỏ bùn thải lắng đọng trong hồ xi phông; (3) Loại trừ vi khuẩn xuất hiện ở khu vực lưới lọc [5].

Các yêu cầu về kỹ thuật: (1) Có năng suất xử lý 90 m³/h; (2) Lọc được các chất thải rắn có kích thước từ 37 µm trở lên; (3) Công suất của động cơ chính là 100 W, (4) Công suất của máy bơm là 600 W; (5) Đảm bảo làm sạch hơn 90% bề mặt lưới lọc; (6) Điện áp sử dụng là 220V, AC [6, 7].

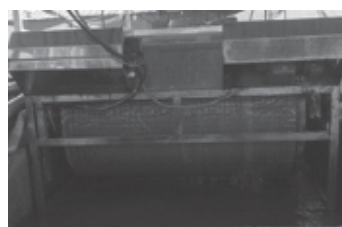
Các yêu cầu về chất lượng: (1) Đảm bảo độ tin cậy; (2) Đảm bảo khả năng bảo trì; (3) Đảm bảo an toàn; (4) Đảm bảo ergonomics [8, 9].

Các yêu cầu về chi phí: Đảm bảo các chi phí gia công, lắp ráp, lắp đặt và vận hành thử nghiệm trước khi bàn giao cho người sử dụng là thấp nhất có thể.

2.2. Phân tích những hạn chế của thiết bị lọc cơ học hiện thời

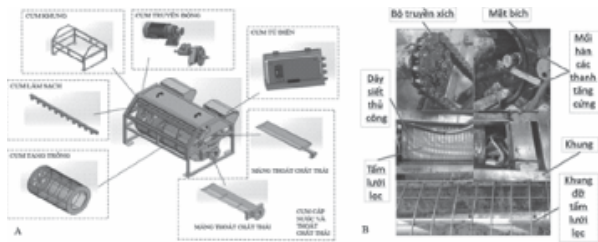
Hình 1 giới thiệu thiết bị lọc cơ học đang được sử dụng tại một trang trại nuôi tôm ở huyện Cần Giờ, TP. Hồ Chí Minh.

Hình 2 giới thiệu các cụm chi tiết của thiết bị lọc cơ học và một số hạn chế cần được cải thiện sau một thời gian đưa vào sử dụng.



Hình 1. Thiết bị lọc cơ học đang được lắp đặt tại huyện Cần Giờ, TP. Hồ Chí Minh.





Hình 2. a) Các cụm chi tiết, b) Một số tồn tại của thiết bị lọc

Hạn chế 1: Giải pháp sử dụng bộ truyền xích trong thiết bị lọc cơ học hiện thời dễ bị hư hỏng do ăn mòn hóa học và rỉ sét vì hoạt động liên tục 24 giờ mỗi ngày trong môi trường nước mặn.

Hạn chế 2: Giải pháp dùng hai mặt xích bằng vật liệu inox 304 vẫn bị ăn mòn hóa học do làm việc trong môi trường nước mặn.

Hạn chế 3: Ở thiết bị lọc hiện thời, mặt xích chỉ có chức năng cố định khung đỡ tấm lưới lọc, để có thể thực hiện chức năng truyền động, cần thêm chi tiết nối trục, bánh răng bị động tốn chi phí vật tư và chi phí bảo trì.

Hạn chế 4: Giải pháp sử dụng khung đỡ tấm lưới lọc bằng inox 304, được cố định bằng các mối hàn, gặp nhiều rủi ro do mối hàn bị rỉ sét và hủy hoại sau một thời gian sử dụng trong môi trường nước mặn.

Hạn chế 5: Sử dụng tấm lưới lọc một phần có kích thước lớn, khó tháo lắp và tốn nhiều thời gian khi cần thay thế, khi hư hỏng 1 vị trí cần phải thay thế toàn bộ tấm lưới lọc.

Hạn chế 6: Giải pháp giữ cố định tấm lưới lọc được thực hiện thủ công bằng cách quấn đến 36 vòng dây, làm tốn nhiều thời gian khi lắp ráp, lắp đặt hoặc bảo trì.

Hạn chế 7: Giải pháp dùng các thanh tăng cứng hai mặt xích của tang trống gặp nhiều

rủi ro do mối hàn bị rỉ sét và hủy hoại sau một thời gian sử dụng.

Hạn chế 8: Giải pháp sử dụng các vật tư làm khung (bằng thép hình inox 304), làm các tấm che (bằng thép tấm inox 304) và liên kết bằng hàn vẫn bị ăn mòn hóa học do làm việc trong môi trường nước mặn, đặc biệt là ở các mối hàn.

Hạn chế 9: Chi phí gia công, lắp ráp thiết bị lọc tương đối cao vì thiết kế không theo module, chế tạo rời rạc.

2.3. Các giải pháp cải tiến

Những hạn chế nêu trên được đề xuất giải quyết bằng cách sử dụng các giải pháp thiết kế đảm bảo X (DFX), tinh gọn và một số nguyên tắc của TRIZ.

Các phương pháp DFX: DFX (Design for X – Thiết kế đảm bảo X) còn được gọi là thiết kế đảm bảo xuất sắc (Design for Excellence), trong đó, X thể hiện các tiêu chí mà người thiết kế cần đạt được theo yêu cầu của người sử dụng hoặc khách hàng. Các phương pháp DFX được sử dụng ở đây bao gồm: Thiết kế đảm bảo độ tin cậy (DFR); Thiết kế đảm bảo khả năng bảo trì; Thiết kế theo module; Thiết kế đảm bảo chế tạo và lắp ráp (DFMA) và Thiết kế đảm bảo chi phí.

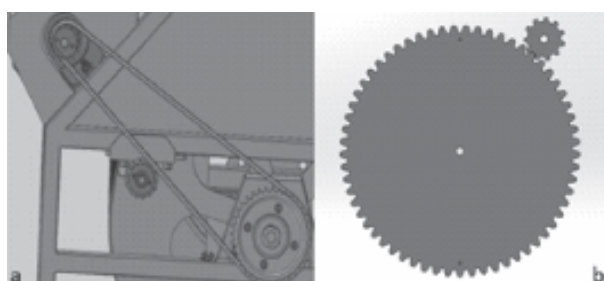
Phương pháp tinh gọn: Tinh gọn là một phương pháp nhằm làm ra nhiều hơn với các nguồn lực ít hơn. Các nguồn lực có thể là thời gian, công sức, vật tư, chi phí và lãng phí.

TRIZ: TRIZ là lý thuyết giải các bài toán về sáng chế. Ở đây, có thể áp dụng một số nguyên tắc trong 40 nguyên tắc của TRIZ để áp dụng cải tiến.

2.4. Cải tiến thiết bị lọc

Giải pháp 1: Sử dụng bộ truyền bánh răng nhựa POM.

Ứng dụng thiết kế đảm bảo độ tin cậy nhằm khắc phục hạn chế 1 nêu trên. Cụ thể là giải pháp sử dụng bộ truyền xích trên thiết bị lọc cơ học hiện thời dễ bị hư hỏng do ăn mòn hóa học và rỉ sét vì hoạt động 24 giờ mỗi ngày trong môi trường nước mặn được thay bằng bộ truyền bánh răng bằng vật liệu nhựa POM (Polyoxymethylene) do có độ bền nhiệt, độ bền cơ học cao và cách điện tốt, hệ số ma sát thấp và có khả năng tự bôi trơn [10] (Hình 4).



Hình 4. a) Bộ truyền xích ở thiết bị hiện thời, b) Bộ truyền bánh răng ở thiết bị cải tiến.

Giải pháp 2: Sử dụng hai mặt bích trên tang trống bằng vật liệu nhựa POM.

Ứng dụng phương pháp thiết kế đảm bảo độ tin cậy nhằm khắc phục hạn chế 2 nêu trên. Giải pháp dùng hai mặt bích bằng vật liệu inox 304 trong cụm tang trống vẫn bị ăn mòn hóa học do làm việc trong môi trường nước mặn có nồng độ cao. Chính vì thế, sử dụng vật liệu nhựa POM thay thế.

Giải pháp 3: Sử dụng mặt bích trong cụm tang trống thực hiện đồng thời hai chức năng.

Áp dụng nguyên tắc 6 (Vận năng) trong 40 nguyên tắc TRIZ nhằm khắc phục hạn chế 3

nêu trên. Ở thiết bị lọc hiện thời, mặt bích chỉ có chức năng cố định khung đỡ tấm lưới lọc, để có thể thực hiện chức năng truyền động, cần thêm các chi tiết khác tốn nhiều chi phí. Vì vậy, sử dụng mặt bích trong cụm trống lọc thực hiện đồng thời hai chức năng: vừa cố định khung đỡ tấm lưới lọc vừa làm bánh răng bị động trong cụm truyền động.

Giải pháp 4: Sử dụng khung đỡ tấm lưới lọc bằng vật liệu nhựa PP.

Ứng dụng thiết kế đảm bảo độ tin cậy nhằm khắc phục hạn chế 4 nêu trên. Khung đỡ tấm lưới lọc inox 304 hiện thời hoạt động liên tục 24 tiếng mỗi ngày trong môi trường nước mặn nên bị rỉ sét, khi đó, tấm lưới lọc ma sát với khung đỡ rất dễ hư hỏng. Để hạn chế điều đó, vật liệu inox 304 được thay thế bằng vật liệu nhựa PP (nhựa polypropylene) với các đặc tính như độ bền cơ học cao (bền xé và bền kéo đứt), khá cứng vững, không mềm dẻo, không bị kéo giãn dài, sở hữu tính chống thấm tương đối tốt, không bị oxy hóa hoặc bị ảnh hưởng khi tiếp xúc bên ngoài không khí [11].

Giải pháp 5: Phân nhỏ tấm lưới lọc thành hai nửa.

Áp dụng nguyên tắc 1 (Phân nhỏ) trong 40 nguyên tắc TRIZ nhằm khắc phục hạn chế 5 nêu trên. Ở thiết bị lọc hiện thời, sử dụng tấm lưới lọc một phần có kích thước lớn tốn nhiều thời gian khi cần thay thế, khi hư hỏng một vị trí cần phải thay thế toàn bộ tấm lưới lọc. Vì thế, phân nhỏ lưới lọc tích hợp khung đỡ thành hai phần để dễ dàng tháo lắp hơn, tiết kiệm thời gian và chi phí lắp ráp khi bảo trì.

Giải pháp 6: Sử dụng tấm lưới lọc tích hợp với khung đỡ bằng nhựa PP.



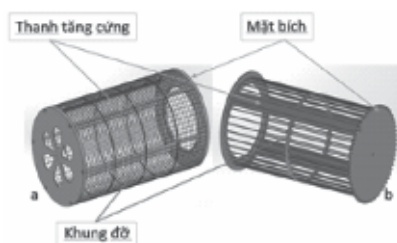


Hình 5. a) Lưới lọc hiện thời, b) Lưới lọc trên thiết bị lọc cải tiến.

Ứng dụng thiết kế đảm bảo khả năng bảo trì nhằm khắc phục hạn chế 6 nêu trên. Giải pháp giữ cố định tấm lưới lọc trên thiết bị lọc cơ học hiện thời được thực hiện thủ công bằng cách quấn đến 36 vòng dây, làm tốn nhiều thời gian. Chính vì thế, thiết kế tấm lưới lọc tích hợp với khung đỡ bằng nhựa PP để loại bỏ các sợi dây siết thiết bị hiện thời (Hình 5).

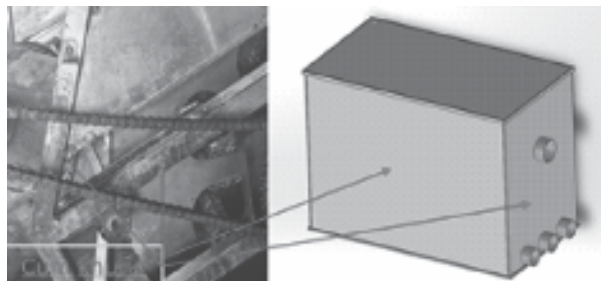
Giải pháp 7: Sử dụng hai thanh tăng cứng bằng vật liệu nhựa PP.

Ứng dụng phương pháp thiết kế đảm bảo chế tạo và lắp ráp nhằm khắc phục hạn chế 7 nêu trên. Ở thiết bị lọc cơ học hiện thời, sáu thanh tăng cứng bằng inox 304 Ø21 được kết nối với hai mặt bích bằng phương pháp hàn TIG (Hình 6a). Tang trống quay liên tục khiến những liên kết này bị biến dạng dẫn đến hư hỏng liên kết sau một thời gian sử dụng. Vì thế, sử dụng hai thanh tăng cứng bằng vật liệu nhựa PP liên kết với hai mặt bích bằng bu lông giúp cố định hai mặt bích thay vì sáu thanh liên kết bằng mối hàn (Hình 6).



Hình 6. a) Thanh tăng cứng hiện thời, b) Thanh tăng cứng cải tiến.

Giải pháp 8: Thay thế khung đỡ và các tấm che từ vật liệu inox 304 hiện thời bằng vật liệu nhựa PP.



Hình 7. a) Cụm khung và nắp che ở thiết bị lọc hiện thời, b) Cụm khung kết hợp nắp che ở thiết bị lọc cải tiến.

Ứng dụng phương pháp thiết kế đảm bảo độ tin cậy nhằm khắc phục hạn chế 8 nêu trên. Giải pháp sử dụng thép hình inox 304 làm khung, làm các tấm che và liên kết bằng mối hàn vẫn bị ăn mòn hóa học do làm việc trong môi trường nước mặn, đặc biệt là ở các mối hàn. Vì vậy, thay thế bằng khung và tấm che bằng vật liệu nhựa PP để chống ăn mòn, rỉ sét mà vẫn đảm bảo độ cứng vững (Hình 7).

Giải pháp 9: Thiết kế theo module từng cụm chi tiết.

Ứng dụng phương pháp thiết kế theo module và thiết kế đảm bảo chi phí nhằm khắc phục hạn chế 9 nêu trên. Chi phí gia công, lắp ráp thiết bị lọc hiện thời tương đối cao vì thiết kế không theo module, chế tạo rời rạc. Vì vậy, thiết kế theo module từng cụm chi tiết để dễ dàng chế tạo, lắp ráp và loại bỏ được các chi tiết không mang lại giá trị, từ đó, giảm thiểu chi phí gia công, chi phí vật liệu và chi phí lắp ráp: Giảm chi phí vật tư: Giảm số lượng thanh tăng cứng từ 6 thanh inox xuống 2 thanh nhựa, khung đỡ tích hợp lưới lọc nhằm lược bỏ 36 sợi dây siết. Thay đổi vật liệu inox 304 ở cụm khung hiện thời sang vật liệu nhựa PP và thay

đổi kết cấu cụm khung để giảm chi phí đầu tư. Giảm chi phí gia công và lắp ráp: Với thiết kế đảm bảo module, module trống lọc bao gồm 5 chi tiết: khung đỡ, 2 mặt bích và 2 thanh tăng cứng, tích hợp cụm khung thành 6 chi tiết nhựa PP để đồng bộ quy trình gia công cắt laser giữa các chi tiết đã giảm đáng kể chi phí gia công.

2.5. Thiết kế thiết bị lọc cơ học cải tiến

Thiết kế cụm trống lọc:

Mục tiêu trong việc xác định kích thước trống lọc là giảm thiểu diện tích bề mặt của trống mà vẫn đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật.

Dựa theo [12, 13], rút ra được công thức thu gọn liên quan đến lưu lượng, đường kính và chiều dài trống lọc:

$$Q = f_s \cdot \varphi_s \cdot U \cdot \pi \cdot L \cdot D_{\text{trống lọc}} = L \cdot D_{\text{trống lọc}} \cdot 0,041 \quad (1)$$

Từ công thức (1), lập bảng các mức lưu lượng khác nhau để có thể lựa chọn kích thước phù hợp với từng lưu lượng khác nhau.

Sau khi có kích thước của bộ trống lọc với mức lưu lượng yêu cầu 90 m³/h cho hệ thống bể đang lắp đặt tại trang trại Cần Giờ, ta lựa chọn kích thước chiều dài $L = 1$ m và đường kính trống lọc $D = 600$ mm.

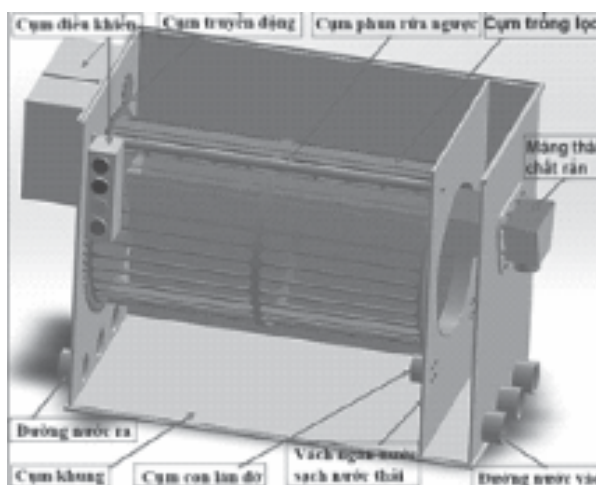
Bảng 1: Bảng các giá trị lưu lượng.

Q (m ³ /h)	W (v/ph)	Cấp lưới lọc (mesh)	Chiều dài trống lọc L (m)	Bán kính trống lọc R (m)	Đường kính trống lọc D (m)
60	12	400	0.7	0.3	0.6
60	12	400	0.8	0.25	0.5
70	12	400	0.7	0.34	0.68
70	12	400	0.8	0.3	0.6
80	12	400	0.8	0.35	0.7
80	12	400	0.9	0.3	0.6
90	12	400	0.9	0.35	0.7
90	12	400	1	0.3	0.6



Mô hình hóa thiết bị lọc cơ học cải tiến:

Mô hình tổng thể của thiết bị lọc cơ học được vẽ trên phần mềm SolidWorks được thể hiện trong Hình 8, dựa trên sự tham khảo từ các hãng cung cấp thiết bị lọc hàng đầu thế giới [14], [15], [16].



Hình 8. Mô hình tổng thể các cụm được cải tiến.

2.6. Tính toán chi phí sản xuất thiết bị lọc cơ học

Chi phí sản xuất cụm trống lọc, cụm khung, cụm truyền động của thiết bị lọc hiện thời và thiết bị lọc cải tiến được so sánh trong bảng 2.

Bảng 2. Chi phí sản xuất của thiết bị lọc trước cải tiến và sau cải tiến:

Các kết quả cần đánh giá	Thiết bị lọc hiện thời		Thiết bị lọc cải tiến	Kết quả cải tiến
Tổng chi phí gia công và lắp ráp (đồng)	Cụm trống lọc	2.217.424	1.849.712	Giảm được 367.712 đồng, tương đương giảm 16,58%
	Cụm khung	5.312.000	3.827.500	Giảm được 1.484.500 đồng
	Cụm truyền động	3.951.660	3.206.660	Giảm được 745.000 đồng, tương đương giảm 18,85%
	Tổng cộng	11.481.084	8.883.872	Giảm được 2.597.212 đồng, tương đương giảm 22,6 %

3. KẾT QUẢ CẢI TIẾN VÀ THẢO LUẬN

Bài báo này đã giải quyết được một số hạn chế như: Bộ truyền xích bị rỉ sét trong một thời gian ngắn sử dụng; thanh tăng cứng bị bong ra giữa hai mặt xích; tốn nhiều thời gian để cố định 36 sợi dây siết thủ công; hai mặt xích inox 304 bị rỉ sét. Bằng cách phân tích các nguyên nhân gốc rễ, từ đó, ứng dụng các phương pháp DFX, tinh gọn và một số nguyên tắc của TRIZ để cải tiến thiết bị lọc cơ học.

Các kết quả đạt được như sau:

Về thời gian gia công, lắp ráp: Rút ngắn thời gian gia công và lắp ráp, giảm đi 4.43 giờ tương đương với giảm 78,99% thời gian.

Về chi phí sản xuất: Tổng các chi phí gia công, lắp ráp thiết bị lọc cơ học cải tiến là 8.883.872 đồng, giảm được 2.597.212 đồng so với thiết bị hiện thời, tương đương với việc đã giảm được 22,6%.

Về khả năng chế tạo và lắp ráp: Số lượng các chi tiết được giảm đáng kể, module hóa thành những cụm chi tiết giúp dễ dàng lắp đặt. Dẫn đến quá trình chế tạo và lắp ráp trở nên dễ dàng, nhanh chóng kéo theo thời gian, chi phí gia công, lắp ráp giảm xuống.

Về độ tin cậy: Thay thế vật liệu inox 304 bằng nhựa PP và nhựa POM. Điều này giúp thiết bị lọc cải tiến đảm bảo đủ bền, tuổi thọ được gia tăng.

Về đảm bảo khả năng bảo trì: Sử dụng các liên kết khác đảm bảo tháo lắp dễ dàng, đảm bảo khả năng bảo trì dễ dàng thiết bị lọc cơ học.

Về hướng phát triển: Việc ứng dụng thiết bị lọc cơ học dạng trống để giảm chi phí sản xuất, cải thiện an toàn sinh học và giảm thiểu ô nhiễm môi trường là hướng đi tất yếu của ngành nuôi tôm nói riêng và của ngành thủy sản nói chung trong điều kiện các nguồn lực tự nhiên ngày càng hạn hẹp do các điều kiện tự nhiên, xã hội và môi trường. Thiết bị có thể được ứng dụng rộng rãi trong xử lý nước cấp với nhiều quy mô và mục đích khác nhau, phù hợp với nhiều đối tượng đầu tư khi chi phí sản xuất thấp và đảm bảo các yêu cầu về chức năng, kỹ thuật, chất lượng và chi phí.

4. KẾT LUẬN

Dựa trên phân tích những hạn chế của thiết bị lọc cơ học dạng trống ảnh hưởng đến những yêu cầu về chức năng, kỹ thuật, chất lượng và chi phí. Ứng dụng các phương pháp DFX, Lean và TRIZ trong thiết kế cải tiến cụm truyền động, cụm trống lọc và cụm khung đã cho thấy những kết quả khả quan. Trong tương lai, cần tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện thiết kế dựa vào phương pháp trên theo khuynh hướng giảm giá thành và tăng chất lượng, tạo điều kiện thuận lợi cho nhà đầu tư là những người nuôi tôm quy mô vừa và nhỏ vẫn có thể dễ dàng tiếp cận thiết bị tiên tiến và những công nghệ mới.

Lời cảm ơn:

Xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này.❖

Ngày nhận bài: 27/10/2022.

Ngày phản biện: 11/11/2022.



Tài liệu tham khảo:

- [1]. Qian Lu, Pei Han, Yan Xiao, Tonggui Liu, Fufeng Chen, Lijian Leng, Hui Liu, Wenguang Zhou, “*The novel approach of using microbial system for sustainable development of aquaponics*”, Journal of Cleaner Production, 2019.
- [2]. Ecomax; *Ứng dụng công nghệ ozone trong hệ thống nuôi trồng thủy, hải sản*, 17/01/2020.
- [3]. Microscreen Drum Filter, SENECT Aquaculture Drum Filter Catalogue.
- [4]. Mechanical Filters AKVA Group, *Effective and reliable partical filtration Catalogue*.
- [5]. Monsi ha N. Brown, Aurelio Briones, James Diana, Lutgarde Raskin, “*Ammoniaoxidizing archaea and nitrite-oxidizing nitrospiras in the biofilter of a shrimp recirculating aquaculture system*”, Federation of European Microbiological Societies, 2012.
- [6]. Lai Qiuming, Yuan Derun, Liu Liping, James S. Diana, “*Study on the Effectiveness of a Pond-Based Recirculating System for Shrimp Culture*”, INVESTIGATIONS 2009–2011, pp. 53-59, 2011.
- [7]. Xiaoyan Liu, Xuekui Xu, Weining Wu, Fabian Herz, Eckehard Specht, “*A simplified model to calculate the power draw for material movement in industrial rotary kilns*”, Powder Technology, vol. 301, pp. 1294-1298, 2016.
- [8]. Dana Crowe & Alec Feinberg, *Design for reliability*, NXB JerryC, Whitaker Technical Press Morgan Hill, California. 2001.
- [9]. Francesca Tosi, *Design for Ergonomics*, Springer Nature Switzerland AG, 2020.
- [10]. Bingbing Zhong, 2022, *Loading capacity of POM gear under oil lubrication*, Bulletin of the JSME, Vol.16, No.1.
- [11]. Đoàn Thị Thu Loan, 2022; *Nghiên cứu cải thiện độ bền va đập của nhựa Polypropylene*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, 4, 58-62.
- [12]. Nancy Greencorn, “*Master thesis: Novel Design Methodology For Rotary Drum*”, The University Of New Brunswick, 2009.
- [13]. James C. Armour, Joseph N. Cannon, *Fluid flow through woven screens*, American Institute of Chemical Engineering Journal, 14, 415-420.1968.
- [14]. Microscreen Drum Filter, *ProfiDrum Drum Filters Catalogue*.
- [15]. Microscreen Drum Filter, *Trome Drum Filters Catalogue*.
- [16]. Microscreen Drum Filter, *FREE Drum Filters Catalogue*.