

Bảng 2. Số hành trình của bơm

tt	Áp suất không khí, kG/cm <sup>2</sup>	Số hành trình /ph		
		Áp suất nước là 20 kG/cm <sup>2</sup>	Áp suất nước là 30 kG/cm <sup>2</sup>	Áp suất nước là 40 kG/cm <sup>2</sup>
1	2	44	34	30
2	2,5	46	36	34
3	3	48	38	36

Theo yêu cầu áp suất không khí nén dẫn động động cơ trong khoảng 2÷4 kG/cm<sup>2</sup>, áp suất nước do bơm piston tạo ra khoảng 30÷50 kG/cm<sup>2</sup>, thì lưu lượng của bơm nước đạt khoảng 100÷120 lít/h. Nên hiệu chỉnh đường kính trong ống cấp không khí nén tăng lên 8 mm (thay ống dẫn không khí có  $\phi = 8$  mm) và kết quả đo thử nghiệm do Trung tâm kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng Hải Phòng thực hiện được ghi trong bảng 3.

Bảng 3. Lưu lượng nước do bơm cung cấp

tt	Áp suất không khí, Mpa	Áp suất nước, bar	Lưu lượng nước ra, lít/h
1	0,35 Mpa	30	130
2	0,35 Mpa	40	125
3	0,35 Mpa	50	116

#### 4. Kết luận

Nhóm nghiên cứu đã thiết kế và chế tạo được bơm nước áp lực cao 50 bar, sản lượng nước là 116 lít/h. Bơm được dẫn động nhờ một động cơ sử dụng năng lượng khí nén áp lực khoảng 2÷4 kG/cm<sup>2</sup>.

Trong trường hợp không có nguồn không khí nén để cung cấp cho động cơ dẫn động bơm thì có thể sử dụng năng lượng của sóng biển hoặc năng lượng do con người tạo ra, năng lượng này tác dụng trực tiếp lên cán piston của bơm (khi này động cơ sử dụng năng lượng khí nén được tháo ra).

Để tăng sản lượng của nước có thể ghép song song nhiều bơm với nhau.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Thiết Hùng, Lọc nước biển thành nước ngọt tinh khiết, <http://www.baomoi.com>.
- [2] Resato High pressure technology, [www.Resato.com/highpressure](http://www.Resato.com/highpressure).
- [3] Kỹ thuật xử lý bằng màng thấm thấu ngược RO, <http://xulymoitruong.com>.
- [4] So sánh công nghệ lọc nước RO và Nano, <http://toana.vn>, 09/07/2013 12:07:00.

Người phản biện: PGS.TSKH. Đỗ Đức Lưu, TS. Trần Hồng Hà

## TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ BỘ KẾT HỢP DẦU HIỆU QUẢ TRONG MÁY PHÂN LY DẦU NƯỚC TÀU THỦY CALCULATE AND DESIGN AN EFFECTIVE COALESCER IN THE MARINE OILY-WATER SEPARATOR

TS. TRẦN HỒNG HÀ, PGS.TS. NGUYỄN HỒNG PHÚC  
Khoa Máy tàu biển, Trường ĐHHH Việt Nam  
NGUYỄN VIỆT ĐỨC  
Lữ Đoàn 649, Cục Vận Tải, Tổng Cục Hậu Cần

#### Tóm tắt

Ô nhiễm dầu là một trong những ô nhiễm nghiêm trọng gây ảnh hưởng lớn đến môi trường biển. Theo Marpol 73/78 hàm lượng dầu trong nước thải ra không được vượt quá 15 ppm. Do vậy nước la canh trước khi xả xuống biển phải được xử lý dầu qua máy phân ly. Bầu kết hợp dầu là một chi tiết rất quan trọng trong máy phân ly dầu nước la canh, việc lựa chọn vật liệu và chế tạo bầu kết hợp là khâu rất quan trọng khi thiết kế hệ thống phân ly hiệu quả, bài báo giới thiệu phương pháp thiết kế bầu kết hợp và được thử

nghiệm để phân ly dầu trong nước trên các tàu nhỏ, kết quả cho thấy hàm lượng dầu trong nước nhỏ hơn 15 ppm đạt yêu cầu của các TCVN và quốc tế.

### Abstract

Oil pollution is one of most serious disaster, its effect on marine environment. In the Marpol 73/78 regulations, oil concentration in bilge water is not allowed over 15ppm. Therefore, bilge water must be treated before discharge overboard. Coalescer is an important part of oily water separator, material selection and coalescer design are important steps in making an effective oil separating system. The article introduces a method to design coalescer and experiments that were carried out on small ships. The results show that oil concentration in treated bilge water was smaller than 15ppm respect to requirements of Vietnam and international standards.

**Key words:** Separator, bilge water, coalescer.

### 1. Đặt vấn đề

Tại Việt Nam hiện vẫn chưa có một cơ sở nghiên cứu hay chế tạo nào sản xuất máy phân ly dầu nước sử dụng trên các tàu vừa và nhỏ do vậy mỗi ngày có hàng trăm ngàn tàu thuyền đã xả một lượng lớn nước la canh nhiễm dầu ra môi trường không hề qua xử lý. Các sự cố tràn dầu trên biển luôn thu hút sự chú ý của các cơ quan quản lý và truyền thông. Thực trạng này đang gây tổn thất kinh tế lớn cho các vùng nuôi trồng thủy sản cũng như ảnh hưởng lâu dài tới hệ sinh thái và đa dạng sinh học biển, ảnh hưởng tiêu cực đến sự phát triển bền vững biển Việt Nam.

Theo thiết kế của các nhà máy sản xuất, trong các máy phân ly dầu nước lực trọng trường được sử dụng để xử lý nước lẫn dầu trước khi sử dụng bộ kết hợp. Trong thiết bị này, sự khác nhau về tỷ trọng giữa hai chất lỏng làm cho việc phân tách trở nên dễ dàng hơn. Các hạt nổi lên hoặc chìm xuống bị hạn chế do các lực ma sát gây ra bởi độ nhớt của nước. Lực tách hạt dầu ra khỏi nước được gọi là lực phân ly Stock. Công thức tính vận tốc lắng được sử dụng theo công thức sau [1]:

$$v_i = 1.78 \cdot 10^{-6} \frac{\Delta SG \cdot d^2}{\mu} \quad (1.1)$$

Trong đó:

$v_i$ : vận tốc lắng; (Viết hoa chữ V)

$d$ : đường kính hạt; (Viết hoa chữ Đ)

$\Delta SG$ : độ chênh về tỷ trọng giữa nước và dầu; (Viết hoa chữ Đ)

$\mu$ : độ nhớt động học, Cst; (Viết hoa chữ Đ, thay dấu ; bằng dấu .)

Kích thước của bình phân ly chứa bầu kết hợp dựa vào các yếu tố: 1. Tốc độ lắng của hạt có kích thước nhỏ nhất; 2. Lực quán tính tác động lên hạt do vận tốc của hỗn hợp dầu-nước trong bình chứa. Để tách được các hạt dầu có kích thước tối thiểu khoảng 75-300  $\mu\text{m}$ . Lực phân tách Stock kích thước của bình chứa phải đảm bảo dòng chảy tầng; dòng chảy rối là nguyên nhân hòa trộn trở lại. Thời gian lưu lại phải đủ lâu theo yêu cầu, có thể mất 5, 10 hoặc 30 phút để phân tách tùy theo tính chất vật lý của dòng chảy. Các bộ kết hợp được sử dụng để tăng tốc độ kết hợp các hạt dầu nhỏ để hình thành các hạt có kích thước lớn hơn. Khi các hạt dầu tăng kích thước lớn hơn sẽ làm tăng lực nổi và yêu cầu thời gian lưu lại của dòng nước nhỏ hơn.

### 2. Tính toán lựa chọn vật liệu cho bộ kết hợp

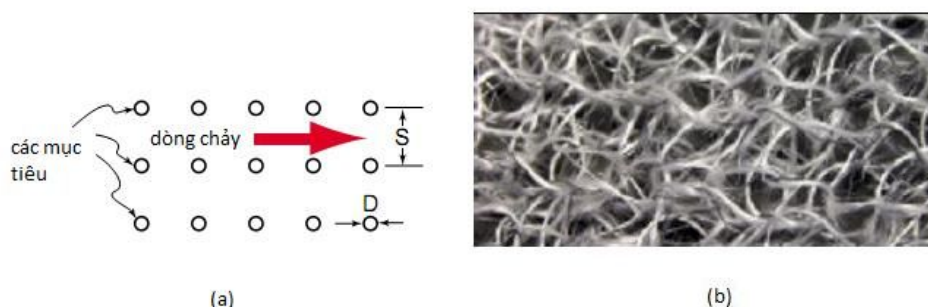
Trong bầu kết hợp hiệu quả bắt dính các hạt dầu có kích thước nhỏ chủ yếu do va chạm trực tiếp giữa hạt dầu và bầu kết hợp. Công thức sau có thể tính khả năng bắt dính các hạt dầu của một mục tiêu. Từ đó tính được chiều dài của phần tử kết hợp cần thiết để có thể kết hợp hoàn toàn được các hạt dầu có kích thước nhỏ [1]:

$$\eta_D = \frac{E(1-\alpha) \left(\frac{d}{D}\right)^2}{K \left(1 + \frac{d}{D}\right)} \quad (1.2)$$

Trong đó:

$\eta_D$ : hiệu quả bắt dính của một mục tiêu đơn bằng va chạm trực tiếp; E: Hệ số chiều dài bắt dính hiệu quả;  $\alpha$ : Hệ số thể tích; d: đường kính của hạt dầu; K: hệ số thủy động Kuwabara.

Hệ số thủy động của Kuwabara dùng để hiệu chỉnh hiệu suất bắt dính được giả thiết trong môi trường dòng chảy tầng và chất lỏng thực. Hệ số chiều dài bắt dính hiệu quả E là một hệ số thực nghiệm được đưa vào khi dòng chảy phân bố không đều do mục tiêu có biên dạng cong hoặc lỗi lõm như trong vật liệu bằng len hoặc bị chắn bởi các khúc cong của mắt lưới bên và các sợi dây xoắn trong bó sợi làm bộ kết hợp. Trong hình 1.1 một bộ kết hợp lý tưởng làm bằng sợi thấy các dây sợi có E = 1 trong bộ kết hợp. Các sợi mảnh hơn tạo hiệu quả chắn tốt hơn và có giá trị E nhỏ hơn. Các hệ số thực nghiệm được lựa chọn theo vật liệu như trong tài liệu tham khảo [1]



Hình 1.1 Bộ kết hợp được sử dụng sợi [1]

Đối với một bộ kết hợp hoạt động chủ yếu nhờ va chạm thực tế thì hiệu quả kết hợp có thể lên tới 99.9% các hạt dầu có kích thước nhỏ. Đối với các hạt dầu có kích thước nhỏ, thực nghiệm cho thấy khoảng một nửa đường kính của mục tiêu bắt dính hiệu quả có thể thay thế bằng công thức tính chiều dài hiệu quả L như sau [1]:

$$L = \frac{\pi D(1-\alpha) \ln(1-\sum)}{-4\eta_D \alpha} \quad (1.3)$$

Trong đó:

$\Sigma$ : Hiệu quả bắt dính do va chạm thực tiếp; L: Chiều dài của bộ kết hợp để kết hợp được toàn bộ các hạt có kích thước nhỏ.

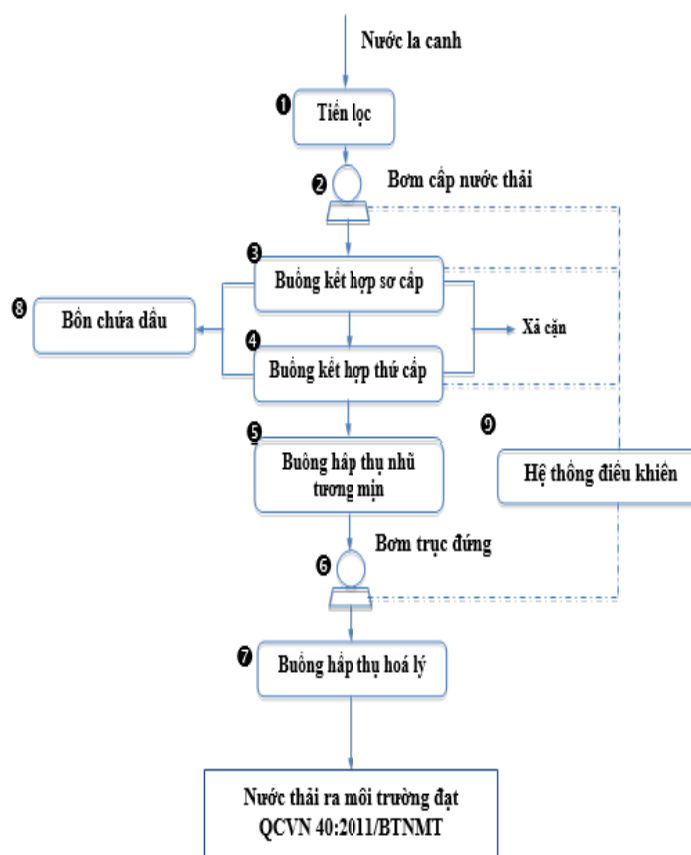
Như trong hình 1.1 các bộ kết hợp làm việc theo nguyên lý va chạm trực tiếp làm bằng các sợi dây thép nhỏ hoặc các sợi thủy tinh nhỏ. Các yếu tố sử dụng trong công thức trên thích hợp với các hạt dầu có kích thước nhỏ. Trong bó sợi các mắt bên chiếm 1/3 hệ số thể tích của bó sợi nhưng chỉ có một vài phần trăm tạo ra bề mặt chắn do đó đối với mục đích bảo toàn, các hệ số đưa ra trong bảng không được tính đến hệ số khác.

Bảng 1. Xét ảnh hưởng của kích thước hạt dầu tới chiều dài thiết kế của bầu kết hợp

Đường kính của sợi D ( $\mu\text{m}$ )	Kích thước của hạt dầu d ( $\mu\text{m}$ )	Hệ số $\alpha$	Hệ số thực nghiệm E	Hệ số thủy lực Kuwabara K	Hiệu suất va chạm trực tiếp	Chiều dài của bộ kết hợp L (mm)
8.9	4.5	0.037	0.04	0.935	0.00647	194
8.9	5	0.037	0.04	0.935	0.00770	163
8.9	6	0.037	0.04	0.935	0.01034	121
8.9	7	0.037	0.04	0.935	0.01319	95
8.9	8	0.037	0.04	0.935	0.01621	77
8.9	9	0.04	0.04	0.899	0.02172	53

Kết quả tính cho thấy khi chọn vật liệu cho bầu kết hợp là sợi thủy tinh, đường kính hạt dầu nhỏ nhất có thể bắt dính là  $4\mu\text{m}$ . Dựa vào cơ sở này nhóm nghiên cứu đã thiết kế bộ kết hợp sử dụng trong máy phân ly dầu nước thử nghiệm tại viện kỹ thuật Hải Quân.

### 3. Cấu tạo hệ thống xử lý



Hình 1.2. Sơ đồ cấu tạo hệ thống xử lý nước la canh đề xuất thiết kế [2]

Hệ thống xử lý đề xuất có thiết kế nối tiếp một số modul tách dầu nước với khả năng tách dầu khỏi nước khác nhau, bao gồm hai modul tách dầu khỏi nước theo nguyên lý kết hợp, một modul tách dầu khỏi nước theo nguyên lý hấp thụ và một modul xử lý nước sau khi tách khỏi dầu theo nguyên lý kết hợp. Hình 1.2 là sơ đồ cấu tạo hệ thống xử lý đề xuất.

Cấu tạo và chức năng hoạt động các cấu kiện thiết bị như sau:

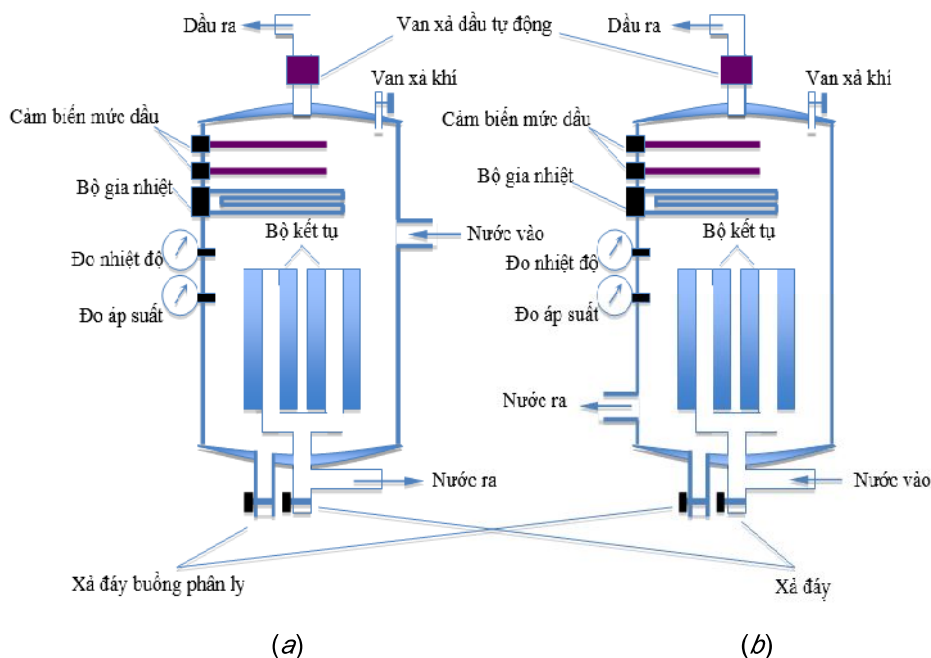
1. **Bộ lọc thô (tiền lọc):** sử dụng lọc tách rác, hạt rắn kích thước lớn, công suất thiết kế  $1\text{m}^3/\text{giờ}$ . Bộ lọc thô là dạng lọc lưới với kích thước mắt lưới  $0,2 \times 0,2\text{mm}$ .

2. **Bơm cấp nước thải** (bơm pittong trục ngang): Bơm chế tạo từ vật liệu thép đặc biệt chống được sự ăn mòn của nước biển, vận hành bằng mô tơ điện 3 pha. Bơm có chức năng hút nước lakanh từ bồn chứa qua bộ lọc thô và đẩy vào thiết bị tách dầu nước phía sau.

3. **Buồng kết hợp sơ cấp:** Chế tạo bằng thép các bon phủ sơn chống gỉ. Cấu trúc bên trong bao gồm buồng kết hợp và buồng chứa dầu được thiết kế lắp đặt theo chiều từ đáy lên đỉnh. Buồng được trang bị giám sát áp suất hoạt động, bộ phận gia nhiệt có điều khiển, van xả dầu tự động, các cảm biến dầu mức cao và mức thấp. Vật liệu chế tạo lõi kết hợp cho buồng kết hợp sơ cấp làm bằng sợi thủy tinh. Buồng kết hợp sơ cấp có chức năng tách dầu khỏi nước với đường kính giọt nhũ tương dầu cực đại cho phép tách trong dải  $50\text{-}300\mu\text{m}$ .

Buồng kết hợp sơ cấp được chế tạo với 6 lớp lưới sợi thủy tinh, mỗi cuộn lưới kết hợp có chiều cao trụ  $60\text{cm}$ , đường kính  $20\text{cm}$ . Buồng kết hợp có đường kính  $51,5\text{cm}$  và cao  $1,2\text{m}$ .

4. *Buồng kết hợp thứ cấp*. Chế tạo bằng thép các bon phủ sơn chống gỉ. Kích thước tương tự kích thước buồng kết hợp sơ cấp. Các trang bị cấu kiện khác cũng tương tự buồng kết hợp sơ cấp, chỉ khác vật liệu chế tạo bộ kết hợp có kích thước mắt lưới nhỏ hơn và được chế tạo để có khả năng kết hợp giọt nhũ tương mịn hơn (kích thước nhỏ hơn) so với khả năng của buồng kết hợp sơ cấp. Vật liệu chế tạo lõi kết hợp cho buồng kết hợp thứ cấp là sợi thủy tinh đã biến tính bề mặt tương thích sức căng bề mặt của dầu, kích thước mắt lưới 1 x 1mm, đường kính giọt nhũ tương dầu cực đại cho phép tách 20 - 200 $\mu$ m.



Hình 1.3. Cấu tạo buồng kết hợp (a) sơ cấp và (b) thứ cấp [2]

Buồng kết hợp thứ cấp cũng được chế tạo với 2 cuộn bộ kết hợp. Kích thước hai cuộn lưới bộ kết hợp và kích thước buồng kết hợp thứ cấp tương tự các chỉ số cấu tạo buồng kết hợp sơ cấp đã nêu trên. Hình 1.3 miêu tả cấu tạo 2 buồng kết hợp.

Với thiết kế của hai buồng kết hợp kể trên, kết quả thử nghiệm cho thấy nước lanch sau khi đi qua cả hai bộ kết hợp đã giảm được nồng độ dầu xuống dưới 30mg/l5. *Buồng hấp thụ nhũ tương mịn*. Vật liệu hấp thụ được sản xuất từ 100% sợi tái chế của ngành công nghiệp dệt, sợi vải có khả năng lọc dầu, vẩn dầu, các chất thải nhiễm dầu trong nước (bất kể nước ngọt hay nước mặn) và ở đây được sử dụng lọc tách phân nhũ tương dầu còn lại trong nước sau khi đi qua buồng kết hợp thứ cấp. Buồng chế tạo bằng thép không gỉ, công suất lọc thiết kế cho lưu lượng 1m<sup>3</sup>/giờ. Các tấm lọc hấp thụ nhũ tương dầu mịn có độ dày 5mm, độ xốp 92-96%, kích thước khe hở biểu kiến 100-140 $\mu$ m; đường kính giọt nhũ tương dầu cực đại cho phép tách 1-25 $\mu$ m.

Buồng hấp thụ nhũ tương mịn có cấu trúc gồm hai buồng dung tích tương đương kích thước 0,4m x 0,4m x 0,8m, một buồng chứa các tấm lọc và buồng còn lại chứa nước lọc sau khi hấp thụ nhũ tương dầu mịn. Trong buồng hấp thụ nhũ tương mịn lắp 14 tấm lọc kích thước 0,4 x 0,4m (0,16m<sup>2</sup>). Tổng diện tích bộ lọc hấp thụ 2,24m<sup>2</sup>.

Chỉ số kỹ thuật tấm lọc hấp thụ là đạt được khối lượng dầu hấp thụ tối đa gấp 20 lần khối lượng tấm lọc (khối lượng tấm lọc 0,43kg/m<sup>2</sup>). Như vậy khối lượng dầu tối đa 14 tấm lọc giữ được là 19,264kg. Đặt giả thiết các tấm lọc thực tế đạt được 80% khả năng hấp thụ dầu theo lý thuyết. Vậy khối lượng dầu giữ được sẽ là 15,41kg.

Các tấm lọc trong buồng hấp thụ được xếp chồng lên nhau, với đặc trưng của tấm lọc là sau khi tấm phía trên bão hoà dầu thì tấm phía dưới mới phát huy tác dụng hấp thụ. Vì thế khi cả 14 tấm lọc bão hoà dầu và đặt giả thiết nước thải đầu vào buồng hấp thụ nhũ tương mịn luôn ở mức nồng độ dầu 30mg/l thì sẽ có 500m<sup>3</sup> nước la canh được xử lý trước khi phải vệ sinh, bảo dưỡng tái sử dụng các tấm lọc.

Bảng 2. Kết quả xác định thông số ô nhiễm sau xử lý trên hệ thống thử nghiệm [2]

TT	Chỉ tiêu	Phương pháp thử	Đơn vị	Kết quả						QCVN 40:2011 /BTNMT (Cột B) <sup>(1)</sup>
				Trước xử lý	Sau xử lý					
				TB 03 mẫu	K4	K5	K6	K7	K8	
4	BOD	SMEWW 5210B:2012	mg/l	-	23	22	22	20	20	50
12	Tổng dầu mỡ khoáng	SMEWW 5520B: 2012	mg/l	437	2,90	2,75	2,70	1,82	1,81	10
16	Asen	EPA 200.8 Rev.5.4.199 4	mg/l	0,033	0,007	0,006	0,005	0,005	0,006	0,1
22	Thủy ngân	EPA 200.8 Rev.5.4.199 4	mg/l	0,004	0,0005	0,0005	0,0004	0,0002	0,0002	0,01
23	Niken	EPA 200.8 Rev.5.4.199 4	mg/l	0,076	0,012	0,011	0,010	0,012	0,012	0,5
24	Coliform	SMEWW 9222B: 2012	vi khuẩn /100 ml	-	0	0	0	0	0	5000

**Nguồn:** Trung tâm Quan trắc - Phân tích Môi trường biển (Tháng 9/2013)

**Ghi chú:**

<sup>(1)</sup> QCVN 40:2011/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước thải công nghiệp. Nguồn tiếp nhận nước thải là hệ thống thoát nước đô thị, khu dân cư; sông, suối, khe, rạch; kênh, mương; hồ, ao, đầm; vùng nước biển ven bờ có mục đích sử dụng xác định. Cột B quy định giá trị của các thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp khi xả vào nguồn nước không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt.

- Mã hiệu K4: Nước lã sau khi qua hệ thống xử lý (lấy ngày 20/8/2013) (thêm dấu;)
- Mã hiệu K5: Nước lã sau khi qua hệ thống xử lý (lấy ngày 1/9/2013) (thêm dấu;)
- Mã hiệu K6: Nước lã sau khi qua hệ thống xử lý (lấy ngày 8/9/2013) (thêm dấu;)
- Mã hiệu K7: Nước lã sau khi qua hệ thống xử lý (lấy ngày 15/9/2013) (thêm dấu;)
- Mã hiệu K8: Nước lã sau khi qua hệ thống xử lý (lấy ngày 25/9/2013) (thêm dấu.)

**3. Kết luận**

Trên cơ sở mô hình đó, thiết kế và thử nghiệm bầu kết hợp trong máy phân ly dầu nước nhóm nghiên cứu rút ra kết luận sau:

Vật liệu sử dụng trong bầu kết hợp theo tính toán lý thuyết là loại sợi thủy tinh có thể kết hợp được các hạt dầu có đường kính nhỏ tới 4  $\mu\text{m}$ . (thay bằng dấu;)

Hiệu quả của sự kết hợp là tăng cường khả năng va chạm giữa hạt dầu và vật liệu làm bộ kết hợp. Với các mẫu thử nghiệm hiệu quả phân ly có thể đạt tới, tương đương với lượng dầu được giảm xuống tới mức yêu cầu. Kết quả phân tích trung bình 5 mẫu nước thải sau xử lý cho thấy đã giảm nồng độ xuống dưới ngưỡng cho phép, đặc biệt là các thông số COD giảm 309 lần từ 8486mg/l xuống 27,4mg/l, tổng chất rắn lơ lửng giảm 13 lần từ 411mg/l xuống 31mg/l; tổng dầu mỡ khoáng giảm 187 lần từ 437mg/l xuống 2,34mg/l.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Liquid-liquid coalescers design manual, ACS industries, ACS separations and mass transfer products, LP Houston, Texas, U.S.A, www.acsseparations.com.
- [2] Kết quả đề tài nghiên cứu của viện kỹ thuật Hải Quân về máy phân ly dầu nước.

**Người phản biện:** PGS.TSKH. Đỗ Đức Lưu, PGS.TS. Phạm Hữu Tân