

# XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA MÁY KHUẤY TẠO BÔNG Bùn TRONG TỔ HỢP MÁY TÁCH NƯỚC KHỎI Bùn ĐA Đĩa

Cao Thành Dũng<sup>a</sup>, Phạm Văn Minh<sup>a,\*</sup>, Lưu Đức Thạch<sup>a</sup>, Đỗ Văn Nhật<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 04/12/2023, Sửa xong 29/01/2024, Chấp nhận đăng 21/02/2024

## Tóm tắt

Các thông số cơ bản của máy khuấy tạo bông bùn ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất khuấy và hiệu quả tạo bông bùn phục vụ cho tổ hợp máy tách nước khỏi bùn sử dụng máy ép trục vít đa đĩa. Bài báo tập trung vào nghiên cứu cấu tạo và đặc điểm làm việc của máy khuấy tạo bông bùn, xây dựng các công thức xác định các thông số cơ bản của máy khuấy. Sau đó mối quan hệ giữa các thông số cơ bản được khảo sát và được mô phỏng bằng các đồ thị như mối quan hệ giữa đường kính cánh khuấy với số vòng quay trục, bán kính tác dụng hiệu quả của cánh khuấy và thời gian khuấy, mối quan hệ lưu lượng với hệ số chênh lệch cột áp. Từ các đồ thị đó và điều kiện thực tế yêu cầu, các thông số cơ bản của máy khuấy tạo bông bùn được phân tích và xác định phù hợp. Đây là tiền đề cho việc thiết kế và chế tạo máy khuấy tạo bông bùn đảm bảo làm việc đồng bộ trong dây chuyền ép bùn thải đô thị.

*Từ khoá:* máy khuấy; máy khuấy tạo bông bùn; tổ hợp máy ép bùn tách nước; công nghệ ép bùn tách nước; xử lý bùn thải.

DETERMINE THE SPECIFICATIONS OF THE SLUDGE FLOCCULATION STIRRER IN THE COMBINATION OF THE MULTI-DISK SLUDGE DEWATERING MACHINE

## Abstract

The productivity and efficiency of the sludge flocculation for the combination of the sludge dewatering machine using the multi-disk screw press machine are directly affected by the specifications of the sludge flocculation stirrer. The article focuses on studying the structure and operating characteristics of a sludge flocculation stirrer, and developing formulas to determine its basic parameters. From there, the relationship among the basic parameters is investigated and simulated by graphs such as: the relationship between the stirring impeller diameter and its rotations; the relationship between the effective radius of the stirring impeller and the stirring time; the relationship between the flow and pressure difference coefficient. From those graphs and the actual required conditions, the basic parameters of the sludge flocculation stirrer are analyzed and determined accordingly. This is the premise for designing and manufacturing the sludge flocculation stirrer to ensure synchronous operation in the urban sludge pressing line.

*Keywords:* stirrer; sludge flocculation stirrer; sludge dewatering machine combination; dewatering sludge press technology; sludge treatment.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce2024-18\(3V\)-08](https://doi.org/10.31814/stce.huce2024-18(3V)-08) © 2024 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

## 1. Giới thiệu

Trong quá trình hoạt động sinh hoạt và sản xuất công nghiệp của con người phát sinh ra nhiều loại rác thải, trong đó có các loại bùn thải (bùn thường là lớp chất rắn lơ lửng hình thành ở đáy của bể lắng). Việc xả chất thải dưới dạng bùn thải ra ngoài môi trường theo từng ngày và từng giờ, lượng

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [minhvp@huce.edu.vn](mailto:minhvp@huce.edu.vn) (Minh, P. V.)

bùn thải này không được xử lý kịp thời sẽ tích tụ lại. Sau một khoảng thời gian, các vi sinh vật và hóa chất có chứa trong đó bắt đầu phân hủy gây ô nhiễm về không khí tạo ra mùi hôi thối khó chịu [1]. Bên cạnh đó, bản chất bùn thải đã chứa nước khi bị phân hủy chúng sẽ hòa vào nước, sau đó thẩm thấu đi xuống lòng đất xâm nhập vào khu vực nước ăn hình thành sự ô nhiễm nguồn nước làm ảnh hưởng nghiêm trọng tới hệ sinh thái và sức khỏe cộng đồng. Do đó việc xử lý bùn thải là nhiệm vụ cấp thiết. Cụ thể hơn, mục đích của xử lý bùn là để ổn định bùn, loại bỏ các thành phần hữu cơ, làm khô bùn để dễ vận chuyển và sử dụng, khử độc, thu hồi tài nguyên (nhiên liệu, các chất có ích) và tái sử dụng an toàn.

Việc quản lý tổng hợp nguồn tài nguyên từ chất thải cho các đô thị và thu hồi một cách hiệu quả các chất có ích từ bùn thải và các loại chất thải khác mang lại lợi ích kinh tế và giảm lượng khí thải nhà kính là một trong những vấn đề mấu chốt hiện nay để xây dựng các thành phố sinh thái, phát triển đô thị bền vững.

Hiện nay, tùy theo tính chất của bùn thải mà có một số phương pháp xử lý bùn đang sử dụng như xử lý bùn thải bằng cách ổn định bùn cặn, bằng phương pháp tách nước cơ giới hoặc phơi bùn, bằng phương pháp làm khô, bằng phương pháp đốt,... Ở các nước trên thế giới như Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc, Ấn Độ, Châu Âu,... đang sử dụng tổ hợp máy tách bùn đa đĩa để tách nước ra khỏi bùn từ quy mô đơn lẻ đến công nghiệp và mang lại hiệu quả cao, lượng bùn còn lại sau khi đã tách nước có thể đạt được độ ẩm đến 80%.

Trên thế giới đã có một số nghiên cứu về bùn và hệ thống ép bùn tách nước như bùn được phân loại, sau đó các công nghệ khác nhau để xử lý bùn thải đô thị được phân tích và lựa chọn phù hợp [2]; sử dụng máy ép trục vít để lọc các chất thải mịn, không cần giai đoạn làm đặc trước nhưng chỉ phù hợp với chất thải có hàm lượng sét cao [3]; một mô hình trục vít gồm 2 vùng làm việc được mô tả, trong đó vùng đầu thực hiện quá trình trộn tạo bông bùn và vùng sau thực hiện quá trình ép tách nước. Phương pháp này phù hợp tách nước khỏi các sợi làm giấy và bùn đất sét [4]; Hiệu quả của máy ép trục vít đa đĩa được chỉ ra thông qua thử nghiệm ép bùn thải tách nước [5], kết quả của thử nghiệm tăng khoảng 20% khi được so sánh với các phương pháp truyền thống là sử dụng trống hoặc đai ép bùn; thông số hình học của máy ép trục vít sử dụng để ép bã nho tách nước được nghiên cứu [6], thông qua nghiên cứu các thông số tối ưu của trục vít được tối ưu hóa; một mô hình toán học mô tả quá trình ép bùn và tách nước ra bên ngoài được nghiên cứu [7], mô hình đã chỉ ra được khả năng tách nước khỏi bùn để lựa chọn thông số hợp lý cho máy; nghiên cứu thiết kế mô đun và công nghệ cho máy ép trục vít phục vụ cho hệ thống xử lý bùn được thực hiện [8], thông qua nghiên cứu cơ sở thiết kế và đặc điểm của các mô đun đã được lên kế hoạch và thư viện thiết kế mô đun hoàn chỉnh đã được hình thành. Tùy theo đặc điểm bùn và yêu cầu sản xuất, cơ sở dữ liệu được lựa chọn để thiết kế máy.

Các đặc tính của polyme phục vụ cho việc tạo bông bùn khi nó được khuấy trộn đều với bùn được chỉ ra [9], từ đó việc lựa chọn tỷ lệ và loại polyme cho từng loại bùn được xác định nhằm đạt hiệu quả cao.

Có nhiều máy khuấy trộn phục vụ cho các ngành công nghiệp khác nhau đã được nghiên cứu và phát triển. Mục đích chung của các nghiên cứu nhằm cải thiện hiệu quả khuấy trộn, tiết kiệm nhiên liệu, đem lại tính kinh tế và kỹ thuật cao [10]; máy khuấy trộn giữa chất lỏng hòa tan trong chất lỏng cũng được xem xét thông qua phân tích động lực học của dòng chất lỏng [11], thông qua đó có thể đánh giá được sự phân tán của chất lỏng này trong chất lỏng khác; một máy khuấy trộn các loại sơn được thử nghiệm để xác định hiệu quả về thời gian, năng lượng và chất lượng sơn [12], thông qua thử nghiệm này, các chất lỏng khác có thể được áp dụng theo nhằm mang lại hiệu quả cao nhất; máy khuấy trộn cố định được xem xét một cách tổng hợp bao gồm các biến đổi về cả vật lý và hóa học nhằm đem lại năng suất cao và giảm chi phí năng lượng [13], trong đó các vấn đề được quan tâm

chính là mô tả pha trộn và định lượng các thành phần khuấy trộn.

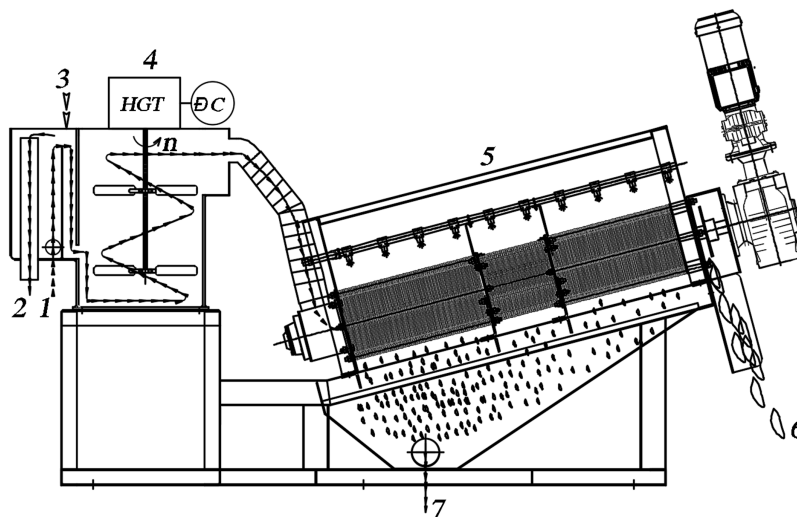
Trong nước đã có một số nghiên cứu về máy khuấy trộn và tổ hợp máy tách nước khỏi bùn đa đĩa, như các biện pháp xử lý bùn của các trạm xử lý nước thải [14, 15]; các quá trình và thiết bị khuấy trong công nghệ được chỉ ra [16–19], thông qua các tài liệu này các kết cấu chung và đặc điểm hoạt động của máy khuấy trộn được xác định.

Mặc dù có nhiều nghiên cứu về máy khuấy trộn nói chung và tổ hợp máy tách nước khỏi bùn đa đĩa, nhưng máy khuấy tạo bông bùn phục vụ trực tiếp trong tổ hợp máy tách nước khỏi bùn đa đĩa chưa được xem xét cụ thể để nâng cao hiệu quả làm việc của máy nói riêng và của cả tổ hợp nói chung. Bài báo này đề xuất các bước tính toán các thông số cơ bản của máy khuấy tạo bông bùn phục vụ cho tổ hợp như số vòng quay hợp lý của trục trộn, công suất động cơ khuấy, lưu lượng bùn cấp và xả, bán kính hiệu quả cánh khuấy và thời gian khuấy.

## 2. Tổ hợp máy tách nước khỏi bùn đa đĩa và mô tả máy khuấy tạo bông bùn

### 2.1. Tổ hợp máy tách nước khỏi bùn đa đĩa

Sơ đồ mô tả tổ hợp máy tách nước khỏi bùn đa đĩa được thể hiện trong Hình 1. Nói chung, tổ hợp có 2 cụm máy chính là máy khuấy tạo bông bùn số 4 và máy ép bùn trục vít đa đĩa tách nước số 5. Trong đó, máy khuấy tạo bông bùn có các đường ống đầu vào là cấp bùn và cấp polyme, các đường ống đầu ra gồm thoát bùn thừa về thùng chứa và chảy bông bùn sang máy ép trục vít đa đĩa. Đối với máy ép trục vít đa đĩa, sau khi máy nhận bông bùn từ máy khuấy thì trục vít sẽ đưa bông bùn di chuyển dọc thân vít. Trong quá trình bông bùn di chuyển dọc theo thân vít nó sẽ bị ép chặt dần do cấu tạo khác nhau của cánh và trục vít. Nước ép ra từ bùn sẽ thoát qua khe nhỏ giữa các đĩa tách nước cố định và di động. Bông bùn di chuyển đến cuối hành trình của vít ép sẽ bị ép hết nước và thu được sản phẩm bùn khô ở vị trí số 6 (độ ẩm bùn còn khoảng 70%).



1- Đường ống cấp bùn; 2- Đường ống thoát bùn thừa; 3- Đường ống cấp polyme; 4- Máy khuấy tạo bông bùn; 5- Máy ép bùn trục vít đa đĩa tách nước; 6- Bánh bùn khô sau khi tách nước; 7- Đường ống thoát nước sau khi tách khỏi bùn

Hình 1. Tổ hợp máy tách nước khỏi bùn đa đĩa

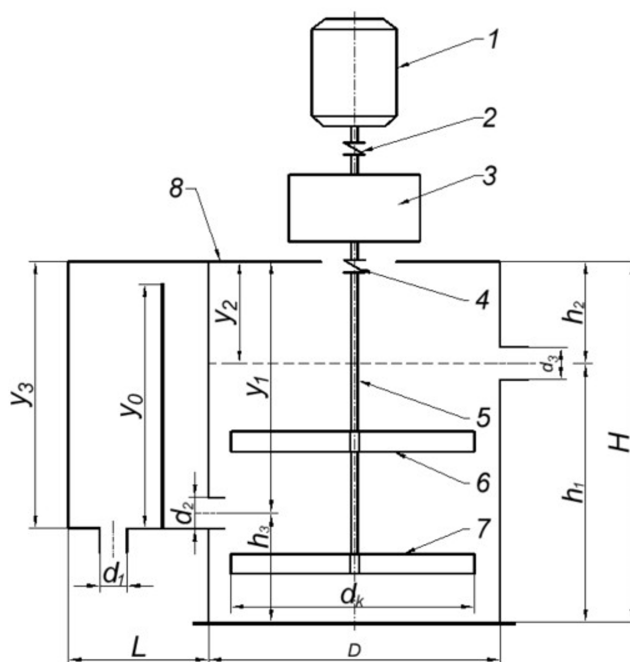
Nói chung dây chuyền ép bùn làm việc theo trình tự sau: bùn từ bể bùn được bơm vào thùng khuấy, đồng thời bơm định lượng bơm polyme từ bể chứa polyme vào thùng khuấy. Sau đó máy khuấy sẽ khuấy đều bùn với polyme tạo bông, với mục đích keo tụ được các vật chất dạng keo lơ lửng, kết bông các chất rắn lơ lửng và làm kết tủa các vật chất hòa tan nhằm tách chúng ra khỏi nước. Sản

phẩm khuấy là bông bùn được đưa đến máy ép trục vít để tách nước và thu hồi bánh bùn. Sau khi hệ thống ngừng làm việc thì hệ thống phun rửa sạch máy ép và các thiết bị được thực hiện để vệ sinh dây chuyền. Bánh bùn sau khi ép được bộ phận vận chuyển đưa ra ngoài dây chuyền.

## 2.2. Mô tả máy khuấy tạo bông bùn

Trong công nghiệp có nhiều loại máy khuấy bằng cơ khí khác nhau, phụ thuộc vào thành phần dạng nguyên liệu khuấy. Đối với máy khuấy tạo bông bùn, trong quá trình khuấy bùn phải cho thêm thành phần polyme là chất hóa học để kết tụ các hạt bùn kích thước nhỏ đang lơ lửng trong dung dịch thành các bông bùn có kích thước to hơn phục vụ cho quá trình ép bùn được dễ dàng, đạt hiệu quả cao (hàm lượng polyme pha vào dung dịch bùn loãng là khoảng 0,2%). Vì vậy, quá trình khuấy trong thùng khuấy của máy ép bùn trục vít bản chất là tạo thể huyền phù dạng rắn. Đây là một quá trình điều khiển lưu lượng, trong đó có sự đảm bảo vận tốc nhất định cho các hạt rắn trong môi trường dị thể, vận tốc này phải lớn hơn vận tốc lắng của phần tử rắn, tạo cho nó trạng thái lơ lửng.

Hàm lượng polyme, lượng bùn đầu vào và các thông số của quá trình khuấy như công suất máy khuấy, thời gian khuấy, tốc độ khuấy, ... phải đảm bảo. Trong đó tốc độ khuấy phải đủ nhanh để khuấy đều nhưng cũng không được quá nhanh vì có thể làm tan các bông bùn, tức là khả năng khuấy đều polyme và tạo bông bùn phải được đảm bảo. Để phù hợp với yêu cầu công nghệ khuấy bùn, máy khuấy cánh dạng tấm được lựa chọn có sơ đồ cấu tạo như Hình 2.



1- Động cơ; 2, 4- Khớp nối trục; 3- Hộp giảm tốc; 5- Trục truyền động; 6, 7- Cánh khuấy; 8- Thùng khuấy

Hình 2. Sơ đồ máy khuấy tạo bông bùn

Nguyên lý làm việc của máy khuấy tạo bông bùn thực hiện từ động cơ 1 truyền động qua khớp nối 2 đến hộp giảm tốc 3 thông qua khớp nối 4 và trục truyền động 5 làm các cánh khuấy 6 và 7 quay. Bùn được máy bơm bùn nạp vào qua cửa nạp bùn có đường kính  $d_1$  chảy vào thùng khuấy 8 qua cửa có đường kính  $d_2$ , đồng thời polyme được cấp vào thùng khuấy 8 theo tỷ lệ khoảng 0,2%. Bùn và polyme được các cánh khuấy 6 và 7 khuấy đều tạo bông bùn. Các bông bùn được tạo ra sẽ nổi lên trên, sau đó chảy tràn qua cửa xả có đường kính  $d_3$  vào máy ép trục vít đa đĩa để tách nước ra khỏi bùn. Quá

trình cấp bùn và polyme xảy ra liên tục, do đó quá trình tạo bông bùn để cấp cho máy ép trục vít đa đĩa cũng xảy ra liên tục.

### 3. Cơ sở lý thuyết xác định các thông số cơ bản của máy khuấy tạo bông bùn

#### 3.1. Xác định số vòng quay hợp lý của cơ cấu khuấy và công suất động cơ khuấy

- Số vòng quay hợp lý của cơ cấu khuấy:

Số vòng quay hợp lý  $n$  (v/ph) của cơ cấu khuấy được xác định theo công thức (1) [20].

$$n = \frac{20v_{th}}{d_k} \quad (1)$$

trong đó  $v_{th}$  là vận tốc đầu cánh tới hạn (m/s);  $d_k$  là đường kính cơ cấu khuấy (m).

- Công suất động cơ khuấy:

Công suất của động cơ khuấy  $N_{dc}$  (W) được xác định theo công thức (2) [20].

$$N_{dc} = \frac{kk_N\rho\omega^3 d_k^5}{\eta_{td}} \quad (2)$$

trong đó  $k$  là hệ số quá tải khi khởi động;  $k_N$  là hệ số công suất;  $\rho$  là khối lượng riêng của bùn ( $\text{kg/m}^3$ );  $\omega$  là vận tốc góc trục khuấy (rad/s);  $\eta_{td}$  là hiệu suất truyền động.

#### 3.2. Lưu lượng bùn qua các lỗ của máy khuấy

- Lưu lượng bùn qua lỗ  $d_2$ :

Lưu lượng bùn  $Q_2$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) qua lỗ  $d_2$  (m) chảy vào vùng khuấy được xác định theo công thức (3).

$$Q_2 = \mu\pi \frac{d_2^2}{4} \sqrt{2gy_2} \quad (3)$$

trong đó  $\mu$  là hệ số lưu lượng;  $g$  là gia tốc trọng trường ( $\text{m/s}^2$ );  $y_2$  là mức bùn chênh lệch giữa 2 bề (m).

- Lưu lượng bùn qua lỗ  $d_3$ :

Lưu lượng bùn  $Q_3$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) qua một nửa lỗ  $d_3$  (m) chảy bông bùn từ thùng khuấy sang máy tách nước khỏi bùn đa đĩa được xác định theo công thức (4).

$$Q_3 = \frac{1}{8}\mu\pi d_3^2 \sqrt{2g \frac{d_3}{2}} \quad (4)$$

#### 3.3. Bán kính tác dụng hiệu quả và thời gian khuấy của cánh khuấy

- Bán kính tác dụng hiệu quả của cánh khuấy:

Bán kính hiệu quả của cánh khuấy  $R_0$  (m) được xác định theo công thức (5) [15].

$$R_0 = 0,15\alpha \sqrt{\frac{747N_{dc}}{0,00211\mu}} \quad (5)$$

trong đó  $N_{dc}$  là công suất động cơ khuấy (kW);  $\alpha$  là hệ số đặc trưng tổn thất do ma sát.

- Thời gian khuấy:

Thời gian khuấy của cánh khuấy  $t_0$  (phút) được xác định theo công thức (6) [15].

$$t_0 = m \frac{v}{0,4nd_k^2 s} \quad (6)$$

trong đó  $m$  là hệ số thực nghiệm;  $v$  là thể tích bùn hòa khuấy ( $m^3$ );  $d_k$  là đường kính cánh khuấy (m);  $s$  là độ nghiêng cánh khuấy được xác định theo công thức (7).

$$s = \pi d_k \beta \tag{7}$$

trong đó  $\beta$  là góc nghiêng của cánh khuấy (độ).

#### 4. Khảo sát xác định các thông số cơ bản của máy khuấy tạo bông bùn

##### 4.1. Mục đích của việc khảo sát

Dựa theo các thông số lựa chọn ban đầu để xác định mối quan hệ giữa đường kính cơ bản của cánh khuấy theo số vòng quay, công suất, bán kính khuấy và thời gian khuấy của máy khuấy tạo bông bùn. Xác định được chiều cao cột áp cơ bản, đảm bảo năng suất yêu cầu của máy khuấy là  $8 \div 10 m^3/h$  cung cấp cho máy ép bùn trục vít đa đĩa tách nước đạt từ  $5 \div 7$  kg bùn khô/giờ sau khi ép.

##### 4.2. Các thông số lựa chọn và thông số khảo sát

Thông qua các thông số yêu cầu, các thông số lựa chọn được xác định theo Mục 3 và được chỉ ra trong Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số lựa chọn cho trước

Ký hiệu	$v_{th}$ (m/s)	$k_N$	$\rho$	$k$	$\eta_{td}$	$d_2$ (m)	$d_3$ (m)	$\mu$	$\alpha$	$m$	$\beta$ (độ)
Giá trị	1,5; 2; 2,5	12	1000	2	0,88	0,03	0,1	0,62	0,15	1,2	40

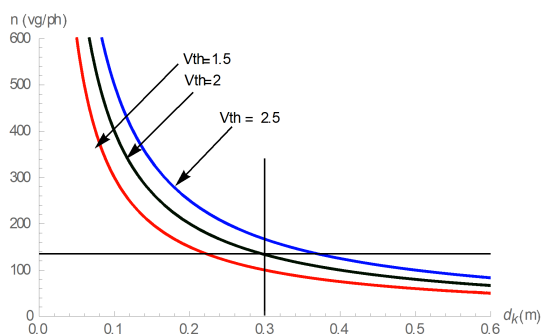
Các thông số cần xác định bao gồm đường kính cánh khuấy  $d_k$ ; số vòng quay thích hợp của trục khuấy  $n$ ; công suất động cơ khuấy  $N_{dc}$ ; bán kính tác dụng hiệu quả của cánh khuấy  $R_0$ ; thời gian khuấy  $t_0$ ; lưu lượng qua lỗ  $d_2$  và  $d_3$  lần lượt là  $Q_2$  và  $Q_3$ ; hệ số chênh lệch cột áp  $k_1 = y_1/y_2$  và vận tốc đầu cánh thích hợp  $v_{th}$ .

##### 4.3. Kết quả khảo sát

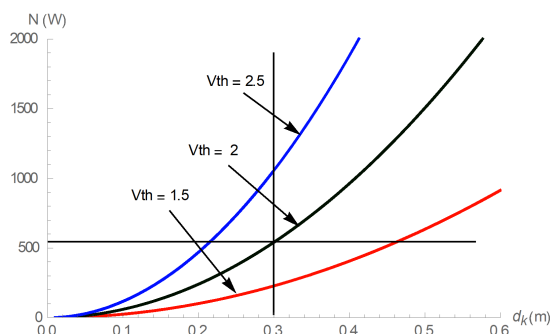
Tiến hành khảo sát các thông số theo yêu cầu ở Mục 4.2 trên phần mềm Mathematica thông qua các công thức mối liên hệ giữa các thông số này được xác định trong Mục 3. Sau khi khảo sát các thông số thì mối liên hệ giữa chúng được mô phỏng bằng các đồ thị cụ thể.

##### a. Mối quan hệ giữa số vòng quay của trục khuấy và đường kính của cánh khuấy

Mối quan hệ giữa số vòng quay của trục khuấy  $n$  và đường kính của cánh khuấy  $d_k$  được xác định theo đồ thị Hình 3 khi vận tốc đầu cánh tới hạn  $v_{th}$  được xét ở những giá trị thông dụng.



Hình 3. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa đường kính cánh khuấy và số vòng quay



Hình 4. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa đường kính cánh khuấy và công suất

Từ đồ thị Hình 3, ta thấy khi tăng đường kính cánh khuấy thì số vòng quay của trục khuấy giảm. Nếu đường kính của cánh khuấy quá lớn sẽ làm tăng kích thước của máy khuấy, nếu đường kính quá nhỏ thì phải tăng số vòng quay của trục khuấy làm tăng độ rung lắc và mất ổn định của máy khuấy. Trong trường hợp này ta chọn  $d_k = 0,3$  m phù hợp với kích thước chung của toàn bộ máy và chọn  $v_{th} = 2$  m/s là hợp lý, khi đó số vòng quay của trục khuấy khoảng 130 vg/ph đáp ứng các yêu cầu của máy khuấy.

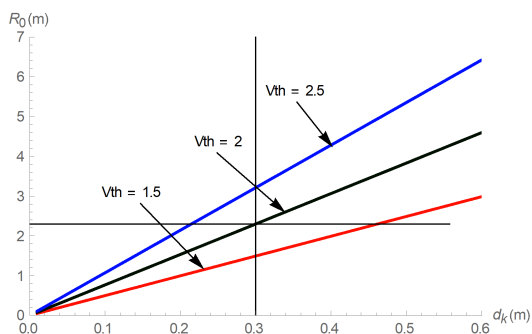
b. Mối quan hệ giữa công suất của máy khuấy và đường kính của cánh khuấy

Mối quan hệ giữa công suất của máy khuấy  $N_{dc}$  và đường kính của cánh khuấy  $d_k$  được xác định theo đồ thị Hình 4 khi vận tốc đầu cánh tới hạn  $v_{th}$  được xét ở những giá trị thông dụng.

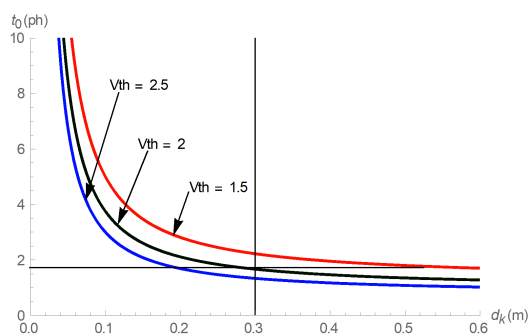
Thông qua đồ thị Hình 4, đường kính cánh khuấy càng lớn thì công suất khuấy càng lớn. Trong trường hợp này lựa chọn  $d_k = 0,3$  m và  $v_{th} = 2$  m/s như Hình 3 là cũng phù hợp với Hình 4. Từ đó, công suất của trục khuấy được xác định khoảng 550 W.

c. Mối quan hệ giữa đường kính cánh khuấy và bán kính tác dụng hiệu quả cánh khuấy

Mối quan hệ giữa đường kính cánh khuấy  $d_k$  và bán kính tác dụng hiệu quả của cánh khuấy  $R_0$  được xác định theo đồ thị Hình 5 khi vận tốc đầu cánh tới hạn  $v_{th}$  được xét ở những giá trị thông dụng.



Hình 5. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa đường kính cánh khuấy và bán kính tác dụng hiệu quả của cánh khuấy



Hình 6. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa đường kính cánh khuấy và thời gian khuấy

Tương tự như các phân tích trên, trong Hình 5, lựa chọn  $d_k = 0,3$  m và  $v_{th} = 2$  m/s là phù hợp với các thông số chung của máy khuấy. Khi đó, bán kính tác dụng hiệu quả của cánh khuấy khoảng 2,3 m là đáp ứng được hiệu quả của làm việc của máy khuấy.

d. Mối quan hệ giữa thời gian khuấy và đường kính của cánh khuấy

Mối quan hệ giữa thời gian khuấy của cánh khuấy  $t_0$  và đường kính của cánh khuấy  $d_k$  được xác định theo đồ thị Hình 6 khi vận tốc đầu cánh tới hạn  $v_{th}$  được xét ở những giá trị thông dụng. Dựa vào các thông số đã chọn hợp lý là  $d_k = 0,3$  m và  $v_{th} = 2$  m/s, theo Hình 6 thì thời gian khuấy của cánh khuấy khoảng 2 phút là phù hợp với yêu cầu chung.

e. Mối quan hệ lưu lượng qua lỗ  $d_2$  và hệ số chênh lệch cột áp giữa hai bể

Mối quan hệ giữa lưu lượng bùn  $Q_2$  và hệ số chênh lệch cột áp giữa hai bể  $k_1$  khi  $y_1$  được lựa chọn ở ba giá trị thông dụng là 0,8 m, 1 m và 1,2 m được thể hiện trên Hình 7. Với giá trị  $y_1 = 1$  m và  $y_2 = 0,9$  m ( $k_1 = 1,1$ ) thì lưu lượng  $Q_2 = 23,5$  m<sup>3</sup>/h là hợp lý.

f. Xác định lưu lượng bùn qua lỗ  $d_3$

Lưu lượng bùn  $Q_3$  được xác định theo công thức (4). Thay các giá trị đã cho từ Bảng 1 vào công thức (4) ta có  $Q_3 = 8,8 \text{ m}^3/\text{h}$ . Đây là giá trị lưu lượng phù hợp theo năng suất yêu cầu của máy khuấy là  $8 \div 10 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## 5. Kết luận

Bài báo đã đề xuất được mô hình máy khuấy tạo bông bùn trong tổ hợp máy tách nước khỏi bùn đa đĩa. Thông qua mô hình, cơ sở lý thuyết để xác định các thông số cơ bản của máy khuấy tạo bông bùn như số vòng quay hợp lý của cơ cấu khuấy, công suất động cơ, lưu lượng, bán kính tác dụng hiệu quả của cánh khuấy và thời gian khuấy được xác định.

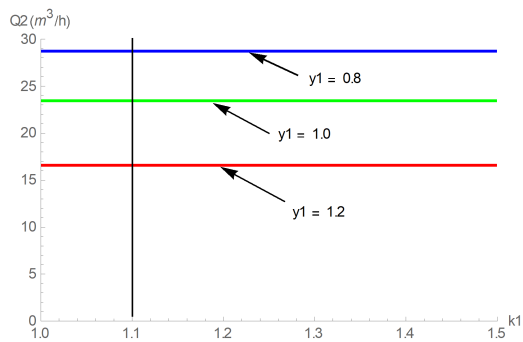
Trên cơ sở lý thuyết được áp dụng, mối quan hệ giữa các thông số cơ bản của máy khuấy được khảo sát và được minh họa bằng các đồ thị, như mối quan hệ giữa đường kính cánh khuấy với số vòng quay trục, công suất, bán kính tác dụng hiệu quả của cánh khuấy và thời gian khuấy, mối quan hệ lưu lượng và hệ số chênh lệch cột áp khi năng suất yêu cầu của máy khuấy là  $8 \div 10 \text{ m}^3/\text{h}$  cung cấp cho máy ép bùn trục vít đa đĩa tách nước đạt từ  $5 \div 7 \text{ kg}$  bùn khô/giờ sau khi ép.

Từ các đồ thị mối quan hệ giữa các thông số cơ bản của máy khuấy, các giá trị hợp lý của các thông số được xác định bao gồm đường kính cánh khuấy  $d_k = 0,3 \text{ m}$ ; vận tốc đầu cánh tới hạn  $v_{th} = 2 \text{ m/s}$ ; số vòng quay của trục khuấy khoảng  $130 \text{ vg/ph}$ ; công suất của trục khuấy  $550 \text{ W}$ ; thời gian khuấy của cánh khuấy  $2 \text{ phút}$ ; lưu lượng qua lỗ  $d_3$  là  $Q_3 = 8,8 \text{ m}^3/\text{h}$  và lưu lượng qua lỗ  $d_2$  là  $Q_2 = 23,5 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Thông qua kết quả khảo sát này, các thông số làm việc chính của máy đã được lựa chọn hợp lý, làm cơ sở cho việc thiết kế, chế tạo và khai thác máy khuấy có thể làm việc đồng bộ trong dây chuyền ép bùn thải đô thị. Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài nghiên cứu khoa học cấp Sở Khoa học và Công nghệ Thành Phố Hà Nội “Nghiên cứu thiết kế chế tạo thử nghiệm hệ thống ép bùn trục vít phục vụ xử lý bùn thải đô thị”, mã số 01C-01/03-2021-3.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Hương, N. L., Nga, T. T. V. (2023). Nghiên cứu đánh giá diễn biến chất lượng nước và tải lượng ô nhiễm vào sông Tô Lịch. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 17(2V):144–153.
- [2] Ren, J., Liang, H., Chan, F. T. S. (2017). Urban sewage sludge, sustainability, and transition for Eco-City: Multi-criteria sustainability assessment of technologies based on best-worst method. *Technological Forecasting and Social Change*, 116:29–39.
- [3] Absolon, V., Nieuwkerk, D. (2014). Innovative use of screw press filtration in tailings dewatering plant design. *Proceedings 12th AusIMM Mill Operators' Conference*, 449–456.
- [4] Eaves, T. S., Paterson, D. T., Hewitt, D. R., Balmforth, N. J., Martinez, D. M. (2019). Dewatering saturated, networked suspensions with a screw press. *Journal of Engineering Mathematics*, 120(1):1–28.
- [5] Inman, D., Skelton, H., Mannion, R., Beagrie, R. (2013). Sustainable sludge dewatering - Volute dewatering screw-press. 18th European Biosolids & Organic Resources Conference.
- [6] Formato, A., Ianniello, D., Romano, R., Pellegrino, A., Vilecco, F. (2019). Design and Development of a New Press for Grape Marc. *Machines*, 7(3):51.
- [7] Mangone, F., Ferrari, A., Gutiérrez, S. (2018). Dewatering Screw Pressing: Model Development and Sensitivity Analysis for Process Understanding. *Computer Aided Chemical Engineering*, Elsevier, 1879–1884.



Hình 7. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ lưu lượng  $Q_2$  và hệ số chênh lệch cột áp giữa hai bể (hệ số  $k_1$ )



- [8] Qingwen, Q., Xiaoqing, H., Chunmei, L., Dejun, Z., Ya, L. (2018). Study on modular design and key technology of screw pressing for sludge treatment system. *Journal of Engineering and Manufacturing Technology*, 6(1):1–7.
- [9] Ahmad, H. M., Kamal, M. S., Al-Harthi, M. A. (2018). [Rheological and filtration properties of clay-polymer systems: Impact of polymer structure](#). *Applied Clay Science*, 160:226–237.
- [10] Echezona, A. A., Ikechuks, G. A., Atanmuo, P. (2011). Design and Fabrication of an Industrial mixer/shaker. *International Journal of Engineering Technology*, 4(3).
- [11] Valdés, J. P., Kahouadji, L., Matar, O. K. (2022). [Current advances in liquid–liquid mixing in static mixers: A review](#). *Chemical Engineering Research and Design*, 177:694–731.
- [12] Iyobosa, O. I. (2020). [Design and Construction of an Electrically Operated Paint Mixing Machine](#). *Journal of Engineering Research and Reports*, 20–29.
- [13] Ghanem, A., Lemenand, T., Della Valle, D., Peerhossaini, H. (2014). [Static mixers: Mechanisms, applications, and characterization methods – A review](#). *Chemical Engineering Research and Design*, 92(2): 205–228.
- [14] Anh, N. V., Thủy, B. T., Thanh, V. T. M. (2018). *Xử lý bùn của trạm xử lý nước thải*. NXB Xây Dựng Hà Nội.
- [15] Nhân, T. V., Nga, N. T. (2002). *Giáo trình Công nghệ xử lý nước thải*. NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội.
- [16] Tuyền, N. M. (2006). *Quá trình và thiết bị khuấy trong công nghệ*. NXB Xây Dựng Hà Nội.
- [17] Bin, N. (2013). *Các quá trình, thiết bị trong công nghệ hóa chất và thực phẩm*. Tập II - NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- [18] Tuyền, N. M. (1987). *Các máy khuấy trong công nghiệp*. Hà Nội.
- [19] Chính, V. L., Anh, N. K., Mai, N. T. T., Ngô, Đ. T., Tuấn, T. V., Xuân, N. T. (2013). *Máy và thiết bị sản xuất vật liệu và cấu kiện xây dựng*. NXB Xây Dựng.
- [20] Tuyền, N. M. (1984). *Tính toán máy và thiết bị hóa chất, tập I*. NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.