

TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÔ HÌNH THIẾT BỊ SẢN XUẤT MUỐI BIỂN

Ths. Lương Thị Minh Châu¹, PGS.TS. Hoàng Đức Liên²

TÓM TẮT

Sản xuất muối hiện nay chủ yếu theo phương pháp thủ công tốn nhiều nhân công mà năng suất chưa cao, quá trình làm muối kéo dài và ảnh hưởng rất nhiều bởi thời tiết nên thậm chí là mất trắng. Khoa Cơ Điện – Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã tính toán, thiết kế, chế tạo mô hình thiết bị sản xuất muối biển theo công nghệ mới gồm hệ thống thiết bị sản xuất nước chắt từ nước biển và hệ thống kết tinh phân đoạn từ nước chắt. Mô hình thiết bị sản xuất muối biển theo công nghệ mới này có năng suất cao hơn hai đến ba lần so với phương pháp phơi nước truyền thống đồng thời lại giảm được diện tích mặt bằng rất nhiều lần mà chất lượng muối được nâng cao và tạo ra nhiều sản phẩm theo các cấp độ khác nhau phục vụ mục đích tiêu dùng của con người trong ăn uống và công nghiệp.

Từ khóa: Thiết kế, chế tạo, nước chắt, muối biển.

CALCULATION, DESIGN, MANUFACTURING MODEL OF SEA SALT PRODUCTION

ABSTRACTS:

Current salt production is mainly manual, labor-intensive, but productivity is not high. The salt making process is long and greatly affected by the weather; so it can even result in total loss. Faculty of Engineering - Vietnam National university of Agriculture has calculated, designed, and manufactured a model of sea salt production equipment using new technology, including a system of equipment to produce tap water from seawater and a fractional crystallization system. from water. This new model of sea salt production equipment with new technology has a productivity two to three times higher than the traditional method while also reducing the floor area many times while improving the quality of salt and creating Many products at different levels serve human consumption in food and industry.

Keywords: Design, manufacturing, salt water, sea salt.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thông kê của Cục Kinh tế hợp tác và Phát triển nông thôn (Bộ NN&PTNT) cho thấy, năm 2021, diện tích sản xuất muối biển của nước ta khoảng 11.393ha. Trước

đó, năm 2017 đạt 13.158ha, năm 2018 với 13.074ha, năm 2019 đạt 12.494ha... Về sản lượng, năm 2020 đạt 1.334.507 tấn, năm 2021 đạt 914.999 tấn.

Diện tích sản xuất muối ở nước ta

¹ Học viện Nông nghiệp Việt Nam

² Viện muối biển sinh thái Việt Nam

hiện nay liên tục giảm, tỷ lệ sản xuất muối sạch còn thấp, chưa đáp ứng về quy chuẩn về sản xuất muối theo thông tư 08/2021/TT-BNNPTNT, năng suất muối hàng năm chưa cao, muối chứa nhiều tạp chất, không đáp ứng được yêu cầu của thị trường, hàng năm phải nhập khẩu 400.000 – 600.000 tấn muối để phục vụ nhu cầu tiêu dùng trong nước, kim ngạch nhập khẩu muối lên đến hàng tỷ USD.

Nguyên nhân là việc sản xuất muối của nước ta hiện nay chủ yếu vẫn theo phương pháp thủ công, quy mô phân tán theo hộ diêm dân (chiếm tới 69% diện tích), nên năng suất, chất lượng muối thấp.

Sản xuất muối biển tại Việt Nam hiện đang áp dụng hai phương pháp:

- *Phương pháp phơi nước*: Sản xuất muối bằng phương pháp phơi nước sử dụng năng lượng mặt trời bay hơi nước biển trên các ô ruộng để kết tinh ra thạch cao và muối và dung dịch gồm nhiều hóa chất trong nước biển. Phương pháp sản xuất muối phơi nước được thực hiện ở các nơi có các điều kiện sau đây: Khí hậu thuận lợi cho bay hơi nước, nắng kéo dài, lượng bay hơi lớn, mùa nắng và mùa mưa được phân chia rõ rệt. Trong vụ sản xuất muối có mưa nhưng tổng lượng mưa nhỏ hơn nhiều so với lượng bay hơi. Lượng bay hơi có hiệu E (hiệu số giữa lượng bay hơi và lượng mưa) lớn, thường chiếm đến 70÷80% trở lên. Có nước biển sạch, không bị ô nhiễm, nồng độ nước biển cao, tốt nhất là 35‰. Có vùng đất rộng, bằng phẳng để có thể tạo nên các đồng muối qui mô thích hợp,

có khả năng sử dụng việc cơ giới hóa, thu hoạch, vận chuyển, bảo quản muối. Chất đất đồng muối thích hợp, tốt nhất là 70% sét 30% cát.

- *Phương pháp phơi cát*: Sản xuất muối phơi cát mang tính thời vụ (chỉ sản xuất được khi cường độ chiếu nắng đủ lớn). Thiết bị sử dụng để sản xuất muối phơi cát được tu sửa vào cuối năm. Trong quá trình sản xuất muối phơi cát có tạo ra một chất thải (nước ót), chất thải này có hại cho hệ sinh thái nếu thải trực tiếp ra môi trường. Nhưng chất thải này nếu được gom lại với số lượng đáng kể lại là nguyên liệu quý cho công nghệ hoá học trình độ cao. Nhiều tài liệu đã chứng minh muối ăn sản xuất bằng phương pháp phơi cát tuy hàm lượng NaCl không cao nhưng chứa nhiều nguyên tố vi lượng rất cần thiết cho sự tồn tại và phát triển của cơ thể con người. Ở nước ta, sản lượng muối bằng phương pháp phơi cát sản xuất hàng năm vào khoảng 250 ngàn tấn, cung cấp cho nhu cầu tiêu dùng của nhân dân. Với điều kiện thời tiết, khí hậu của miền Bắc nước ta sản xuất muối bằng phương pháp phơi cát vẫn là phương pháp duy nhất phù hợp. Kỹ thuật sản xuất muối theo phương pháp phơi cát tồn tại qua nhiều thế kỷ, kinh nghiệm sản xuất của diêm dân rất phong phú, mỗi vùng, mỗi địa phương đều tích lũy những kinh nghiệm khác nhau.

Phương pháp phơi cát dùng thiết bị là ô phơi cát, bể lọc chát, ô kết tinh muối, phương pháp sản xuất muối phơi cát áp dụng phổ biến và tồn tại ở các đồng muối phía bắc Việt Nam.

Hai phương pháp sản xuất muối biển này có nhược điểm là:

- Nước biển không được xử lý nên nước chắt có chứa nhiều tạp chất, không thu được thạch cao và magie hydroxit;
- Phương pháp bay hơi mặt bằng nên bị hạn chế diện tích hấp thụ nhiệt từ mặt trời, từ gió và không khí. Bề mặt bay hơi hẹp nên sản lượng nước chắt không cao;
- Phương pháp phơi nước kéo dài nhiều ngày (10 - 25 ngày), dung tích nước chắt lưu trên các ô phơi rất lớn (1.000-2.000 m³/ha) khó bảo quản, khi gặp mưa sẽ gây nhiều tổn thất;
- Tổn công và nhiên liệu bơm nước chắt luân chuyển từ ô nước chắt nồng độ thấp sang ô có nồng độ cao;
- Phương pháp phơi cát tốn nhiều sức lao động: Thao tác vãi cát, thu cát, lọc chắt rất cực nhọc, năng suất lao động thấp.

Trên thế giới, công nghệ sản xuất nước chắt được một số nước trên thế giới (Nhật Bản, Hàn Quốc...) đang áp dụng - Phương pháp bay hơi lập thể kiểu dàn giáo, mặt phẳng nghiêng chảy ngầm...

Theo phương pháp này, nước biển được dẫn vào đồng muối, ô phơi có mặt phẳng nghiêng làm bằng những lớp bê tông dày 7 – 8 cm. Phía trên mặt ô phơi có rải cát, đá sỏi.

Nước biển chảy ngầm dưới lớp cát, đá sỏi và được cô đặc thành nước chắt loãng (4,5 °Be). Bơm nước chắt loãng lên thiết bị bay hơi lập thể kiểu dàn giáo diện tích 1.000-1.200m², kiến trúc hình mái nhà với 5 lớp mái tranh. Bơm nước chắt 4,5°Be lên mái tranh cao 6 mét và rơi tự do xuống 4 lớp mái tranh bên dưới. Thiết bị dàn giáo

hình lập thể hấp thụ nhiều nhiệt từ nắng và gió. Nước chắt được cô đặc đến 15,5 °Be.

Ưu điểm: Phương pháp này tận dụng được nhiều nhiệt từ nắng và gió nên sản lượng thu được khá cao (khoảng 15,3 đến 16,4 m³ nước chắt quy ra 1,84 đến 1,97 tấn muối/ha/ngày nắng)

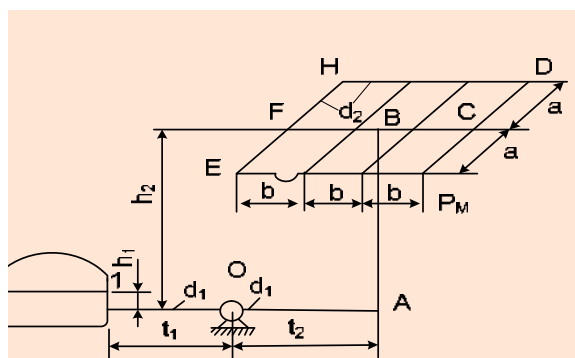
Nhược điểm của phương pháp này: Đầu tư cơ sở hạ tầng tốn kém, nền ô phơi bằng bê tông, dàn giáo bằng tre, gỗ, nứa, lá... dễ bị gió bão phá hủy nên không phù hợp với vùng có nhiều giông bão.

Để khắc phục những tồn tại trên, tiếp cận và ứng dụng những thiết bị và công nghệ tiên tiến hiện đại, việc nghiên cứu, thiết kế chế tạo mô hình sản muối biển, góp phần nâng cao chất lượng nguồn nước biển sạch là vấn đề đặt ra cấp thiết [Hoang Duc Lien, Nguyen Quang Hieu (2018)].

Bài báo này giới thiệu một số kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo mô hình sản xuất muối biển theo phương pháp bay hơi lập thể làm cơ sở để triển khai ứng dụng trong thực tiễn sản xuất

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sơ đồ hệ thống trạm bơm vận chuyển nước biển tới giàn phơi lập thể thể hiện trên hình 1:



Hình 1. Sơ đồ hệ thống trạm bơm vận chuyển nước biển tới giàn phơi

a) Số liệu tính toán

• Lưu lượng bơm $Q = 1,8 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$

• Khối lượng riêng của nước biển: $\gamma = 1030 \text{ (kg/m}^3\text{)}$;

• Hiệu suất động cơ điện ở chế độ tối ưu: $\eta_{dc} = 0,89$;

• Hiệu suất tính toán dự kiến của bơm: $\eta_{b.dk} = 0,68$;

• Hệ số dự trữ an toàn: $k = 1,2$;

• Sơ đồ hệ thống, chiều dài đường ống cho trên hình 2 ($t_1 = 0,5 \text{ m}$; $t_2 = 2,5 \text{ m}$; $h_1 = 0,5 \text{ m}$; $h_2 = 2,5 \text{ m}$; $a = 1,25 \text{ m}$; $b = 1 \text{ m}$);

• Áp suất phun trên đường ống phân phối liên tục: $P_M = 0,5 \text{ at}$;

• Sơ đồ hệ thống, chiều dài đường ống cho trên hình 2 ($t_1 = 0,5 \text{ m}$; $t_2 = 2,5 \text{ m}$; $h_1 = 0,5 \text{ m}$; $h_2 = 2,5 \text{ m}$; $a = 1,25 \text{ m}$; $b = 1 \text{ m}$);

• Vật liệu đường ống dùng ống nhựa PVC (Hệ số nhám ống $n = 0.013$).

Áp dụng phương pháp lý thuyết để tính toán các thông số cơ bản của mô hình thiết bị sản xuất muối biển

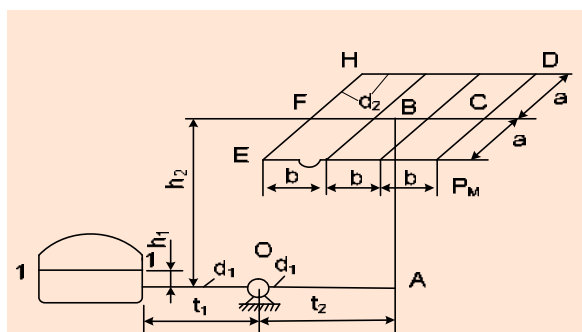
Áp dụng kỹ thuật đồ họa để thiết kế tổng thể mô hình thiết bị sản xuất muối biển

Áp dụng phương pháp thực hành để chế tạo hệ thống thiết bị sản xuất muối biển

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Tính toán thủy lực hệ thống sản xuất nước chát

Sơ đồ hệ thống trạm bơm vận chuyển nước biển tới giàn phơi lập thể thể hiện trên hình 1:



Hình 1. Sơ đồ hệ thống trạm bơm vận chuyển nước biển tới giàn phơi

b) Số liệu tính toán

• Lưu lượng bơm $Q = 1,8 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$

• Khối lượng riêng của nước biển: $\gamma = 1030 \text{ (kg/m}^3\text{)}$;

• Hiệu suất động cơ điện ở chế độ tối ưu: $\eta_{dc} = 0,89$;

• Hiệu suất tính toán dự kiến của bơm: $\eta_{b.dk} = 0,68$;

• Hệ số dự trữ an toàn: $k = 1,2$;

• Sơ đồ hệ thống, chiều dài đường ống cho trên hình 2 ($t_1 = 0,5 \text{ m}$; $t_2 = 2,5 \text{ m}$; $h_1 = 0,5 \text{ m}$; $h_2 = 2,5 \text{ m}$; $a = 1,25 \text{ m}$; $b = 1 \text{ m}$);

• Áp suất phun trên đường ống phân phối liên tục: $P_M = 0,5 \text{ at}$;

• Sơ đồ hệ thống, chiều dài đường ống cho trên hình 2 ($t_1 = 0,5 \text{ m}$; $t_2 = 2,5 \text{ m}$; $h_1 = 0,5 \text{ m}$; $h_2 = 2,5 \text{ m}$; $a = 1,25 \text{ m}$; $b = 1 \text{ m}$);

• Vật liệu đường ống dùng ống nhựa PVC (Hệ số nhám ống $n = 0.013$).

c) Tính toán thủy lực hệ thống đường ống [Hoàng Đức Liên, Lương Thị Minh Châu (2018)]

Theo nguyên tắc cân bằng áp suất, chúng tôi bố trí giàn sản xuất nước chát như hình 1 vẽ.

Giả sử lưu lượng được bố trí đều cho các nhánh nên ta có lưu lượng cần thiết của của mỗi nhánh: $Q/8 = Q_{EH}$

Bài toán được bố trí như hình 1 nên bài toán được giải như bài toán có mạch phân nhánh hở trong tính toán thủy lực đường ống có áp. Theo lý thuyết, Chọn đường ống cơ bản là đường ống chính có chiều dài dài nhất và lưu lượng lớn nhất, ở đây chúng tôi chọn là đường ống từ bể đến các đoạn OABFE

* Tính ống hút:

+ Tính đường kính ống hút theo vận tốc kinh tế:

Chọn vận tốc kinh tế $v_{kt} = 1 \text{ m/s}$ để cho nước được phân bố qua đường ống phân phối đều, nhanh và liên tục

Đường kính ống hút d_s sẽ được tính theo công thức cơ bản của thủy lực (theo Hoàng

Đức Liên, Nguyễn Thanh Nam, Thủy lực và cấp thoát nước) như sau:

$$d_s = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_{kt}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0005}{3,14 \cdot 1}} = \sqrt{0,00064} = 0,025 \text{ (m)}$$

Chọn đường kính ống hút $d_s = 0,027$ m = 27 (mm)

* Xác định tổn thất cho ống hút:

Các hệ số tổn thất được tra bảng phụ lục theo nguyên tắc tính toán đường ống có áp, kết quả như sau:

Chọn hệ số cản dọc đường hay còn gọi là hệ số tổn thất dọc đường $\lambda = 0,03$

Chọn hệ số tổn thất cục bộ của lưới

$\delta_{lưới} = 12$

Chọn hệ số tổn thất cục bộ của khoá

$\delta_{khoá} = 5$

Chọn hệ số phân bố động năng không

đều $\alpha = 1$

Chọn gia tốc trọng trường $g = 9,81$ (m/s²)

Tổng tổn thất cho đoạn đường ống hút $\sum hw$ bao gồm tổng tổn thất cục bộ

$\sum_{i=1}^m h_{wci}$ và tổng tổn thất dọc đường $\sum_{i=1}^m h_{wdi}$ trong đường ống, xác định công thức chung như sau:

$$\sum hw = \sum_{i=1}^m h_{wdi} + \sum_{i=1}^m h_{wci}$$

Trong đó tổn thất dọc đường h_{wd} xác định theo công thức:

$$h_{wd} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$$

l : chiều dài đường ống

d : đường kính đường ống

v : vận tốc trong đường ống

g : gia tốc trọng trường

Tổn thất cục bộ h_{wc} của từng đoạn đường ống theo công thức:

$$h_{wc} = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{wc} = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

Vận tốc trong đường ống hút tính theo công thức cơ bản: $Q = v \cdot \omega$

Nên suy ra
$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}$$

$$v_s = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,0005}{3,14 \cdot 0,027^2} = 0,87 \quad (\text{m/s})$$

Trong đó: $d_s = 0.027$ (m); $\lambda = 0,03$; $\xi_{lưới} = 12$; $\xi_{khóa} = 5$; $v_s = 0,87$ (m/s)

Thay số vào ta được:

$$h_{ws} = \left(\lambda \frac{t_1}{d_s} + \xi_{lưới} + \xi_{khóa} \right) \frac{v^2}{2g} = \left(0,03 \frac{0,5}{0,027} + 12 + 5 \right) \frac{0,87^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_{ws} = (0,55 + 12 + 5) \cdot 0,0385 = 17,55 \cdot 0,0385 = 0,67 \quad (\text{m})$$

* Tính ống đẩy

+ Chọn đường kính ống đẩy bằng đường kính ống hút trên đoạn chiều dài lên đến ẽm B

$$d_1 = d_h = 0.027 \text{ (m)}$$

Lưu lượng của đoạn FI: $Q_{FI} = Q/6 = 0,0005/6$

Lưu lượng của đoạn IB: $Q_{IB} = Q/4 = Q_{BA} = Q_{AO} = 0,0005/4$

$$d_{IB} = \sqrt{\frac{4Q_{IB}}{\pi v_{kt}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0005/4}{3,14 \cdot 1}} = \sqrt{\frac{0,0005}{3,14}} = 0.0126 \quad (\text{m})$$

$$d_{FI} = \sqrt{\frac{4Q_{FI}}{\pi v_{kt}}} = \sqrt{\frac{4.0,0005/6}{3,14.1}} = 0.01 \quad (m) \quad (m)$$

Chọn đường kính ống đẩy của giàn phun có đường kính bằng nhau, tức ta chọn đường ống $d_2 = 0,021 \text{ (m)}$

+ Tính tổn thất cho ống đẩy:

Xác định tổn thất cột áp trên từng đoạn ống:

Đoạn nhánh của giàn phun có kết cấu như bài toán đường ống phân phối liên tục nên ta tính toán như đoạn đường ống phân phối liên tục:

$$H_{nhánh} = hw_{nhánh} = 0,0827 \cdot \lambda \frac{l}{d^5} \left(Q_r^2 + Q_r Q_{ff} + \frac{1}{3} Q_{ff}^2 \right)$$

Ta có: $Q_r = 0$; $Q_{ff} = Q/8$, $\lambda = 0,03$, $l = EH = 2.a = 2.1,25 = 2,5 \text{ m}$, $d = d_2 = 0,02$.

$$hw_{nhánh} = 0,0827 \cdot 0,03 \frac{2,5}{0,021^5} \frac{1}{3} \left(\frac{0,0005}{8} \right)^2 = 0,002 \quad (m)$$

Ta tính tổn thất trên đoạn ống FI:

$$H_{FI} = \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l_{FI}}{d_2} \right) \frac{8}{\pi^2 d_2^4 g} Q_{FI}^2$$

Chọn hệ số tổn thất cục qua chạc ba $\xi_{chạc ba} = 2,1$ theo tỷ lệ ω_2/ω_1 và Q_2/Q_1

$$l_{FI} = b = 1 \text{ (m)}$$

$$Q_{FI} = Q/6$$

Thay số vào ta được:

$$H_{FI} = \left(2,1 + 0,03 \frac{1}{0,021} \right) \frac{8}{\pi^2 0,021^4 g} \left(\frac{0,0005}{6} \right)^2 = 0,01 \text{ (m)}$$

Tính tổn thất trên đoạn IB:

$$H_{IB} = \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l_{IB}}{d_2} \right) \frac{8}{\pi^2 d_2^4 g} Q_{IB}^2$$

Chọn hệ số tổn thất cục qua chạc ba $\xi_{\text{chạc ba}} = 2,3$ theo tỷ lệ ω_2/ω_1 và Q_2/Q_1

$$Q_{IB} = Q/4 \quad l_{IB} = b/2 = 0,5 \text{ m}$$

Thay số vào ta được:

$$H_{IB} = \left(2,3 + 0,03 \frac{0,5}{0,021} \right) \frac{8}{\pi^2 0,021^4 g} \left(\frac{0,0005}{4} \right)^2 = 0,015 \text{ m}$$

Tổn thất trên đoạn AB:

$$H_{AB} = \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l_{AB}}{d_1} \right) \frac{8}{\pi^2 d_1^4 g} Q_{AB}^2$$

$$l_{AB} = h_2 = 2,5 \text{ m} \quad Q_{BA} = 0,0005/4 \quad \xi_{\text{chạc ba}} = 3 \quad \lambda = 0,03$$

Thay số vào ta được:

$$H_{AB} = \left(3 + 0,03 \frac{2,5}{0,027} \right) \frac{8}{\pi^2 0,027^4 g} \left(\frac{0,0005}{4} \right)^2 = 0,014 \text{ (m)}$$

Tổn thất trên đoạn OA:

$$H_{OA} = \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l_{OA}}{d_1} \right) \frac{8}{\pi^2 d_1^4 g} Q_{OA}^2$$

$$l_{OA} = t_2 = 2,5 \text{ m} \quad Q_{AO} = 0,0005/4 \quad \xi_{90^\circ} = 1,1 \quad \lambda = 0,03$$

Thay số vào ta được:

$$H_{OA} = \left(1,1 + 0,03 \frac{2,5}{0,027} \right) \frac{8}{\pi^2 0,027^4 g} \left(\frac{0,0005}{4} \right)^2 = 0,009 \quad (m)$$

Vậy, cột áp ở đầu đoạn ống

$$H = h_w = H_{OA} + H_{AB} + H_{BI} + H_{IF} + H_{nhánh}$$

$$H = 0,009 + 0,014 + 0,015 + 0,01 + 0,002 = 0,05 \quad (m)$$

- Cột áp cần thiết tạo ra ở O: $H = h_w + \frac{p_M}{\gamma} + h_2 = 0,05 + 5 + 2,5 = 7,55 \quad (m)$

- Ta bỏ qua tổn thất trong bánh công tác của bơm nên $h_{wb} = 0$

- Cột áp bơm: $H_b = h_2 - h_1 + h_w + \frac{p_M}{\gamma} + h_{wb} = 2,5 - 0,5 + 7,55 = 9,55 \text{ (m)}$

Công suất máy bơm

$$N = \frac{\gamma Q H_b}{1000 \eta} = \frac{9,81 \cdot 1030 \cdot 0,0005 \cdot 9,55}{1000 \cdot 0,68} = 0,07 \text{ (kW)}$$

Chọn công suất động cơ:

Công suất đòi hỏi trên trục của bơm cần phải lớn hơn công suất thủy lực vì bơm còn phải tiêu hao một phần năng lượng để bù vào các tổn thất thủy lực, tổn thất ma sát giữa các bộ phận làm việc của bơm.

$$\eta = \eta_C \cdot \eta_H \cdot \eta_Q = 0.85 \times 0.86 \times 0.8 = 0,58$$

trong đó:

η_C là hiệu suất cơ khí,

η_H là hiệu suất cột áp

η_Q là hiệu suất lưu lượng

$$N = \frac{N_{tl}}{\eta} = \frac{0,07}{0,58} = 0,12 \text{ (kW)}$$

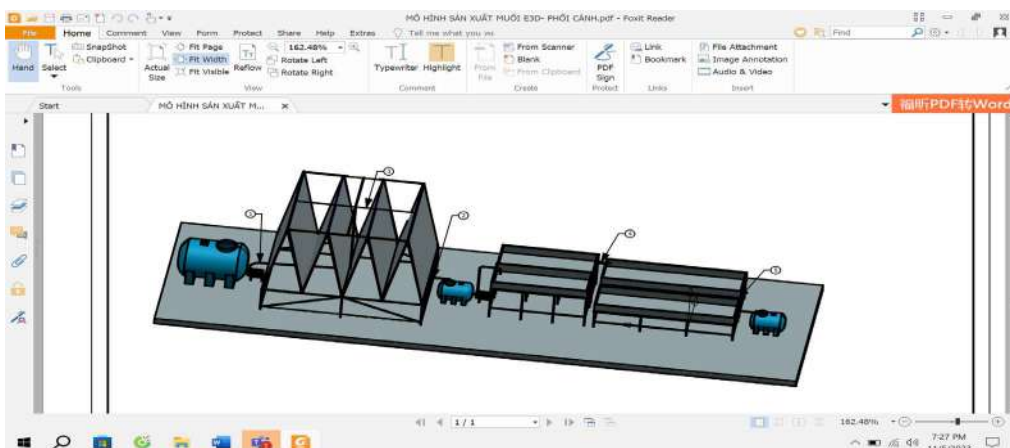
Do đó khi chọn động cơ để kéo bơm cần phải chọn công suất động cơ lớn hơn công suất trên trục bơm để đề phòng trường hợp quá tải bất thường và bù vào các tổn thất do truyền động từ động cơ đến bơm.

$$N_{\text{động cơ}} = k \frac{N}{\eta_{\text{trục}}} = 1,2 \frac{0,12}{0,89} = 0.161 \text{ (kW)}$$

Ta chọn động cơ điện có công suất 500 (W)

3.2 Thiết kế tổng thể hệ thống sản xuất nước chát

Sơ đồ nguyên lý thiết kế tổng thể hệ thống sản xuất muối biển trên hình 2:



Hình 2. Sơ đồ mô hình sản xuất muối biển E3D

1- Đường ống dẫn nước biển; 2- Khay hứng nước thu hồi; 3- Giàn phun; 4- Ống dẫn nước sang các khay; 5 - khoá

Nước biển sạch sau xử lý được chứa trong bể chứa nối với đường ống số 1, bơm cung cấp nước biển theo đường ống, van khóa, vòi, hệ thống ống dẫn, phun lên hệ thống giàn E3D để thực hiện bốc hơi nước. Hệ thống giàn phơi được bố trí theo biên dạng hình sin có chiều dài 4 m, chiều rộng 3 m, chiều cao 3 m được bố trí theo modul nhỏ nhất của mô hình, diện tích mặt bằng là 12m², các góc nghiêng được nhóm tác giả đo đạc và tính theo hệ số ma sát trượt, góc nghiêng theo tính toán được chọn từ 32 - 34 độ, nhằm mục đích tăng diện tích bốc hơi, diện tích bốc hơi một tấm nghiêng là 7,5m² (cao 2,5 m, rộng 3 m), số lượng 8 tấm, tổng diện tích bốc hơi trên không là 60 m². Đồng thời nước biển được phun trực tiếp từ trên cao xuống sẽ loại bỏ chất tan là các ion vô cơ, Ca²⁺ được bổ sung (nếu cần, khi dùng để sản xuất các loại muối khác) theo tỉ lượng để kết tủa các ion tạp chất như cacbonat và sulphat. Quá trình nước biển được bơm tuần hoàn trên hệ thống, lặp đi lặp lại theo thời gian nhất định đủ để lượng nước biển thấm ướt hết lớp vải thì dừng máy bơm khoảng 10 - 15 phút cho lớp vải bay hơi bớt thì lại tiếp tục bơm, lượng nước biển sẽ bay hơi dần dần cho đến khi nào nồng độ nước biển được nâng từ 2,5 cho đến 25 độ Baume thì coi như kết thúc quá trình sản xuất nước chát. Mặt sàn được phủ bạt HDPE để đảm bảo sạch, giúp thu gom phần nước biển bắn ra

trong quá trình sản xuất.

Quá trình nước biển bốc hơi qua công đoạn thứ 2 được lặp đi lặp lại nhiều lần, khi đạt nồng độ như mong muốn, chúng ta thu lại lượng nước chát này và chứa trong bể chứa rồi tiếp tục được đưa sang giai đoạn thứ 3 là kết tinh muối. Tại công đoạn thứ ba này chúng tôi sử dụng các khay kết tinh để kết tinh muối, mỗi một khay tương ứng với một nồng độ khác nhau. Lượng nước chát được đổ vào khay kết tinh số 1, sau khi đạt nồng độ 26,25 độ, tiếp tục tách lượng nước muối thu được ở khay thứ nhất sang khay thứ 2 và tiến hành phơi khô muối ở khay số 1, sau đó lại tiếp tục cho lượng nước chát vào khay số 1. Lượng nước muối đã chuyển sang khay thứ 2 sau khi đạt nồng độ 27 độ, lại tiếp tục chuyển lượng nước muối sang khay thứ 3, phơi muối ở khay thứ 3 xong lại tiếp tục cho lượng nước muối của giai đoạn trước vào khay kết tinh này. Chu trình cứ thực hiện như vậy cho đến khi thu được lượng muối ở mỗi khay khác nhau.

3.3. Thiết kế, chế tạo hệ thống sản xuất nước chát

a. Nguyên lý cấu tạo và hoạt động

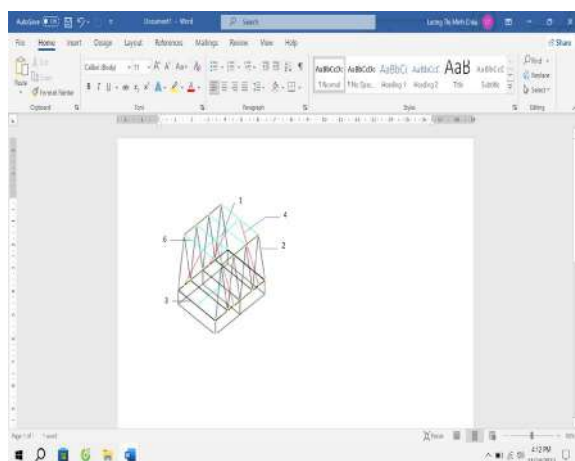
Nước biển được thu gom, lấy nước biển xa bờ, nước biển sau khi làm sạch được đựng trong bể chứa. Bơm sẽ hút nước từ bể chứa và đẩy lên đỉnh trên cùng của đường ống chính của hệ thống sản xuất nước chát ở vị trí trung tâm. Tại đây, đường ống chính

sẽ phân phối cho các đường ống phân phối liên tục, đường ống này sẽ phun nước biển ra và thấm ướt lớp vải phơi polyester có độ bền tốt, chống co rút và chống nhăn đã được mắc sẵn trên khung. Tấm vải phơi được bố trí theo hình chữ V nối tiếp nhau. Phía dưới mỗi đáy chữ V là đường nước thu hồi về đường ống rồi chảy trực tiếp về bể. Dưới tác dụng của ánh nắng mặt trời, tấm vải ướt dần bốc hơi. Nước biển trên đường ống bên trên cứ tiếp tục phun xuống

và dòng nước biển liên tục hồi về bể. Quá trình được bơm lặp đi lặp lại nhiều lần, sau một thời gian nhất định, dòng nước biển bốc hơi đạt nồng độ Baume thì quá trình sản xuất nước chát sẽ dừng lại. Lượng nước chát này sẽ được chứa trong bồn chứa để chuẩn bị cho giai đoạn kết tinh muối.

b. Thiết kế, chế tạo khung và khung đỡ hệ thống sản xuất nước chát

Sơ đồ khung và khung đỡ hệ thống sản xuất nước chát trên hình 3a



a)

b)

Hình 3. Ảnh khung và khung đỡ hệ thống sản xuất nước chát

a) Sơ đồ khung đỡ E3D; b) Hình ảnh khung đỡ hệ thống sản xuất nước chát
1 – Đường ống chính, 2 – Khung sản xuất nước chát, 3 - Khung đỡ hệ thống, 4 - Hệ thống sản xuất nước chát, 6 – Đường ống phân phối liên tục

Chế tạo khung đỡ hệ thống theo các trình tự nguyên công như sau:

- Nguyên công 1: Gia công cắt các thanh theo bản vẽ thiết kế
- Nguyên công 2: Tiện ren
- Nguyên công 3: Gia công hàn

Chế tạo khung sản xuất nước chát theo trình tự các nguyên công như sau:

- Nguyên công 1: Gia công cắt các thanh

theo bản vẽ thiết kế

- Nguyên công 2: Gia nhiệt
- Nguyên công 3: Khoan

c. Thiết kế, chế tạo đường ống nước muối hồi về bể trong hệ thống sản xuất nước chát

Sơ đồ nguyên lý kết cấu và hình ảnh đường ống nước muối hồi về bể trong hệ thống sản xuất nước chát trên hình 4. Phía

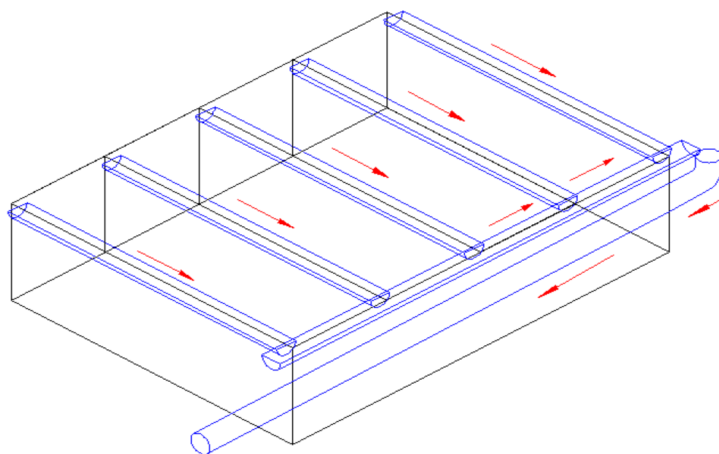
đáy mỗi lớp vải bố trí hình chữ V góc như bố trí góc của lớp vải dựa theo hệ số ma sát được bố trí kênh dẫn nước, các kênh dẫn nước này sẽ đổ về đường ống thu hồi để chảy về bể chứa, phục vụ chu trình tuần

hoàn của hệ thống sản xuất nước chát.

Chế tạo đường ống thu hồi theo trình tự

Nguyên công 1: Cắt ống theo kích thước

Nguyên công 2: Định vị các máng, đường ống



a)



b)

Hình 4. Đường ống nước muối hồi về bể trong hệ thống thiết bị sản xuất nước chát

a) Sơ đồ nguyên lý; b) Hình ảnh đường ống nước muối hồi về bể chứa

3.4. Tính toán thiết kế mô hình sản xuất muối biển bằng phương pháp kết tinh phân đoạn

3.4.1. Cơ sở tính diện tích bay hơi và kết tinh cho mô hình

Công suất sản xuất muối theo công nghệ hiện nay của Việt Nam khoảng 1,2 triệu tấn/năm, với diện tích khoảng 13.000 ha. Thông thường, thời gian sản xuất trong 1 năm là 6 tháng (180 ngày) -> tương ứng với công suất 0,05 (kg muối/m²/ngày). Nếu hàm lượng muối 35 g/L -> tốc độ bay hơi nước biển trung bình là 1,43 (L/m².ngày)

Với công nghệ E3D do diện tích

bốc hơi tăng lên nhiều nên tốc độ bay hơi cũng tăng lên nhiều so với phương pháp bay hơi trên mặt bằng, trừ các tổn thất do rơi vải, số liệu đo đạc không chính nên nói một cách khiêm tốn thì tốc độ bay hơi của hệ thống sản xuất muối theo phương pháp mới sẽ tăng gấp 3, tức tốc độ bay hơi nước biển trung bình 4,29 (L/ m².ngày). Như vậy để sản xuất muối từ 100 (L) nước biển/ngày thì cần 23,5 (m²) -> tính tròn là 25 (m²). Trong đó, diện tích các ô bay hơi là 12,5 (m²), diện tích kết tinh phân đoạn là 12,5 (m²).

3.4.2. Cơ sở tính toán số ô kết tinh

Trong sản xuất muối phơi nước có thể chia các giai đoạn kết tinh tương ứng với các khoảng nồng độ khác nhau để có thể thu được nhiều loại sản phẩm nhằm đáp ứng các nhu cầu khác nhau của thị trường. Việc đó gọi là phân đoạn kết tinh muối.

Để phân đoạn kết tinh muối người ta chia khu vực kết tinh muối thành nhiều phân khu, mỗi phân khu cho một loại sản phẩm có chất lượng theo mong muốn của người sản xuất.

Nước chắt ra khỏi khu kết tinh thạch cao được đưa vào các công đoạn 1 của khu kết tinh muối. Tại công đoạn 1 của khu kết tinh muối nước chắt tiếp tục bay hơi nước ngọt để tăng nồng độ và kết tinh muối NaCl, sản phẩm NaCl của công đoạn 1 là sản phẩm có chất lượng cao nhất.

Khi nước chắt (nước cái) ở công đoạn 1 đạt nồng độ quy định thì được chuyển sang các công đoạn tiếp theo (đối với đồng muối có khu vực kết tinh muối được chia thành nhiều tiểu khu vực, hay nói cách khác: đồng muối có thực hiện phân đoạn kết tinh). Tại công đoạn tiếp theo của khu kết tinh muối, nước chắt tiếp tục bay hơi nước ngọt để tăng nồng độ và kết tinh muối NaCl, sản phẩm NaCl của công đoạn này là sản phẩm có chất lượng kém hơn sản phẩm của công đoạn trước nhưng cao hơn công đoạn tiếp theo. Tại công đoạn cuối cùng của khu kết tinh muối nước chắt tiếp tục bay hơi nước ngọt để tăng nồng độ

và kết tinh muối NaCl, sản phẩm NaCl của công đoạn cuối cùng của khu kết tinh muối là sản phẩm có chất lượng thấp nhất. Khi nước chắt (nước ót) ở công đoạn cuối cùng đạt nồng độ quy định thì được chuyển sang khu vực tập trung nước ót.

Phân đoạn kết tinh muối: Khi thực hiện phân đoạn kết tinh muối (chia các giai đoạn kết tinh tương ứng với các khoảng nồng độ khác nhau để có thể thu được nhiều loại sản phẩm) cần phân chia chính xác tỷ lệ diện tích cho từng loại sản phẩm trong khu kết tinh muối để đảm bảo dây chuyền sản xuất ăn khớp và vận hành nhịp nhàng

Trong quá trình kết tinh muối, nhiều sản phẩm được tách ra bao gồm: NaCl, $MgCl_2$, KCl, NaBr, $MgSO_4$, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Khả năng kết tinh của các loại muối này không giống nhau, phụ thuộc vào nồng độ muối hay độ Baume.

3.5. Thiết kế, chế tạo hệ thống kết tinh muối từ nước chắt theo phương pháp kết tinh phân đoạn

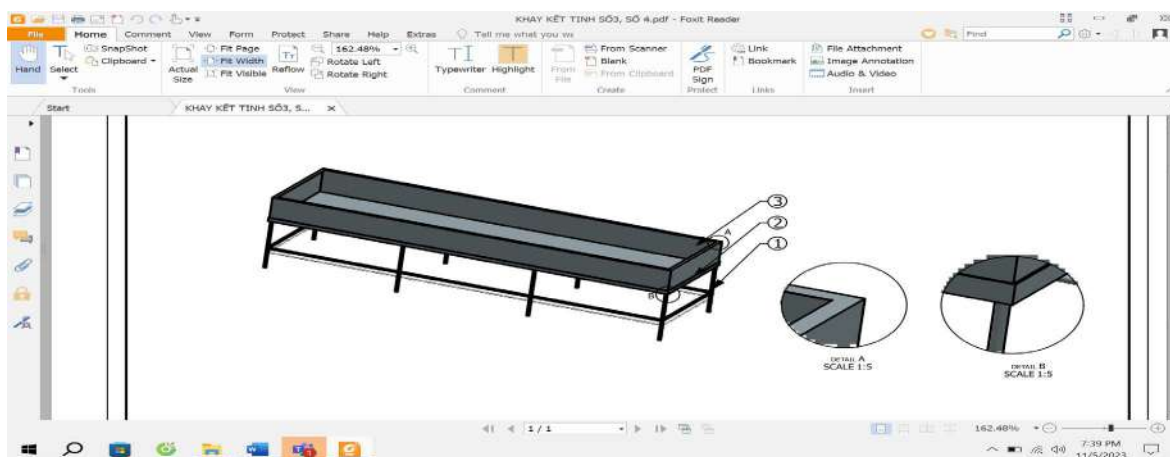
a) Nguyên lý cấu tạo và hoạt động

Nước chắt sau khi sản xuất được chứa trong bồn chứa. Bồn chứa này sẽ cung cấp cho các khay kết tinh. Hệ thống kết tinh phân đoạn có thể chia ra làm rất nhiều các khay kết tinh, nhằm phân chia chất lượng muối khác nhau ở mỗi giai đoạn kết tinh. Nước muối sau khi cho vào khay số một, để nước bốc hơi trên các khay tự nhiên,

sau khi đạt nồng độ yêu cầu, lượng nước muối này sẽ được tháo qua đường ống dẫn đến khay kết tinh số hai. Từ khay kết tinh số hai, lớp nước muối lại được để bốc hơi tự nhiên trong khay cho đến khi đạt nồng độ thì lớp nước còn lại trong khay sẽ được chuyển tiếp qua khay kết tinh thứ ba. Và cứ như vậy cho đến khay kết tinh số bốn. Sau khi thu lượng muối kết tinh ở khay thứ nhất, lại tiếp tục cho lớp nước muối ở trong bể vào khay kết tinh số một, quá trình lại tiếp tục theo chu kỳ trên theo đúng nồng

độ như mong muốn: các khay kết tinh ở mỗi một nồng độ, cụ thể như khay số một kết tinh ở $26,25^{\circ}\text{Be}$, khay số hai kết tinh ở 27°Be , khay số ba kết tinh ở 28°Be , khay số bốn kết tinh ở 30°Be . Sản phẩm sau khi kết tinh ở 30 độ Baume chất lượng muối có thể đạt 80 - 90%. Lượng muối qua các khay thu được sẽ được để riêng rẽ nhằm phân loại chất lượng muối qua các khay kết tinh khác nhau.

b) Thiết kế, chế tạo khay kết tinh muối



Hình 5. Khay kết tinh muối

Mục đích của kết tinh phân đoạn là nhằm thu được nhiều loại muối tương ứng với mỗi giai đoạn kết tinh, mỗi giai đoạn kết tinh này tương ứng với mỗi nồng độ, nhằm đáp ứng các nhu cầu khác nhau của thị trường tiêu dùng.

Lượng muối NaCl được cho là có chất lượng cao nhất được thu từ sản phẩm kết tinh muối của khay thứ nhất. Sản phẩm có chất lượng muối kém hơn lần lượt là ở các khay số 2, số 3 và chất lượng muối kém nhất là ở khay số 4.

Dựa trên kết quả tính toán thiết kế số diện tích mỗi ô kết tinh và số ô kết tinh chúng tôi tiến hành thiết kế chế tạo các khay kết tinh cho từng giai đoạn, để đảm bảo an toàn và sự hấp thụ nhiệt tốt, khay kết tinh số 1 và khay kết tinh số 2 có diện tích tương đối nhỏ ($2,5\text{m}^2$), chúng tôi lựa chọn vật liệu kính cường lực màu. Kích thước của các khay được lựa chọn theo kích thước của các tấm kính. Khay số 1, khay số 2 có kích thước: dài 2 m, rộng 1,25 m, được cắt theo các kích thước đáy, kích

thước thành, sau đó dán keo cố định lại. khay số 1 và khay số 2 mỗi khay khoan 1 lỗ ở góc phía dưới đáy để dẫn nước sang các khay tiếp theo

Khay kết tinh số 3 và khay kết tinh số 4, do kích thước quá dài, diện tích lớn ($3,5\text{m}^2$), chúng tôi lựa chọn vật liệu khay inox để đảm bảo đủ diện tích và tính chống ăn mòn. Khay số 3, khay số 4 có kích thước: dài 3,5 m, rộng 1 m. Các khay được chế tạo bằng cách cắt các tấm inox, rồi mang đi chân gấp các mép để tạo độ cứng vững, hàn cố định các tấm. Khay số 3 mỗi khay khoan 1 lỗ để dẫn nước sang các khay tiếp theo.

Khay kết tinh có dạng như hình 5 và hệ thống kết tinh bao gồm bốn khay tương trưng cho bốn giai đoạn kết tinh khác nhau.

3.6. Chế tạo, lắp ghép mô hình sản xuất muối biển

Mô hình sản xuất muối biển được tích hợp bởi hệ thống sản xuất nước chát theo phương pháp bay hơi lập thể E3D và hệ

thống kết tinh phân đoạn thành mô hình sản xuất muối làm việc liên tục theo hướng công nghiệp.

Lắp ghép mô hình sản xuất nước chát theo trình tự nguyên công như sau:

- Nguyên công 1: Lắp ghép khung đỡ phía dưới
- Nguyên công 2: Lắp ghép khung nước chát
- Nguyên công 3: Treo vải
- Nguyên công 4: Lắp đường ống thu hồi
- Nguyên công 5: Kết nối máy bơm với bể và che chắn bạt

Lắp ghép mô hình kết tinh phân đoạn theo trình tự nguyên công sau:

- Nguyên công 1: Định vị trí của khung đã hàn cố định
- Nguyên công 2: Đặt các khay kết tinh lên
- Nguyên công 3: Kết nối đường ống, thùng chứa

Hình ảnh mô hình sản xuất muối được lắp ráp hoàn chỉnh như trên hình 6.



Hình 6. Hình ảnh mô hình sản xuất muối biển hoàn chỉnh

IV. KẾT LUẬN

- Đã tính toán thiết kế được sơ đồ nguyên lý của hệ thống sản xuất nước chát trong mô hình sản xuất muối biển bằng cách lợi dụng khoảng không gian làm tiết kiệm diện tích mặt bằng bay hơi trong sản xuất muối biển nên gọi là phương pháp sản xuất muối E3D bằng phương pháp bay hơi lập thể.

- Đã tính toán thủy lực Hệ thống đường ống cấp nước chát lên giàn phơi; lựa chọn bơm có lưu lượng $Q = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$; cột áp $H = 9,55 \text{ m H}_2\text{O}$; công suất động cơ điện $N_{dc} = 0,5 \text{ kW}$.

- Đã chế tạo mô hình sản xuất muối biển công nghệ cao E3D bao gồm hệ thống sản xuất nước chát theo phương pháp bay hơi lập thể và hệ thống kết tinh phân đoạn. Đây là hệ thống thiết bị có cấu tạo tương đối đơn giản, dễ dàng tháo lắp để vận chuyển đi xa, phân cấp được nhiều sản phẩm muối qua các giai đoạn kết tinh, đáp ứng yêu cầu dùng làm muối ăn và có thể dùng trong công nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Nguyễn Văn Bày (2001). Máy bơm và trạm bơm trong nông nghiệp, NXB nông nghiệp;

Bộ NN & PTNT (2014). Quyết định số: 4513/QĐ-BNN-CB về phê duyệt quy hoạch phát triển sản xuất muối đến năm 2020 và tầm nhìn đến năm 2030.

Chính Phủ (2020). Quyết định số: 1325/QĐ-TTg về phê duyệt đề án phát triển ngành muối giai đoạn 2021 – 2030.

Hoàng Đức Liên, Lương Thị Minh Châu

(2018). *Nghiên cứu tính toán, thiết kế hệ thống đường ống vận chuyển nước biển sạch phục vụ dây chuyền thiết bị sản xuất muối biển công nghệ cao bằng phương pháp bay hơi lập thể*; Tuyển tập công trình Hội nghị khoa học Cơ học thủy khí toàn quốc lần thứ 21.

Hoang Duc Lien, Nguyen Quang Hieu (2018). *Models of High Technology Sea Salt Production by Three-Dimensional Evaporation (E3D)*; Proceedings The First International Conference on Fluid Machinery and Automation Systems 2018 (ICFMAS2018). Hanoi, Vietnam.

Hoàng Đức Liên, Nguyễn Thanh Nam (2001). Thủy lực và cấp thoát nước trong nông nghiệp, NXB Giáo dục.

Vũ Văn Phát (2010). Giáo trình Mô đun chế chát – Kết tinh thạch cao sản xuất muối công nghiệp. Trường Trung học nghiệp vụ quản lý lương thực – thực phẩm, Đồ Sơn, Hải Phòng.

Nguyễn Hữu Thuận (2007). Sản xuất muối theo phương pháp phơi nước, kết tinh dài ngày, nước chát sâu, có bạt che mưa - Báo cáo tổng kết dự án sản xuất thử nghiệm độc lập cấp Nhà nước.

<https://dangcongsan.vn/cung-ban-luan/nglich-ly-nganh-muoi-viet-nam-603954.html>

<https://nhandan.vn/nhung-dong-muoi-cuoi-cung-o-mien-bac-post714686.html>

Ngày nhận bài: 12/12/2023

Người phản biện: TS Nguyễn Mạnh Dũng – Nguyên Trưởng phòng, Cục Chế biến NLS và nghề muối