



TẠP CHÍ

# CÔNG NGHIỆP NÔNG THÔN

JOURNAL OF RURAL INDUSTRY

ISSN 1859 - 4026

HỘI CƠ KHÍ NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM

Vietnamese Society of Agricultural Engineering (VSAGE)



VIỆN CƠ ĐIỆN NÔNG NGHIỆP VÀ CÔNG NGHỆ SAU THU HOẠCH  
CÔNG TY CỔ PHẦN NĂNG LƯỢNG VÀ BẤT ĐỘNG SẢN MCG

Số 55  
2024



Các thiết bị chữa cháy do công ty cổ phần thiết bị chuyên dùng Việt Nam phối hợp thiết kế và chế tạo



Sản phẩm khoa học và công nghệ của khoa cơ điện và công trình -trường đại học lâm nghiệp

**Q. TỔNG BIÊN TẬP**  
PGS.TS. CHU VĂN THIÊN

**PHÓ TỔNG BIÊN TẬP**  
ThS. NGUYỄN NGỌC BÌNH

**HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP**

**Chủ tịch**  
GS.TS. NGUYỄN HAY

**Phó chủ tịch**  
TSKH. BẠCH QUỐC KHANG  
PGS. TS. PHẠM ANH TUẤN

**Ủy viên**  
TS. LÊ VĂN BÁNH  
PGS.TS. NGUYỄN VĂN BÀY  
GS. TS. NGUYỄN HUY BÍCH  
ThS. NGUYỄN CÔNG BÌNH  
GS.TS. PHẠM VĂN CHƯƠNG  
PGS. TS. ĐỖ MINH CƯỜNG  
KS. LÊ VĂN KẾT  
PGS.TS. NGUYỄN DUY LÂM  
PGS. TS. LÊ MINH LƯ  
TS. NGUYỄN NĂNG NHƯỢNG  
PGS. TS. DƯƠNG VĂN TÀI  
PGS. TS. LÊ QUỐC THANH  
KS. NGUYỄN ĐỨC TUẤN  
PGS.TS. NGUYỄN ĐÌNH TÙNG  
PGS.TS. LƯƠNG VĂN VƯỢT

**ỦY VIÊN BAN BIÊN TẬP**  
CỬ NHÂN. ĐỖ NGỌC AN  
KS. NGUYỄN THANH DŨNG  
KS. NGUYỄN HỒNG DƯƠNG  
KS. HÀ ĐỨC HỒ  
KS. LÊ QUANG HƯNG

**TÒA SOẠN**

Số 54, ngõ 102, đường Trường Chinh,  
Đống Đa, Hà Nội.

ĐT: 024.38688620;

Email: hcknnvn@gmail.com

Website: www.vsage.vn

Website: www.vsage.vn/  
tap-chi-cong-nghiep-nong-thon

Giấy phép số: 230/GP - BTTTT

Bộ Thông tin và Truyền thông

Cấp ngày 12 tháng 06 năm 2015

In tại xưởng in NXBNN

Phương Mai, Đống Đa, Hà Nội

**Ảnh bìa 1:** Các thiết bị chữa cháy do  
công ty cổ phần thiết bị chuyên dùng Việt  
Nam phối hợp thiết kế và chế tạo

**MỤC LỤC**

Trang

- 1 - TS. Hoàng Sơn:** Nghiên cứu ổn định của robot chữa cháy trong quá trình hoạt động chữa cháy 2
- 2 - TS. Hoàng Hà; ThS. Bùi Thị Thúy:** Tính toán hệ thống lái tự động của robot thông minh canh tác nông nghiệp 10
- 3 - TS. Hoàng Sơn:** Động lực học tay máy lắp trên robot chữa cháy để mở cửa nhà xưởng, cầu thang 17
- 4 - TS. Hoàng Hà; ThS. Bùi Thị Thúy:** Động lực học của hệ thống đục lỗ màng phủ lắp trên robot thông minh canh tác nông nghiệp 24
- 5 - ThS. Dương Thị Thanh Tân, KS. Dương Văn Giới:** Kết quả xây dựng mô hình sản xuất muối sạch áp dụng cơ giới hóa 32
- 6 - ThS. Dương Thị Thanh Tân, ThS. Nguyễn Thành Chung:** Kết quả tính toán vườn ươm thông minh sản xuất cây giống sâm ngọc linh 41
- 7 - TS. Nguyễn Thu Huyền, Ths. Đào Văn Núi, ThS. Lê Thị Thu, KS. Cù Thị Hằng, Ds Nguyễn Thị Nụ, ThS. Nguyễn Bá Hưng, KS. Nguyễn Xuân Khánh, KS. Nguyễn Văn Dũng, KS. Trần Đại Hải:** Nghiên cứu ảnh hưởng của độ tuổi thụ hái và phương pháp làm khô đến hiệu suất thu hồi tinh dầu sả hoa hồng 49
- 8 - TS. Lê Quang Huy; GS.TS Nguyễn Hay; PGS.TS Lê Minh Nhựt; KS. Nguyễn Ngọc Vinh:** Nghiên cứu thực nghiệm xác định chế độ sấy thích hợp trong thiết bị sấy nầm môi bằng phương pháp bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm 57
- 9 - GS.TS. Phạm Văn Chương, TS. Nguyễn Trọng Kiên, TS. Nguyễn Thị Vĩnh Khánh, TS. Lê Ngọc Phước:** Ảnh hưởng của xử lý nhiệt đến một số tính chất vật lý của gỗ sa mộc (*cunninghamia lanceolata*) 71
- 10 - ThS. Nguyễn Văn Thái, ThS. Lê Thành Niên, ThS. Nguyễn Thuận Hải Đăng, ThS. Trần Văn Thuận:** Nghiên cứu ảnh hưởng nhiệt độ môi trường đến hiệu suất của bơm nhiệt (atw) đun nước nóng 81

## NGHIÊN CỨU ỔN ĐỊNH CỦA ROBOT CHỮA CHÁY TRONG QUÁ TRÌNH HOẠT ĐỘNG CHỮA CHÁY

TS. Hoàng Sơn<sup>1</sup>

### TÓM TẮT

Trong quá trình Robot hoạt động chữa cháy, Robot phải di chuyển tiếp cận đám cháy, đồng thời kéo vòi chữa cháy, quay vòng chuyển hướng, di động trên các địa hình có độ dốc ngang, dốc dọc và phải vượt qua các vật cản, chướng ngại vật, khi Robot hoạt động như vậy có thể bị mất ổn định. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu tính toán ổn định của Robot khi di chuyển trên đoạn đường có độ dốc ngang, khi Robot quay vòng có kéo vòi đẩy chữa cháy. Kết quả nghiên cứu này làm cơ sở khoa học cho hoàn thiện tính toán thiết kế Robot và xác định chế độ sử dụng Robot chữa cháy an toàn và hiệu quả.

**Từ khóa:** Ổn định Robot chữa cháy; Hoạt động Robot chữa cháy; Quay vòng ổn định Robot chữa cháy

### RESEARCH ON THE STABILITY OF FIRE-FIGHTING ROBOT DURING OPERATIONS

#### ABSTRACT

During the operation of firefighting robots, they must move closer to the fire while simultaneously pulling the fire hose, turning to change direction, and navigating on terrains with both horizontal and vertical slopes, while overcoming obstacles. Such movements can lead to instability in the robot. This paper presents research results on the stability calculations of the robot when moving on inclined surfaces, specifically when the robot is turning while dragging the firefighting hose. These research results provide a scientific basis for improving the design calculations of the robot and determining safe and effective operational modes for firefighting robots.

**Keywords:** Firefighting Robot Stability; Firefighting Robot Operation; Firefighting Robot Stability Rotation

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là quốc gia đang phát triển, nguy cơ cháy nổ là rất lớn, hàng năm vẫn xảy ra nhiều vụ cháy, gây tổn thất lớn về kinh tế, một số vụ cháy gây thiệt hại về người, một số vụ cháy phát sinh khí độc, nguy cơ phát nổ cao, việc cán bộ chiến sỹ chữa cháy tiếp cận để dập tắt những đám cháy này là rất khó khăn và ảnh hưởng đến sức khỏe và an toàn tính mạng cho chiến sỹ chữa cháy. Để chữa cháy những đám cháy này Robot chữa cháy là phương tiện chữa cháy được sử dụng hiệu quả nhất. Tuy nhiên robot chữa cháy ở Việt

Nam còn rất hạn chế. Đề tài độc lập cấp nhà nước mã số ĐTĐL.CN-98/21 đã tính toán

thiết kế chế tạo Robot chữa cháy công trình công nghiệp. Để Robot hoạt động an toàn không bị mất ổn định trên đường có độ dốc ngang, khi quay vòng chuyển hướng. Sau đây là kết quả tính toán ổn định của Robot khi hoạt động chữa cháy .

### 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

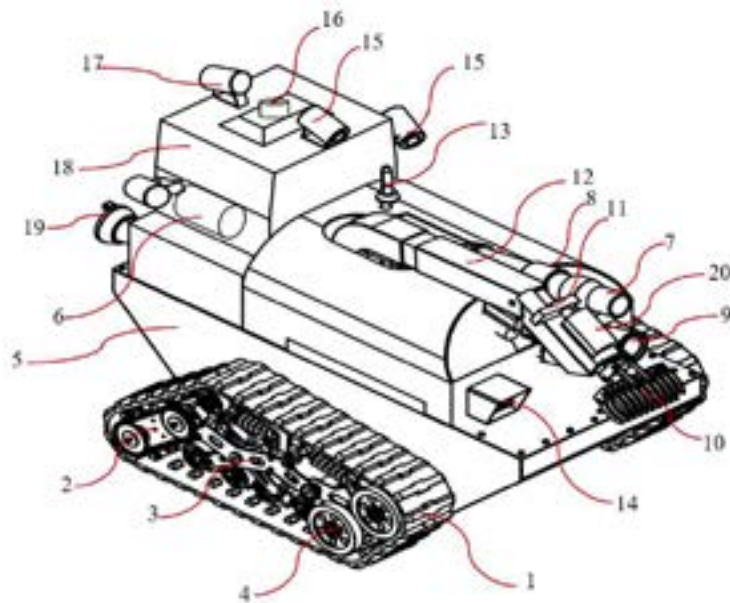
#### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

<sup>1</sup> Khoa Điện tử 1- Học viện Công nghệ Bưu chính viễn thông

Đối tượng nghiên cứu là Robot chữa cháy công trình công nghiệp do đề tài độc lập cấp nhà nước mã số: ĐTDL.CN-98/21 nghiên cứu thiết kế chế tạo trên hình 2.1 như sau:

1- Xích di chuyển robot; 2- Hệ thống truyền lực từ động cơ đến xích di chuyển robot; 3- Hệ thống di động của robot; 4- Hệ thống dẫn hướng, tạo góc vát cho robot leo cầu thang; 5- Khung gầm robot; 6- Hệ thống thu phát

tín hiệu âm thanh; 7- Lăng phun bột; 8- Khóa lăng phun bột; 9- Lăng phun nước; 10- Cơ cấu kẹp tay nắm cửa cầu thang; 11- Động cơ xoay cơ cấu kẹp; 12- Cánh tay máy nâng hạ cơ cấu kẹp; 13- Vòi phun nước tự động làm mát robot; 14- Đèn chiếu sáng; 15- Camera quan sát phía trước; 16- Hệ thống thu âm thanh; 17- Camera quan sát phía sau robot; 18- Hộp chứa vòi đẩy chữa cháy; 19- Đầu chờ để đấu nối vòi đẩy chữa cháy; 20- xy lanh để đóng mở cơ cấu kẹp



**Hình 3.1: Cấu tạo của robot chữa cháy công trình công nghiệp**

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Bài báo sử dụng phương pháp cơ học giải tích và lý thuyết ô tô để xây dựng mô hình, thiết lập phương trình cân bằng lực, cân bằng mô men, từ phương trình đã lập phân tích và tìm ra được độ dốc và vận tốc quay vòng cần thiết để Robot di chuyển không bị mất ổn định, không bị lật

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

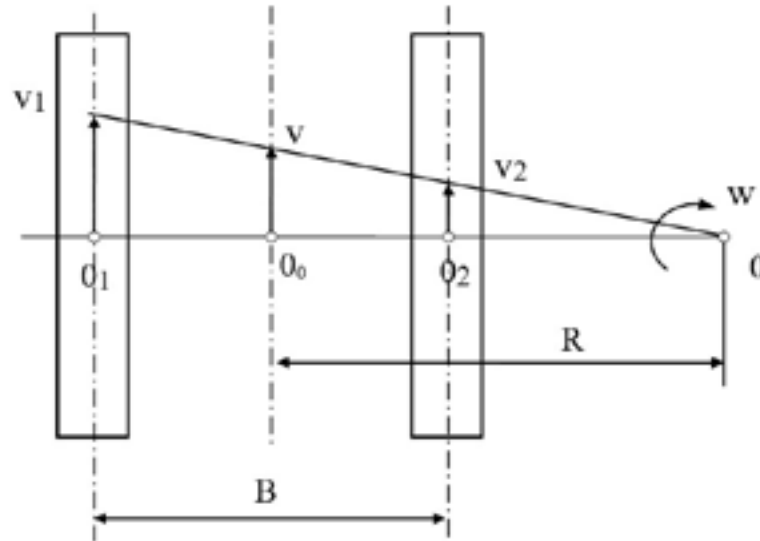
### 3.1. Động lực học quay vòng chuyển hướng của robot chữa cháy

Từ nguyên lý và điều kiện hoạt động của robot chữa cháy t đề tài xây dựng mô hình tính toán động lực học ổn định của robot khi di chuyển trên địa hình với độ dốc  $\alpha$ .

Sự điều khiển hướng chuyển động của robot được thực hiện thông qua cơ cấu quay vòng để điều chỉnh độ lớn của mô men truyền từ động cơ đến các bánh chủ động. Khi mô men trên các bánh chủ động không như nhau, chúng sẽ được quay với tốc độ

khác nhau và tốc độ tịnh tiến của các dải xích cũng sẽ khác nhau (hình 3.1). Bánh chủ động bên ngoài (so với tâm quay vòng) sẽ quay với tốc độ  $w_1$  lớn hơn tốc độ quay của bánh chủ động bên trong  $w_2$ . Do đó vận tốc tịnh tiến của dải xích bên ngoài  $v_1$  cũng sẽ lớn hơn so với vận tốc của dải xích bên trong

$v_2 < v_1$ . Dải xích bên ngoài còn được gọi là dải xích chạy nhanh và dải xích bên trong gọi là dải xích chạy chậm. Tâm quay tức thời của robot là O và được gọi là tâm quay vòng, được xác định từ sơ đồ vận tốc. Khoảng cách từ tâm quay tức thời đến trục dọc của robot được gọi là bán kính quay vòng R.



**Hình 3.1: Sơ đồ vận tốc của robot khi quay vòng**

Sự chuyển động của robot trên đường vòng có thể được xem như là tổng hợp hai chuyển động: chuyển động tịnh tiến với vận tốc  $v'$  và chuyển động quay tương đối quanh điểm  $O_0$  với vận tốc góc  $w = v'/R$ . Sự chuyển động của từng dải xích cũng được

phân tích tương tự: dải xích chạy nhanh có vận tốc tịnh tiến  $v_1$  và có chuyển động quay tương đối quanh điểm  $O_1$  với vận tốc  $w$ ; còn dải xích chạy chậm sẽ quay tương đối quanh điểm  $O_2$  cũng với vận tốc  $w$  và có vận tốc tịnh tiến là  $v_2$ .

Từ sơ đồ vận tốc (hình 3.1) ta có thể xác định được vận tốc của các dải xích như sau:

$$v_1 = (R + 0,5B)\omega = v' \frac{R + 0,5B}{R} \quad (3.1)$$

$$v_2 = (R - 0,5B)\omega = v' \frac{R - 0,5B}{R} \quad (3.2)$$

Tốc độ tịnh tiến trung bình của robot chính là tốc độ của điểm  $O_0$  và được xác định theo công thức :

$$v' = \frac{v_1 + v_2}{2} = \omega R \quad (3.3)$$

Nếu giả thiết robot chuyển động không có hiện tượng trượt, thì từ các biểu thức trên ta có thể rút ra được mối quan hệ giữa các vận tốc :

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R + 0,5B}{R - 0,5B}$$

Từ đó rút ra:

$$R = 0,5B \frac{v_1 + v_2}{v_1 - v_2} = 0,5B \frac{\omega_1 + \omega_2}{\omega_1 - \omega_2} \quad (3.4)$$

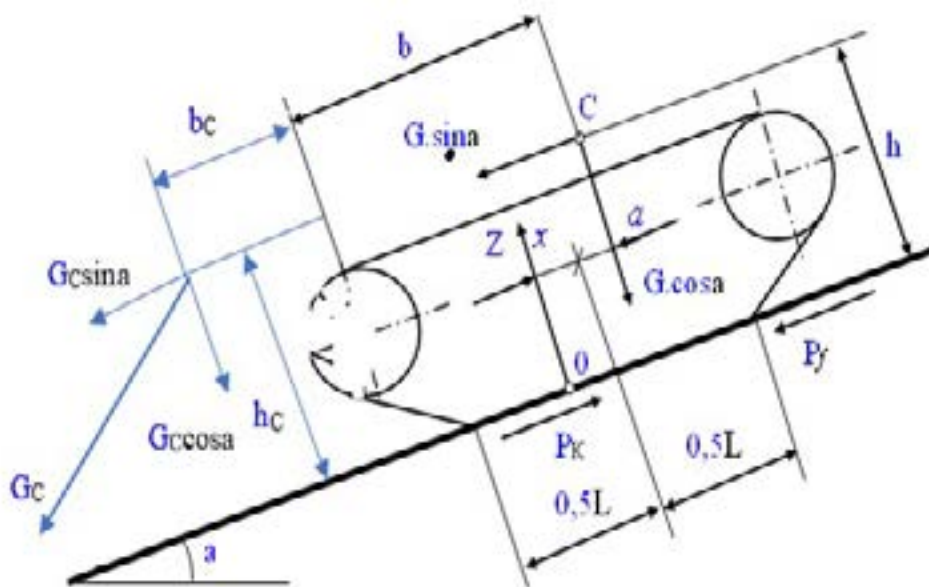
Biểu thức (3. 4) cho thấy bán kính quay vòng của robot được xác định bởi mối quan hệ giữa các vận tốc của các dải xích  $v_1$  và  $v_2$  hoặc giữa các vận tốc góc của các bánh chủ động  $\omega_1$  và  $\omega_2$ . Mối quan hệ này trước hết phụ thuộc vào đặc điểm của loại cơ cấu quay vòng và trị số của R còn thay đổi theo điều kiện chuyển động của robot.

### 3.2. Tính toán ổn định dọc của robot khi hoạt động kéo vòl đẩy chữa cháy

Robot mất ổn định khi Robot vừa kéo vòl đẩy chữa cháy vừa di chuyển trên địa hình có độ dốc lớn. Trên hình 3.2 là sơ đồ robot bánh xích di chuyển trên địa hình có độ dốc lớn và kéo vòl đẩy chữa cháy.

Lập phương trình cân bằng mô men đối với tâm áp lực 0 ta nhận được :

$$G \cos \alpha (a + x) = G \sin \alpha + G_c \cos \alpha (b + b_c - a - x) + G_c \sin \alpha \cdot h_c$$



**Hình 3.2:** Sơ đồ robot bánh xích khi leo cầu thang và kéo vòl đẩy chữa cháy

Để có thể lái được bình thường cần đảm bảo điều kiện:

$$x < x_{cp}$$

Trong đó:  $x_{cp}$  là trị số lớn nhất cho phép của độ dịch chuyển tâm áp lực x. Nếu  $x > x_{cp}$  khả năng lái sẽ rất khó khăn. Trị số  $x_{cp}$  được xác định bằng thực nghiệm .

Thay  $x = x_{cp}$  vào phương trình cân bằng mô men ta xác định được trọng lượng cho phép của robot  $G_{CCP}$  ứng với góc dốc cho trước  $\alpha$  :

$$G_{CCP} = G \frac{(a + x_{cp}) \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha}{(b + b_c - a - x_{cp}) \cos \alpha + h_c \sin \alpha} \quad (3.5)$$

Khi  $a = 0$ , trọng lượng cho phép của robot là lớn nhất:

$$G_{C_{\max}} = G \frac{a + x_{cp}}{b + b_c - a - x_{cp}} \quad (3.6)$$

### 3.3 Tính ổn định ngang tĩnh của Robot chữa cháy

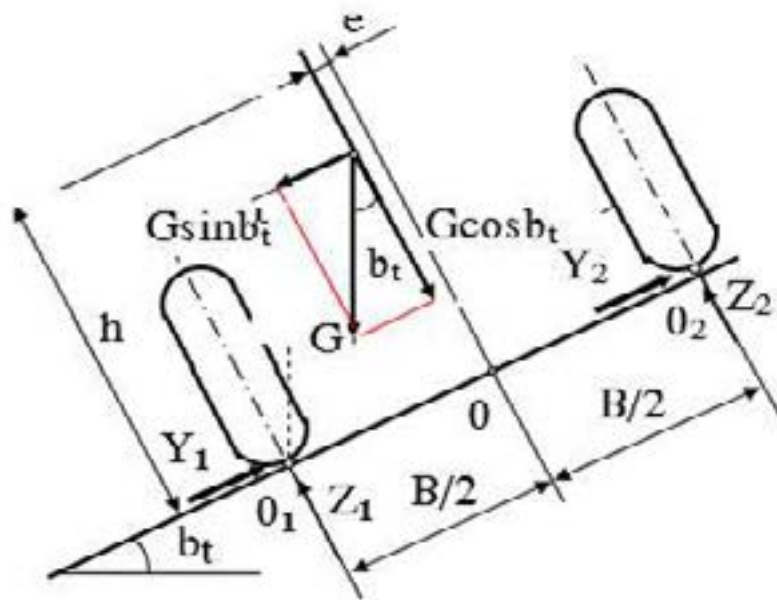
Tính ổn định ngang khi robot đứng yên còn được gọi là tính ổn định ngang tĩnh học. Nó được đặc trưng bởi góc nghiêng lớn nhất của mặt đường mà robot có thể đứng yên trên đó. Góc nghiêng đó còn được gọi là góc nghiêng giới hạn ổn định ngang tĩnh học.

Sự mất ổn định ngang có thể do bị lật nghiêng hoặc bị trượt ngang và ta có các góc ổn định tương ứng, góc nghiêng giới hạn ổn định ngang theo điều kiện lật đổ  $\beta_t$  và góc

nghiêng giới hạn ổn định ngang theo điều kiện trượt ngang  $\beta_\phi$ .

Các góc nghiêng giới hạn  $\beta_t$  và  $\beta_\phi$  chủ yếu phụ thuộc vào vị trí trọng tâm và phụ thuộc vào loại và sự bố trí hệ thống di động. Chúng ta sẽ xem xét cho một số trường hợp cụ thể thường gặp.

Để dễ hiểu, trước hết ta xem xét trường hợp trọng tâm robot nằm trên mặt phẳng đối xứng dọc. Sơ đồ lực tác dụng lên robot được trình bày trên hình 3.3



**Hình 3.3: Sơ đồ lực tác dụng lên robot khi đứng yên trên mặt phẳng nghiêng**

Trong trường hợp này nếu robot bị lật thì trục lật sẽ là đường thẳng đi qua điểm  $O_1$  và song song với mặt phẳng dọc của robot.

Dấu hiệu cho biết robot bị lật là phản lực pháp tuyến trên các bánh xích bên phải bị triệt tiêu  $Z_2 = 0$

$$G \cos \beta_t \cdot B/2 = G \sin \beta_t \cdot h \quad (3.7)$$

Từ đó rút ra :  $\text{tg} \beta_t = B/2h$  (3.8)  
trong đó : B - bề rộng cơ sở của Robot;

$h$  - chiều cao của trọng tâm robot ;

$\beta_t$  - góc nghiêng giới hạn ổn định ngang chống lật.

Xét sự cân bằng lực theo phương song song với mặt đường ta sẽ nhận được

$$G \sin \beta = Y_1 + Y_2$$

Trong đó :  $Y_1, Y_2$  - các phản lực ngang trên các bánh xích phía dưới và các bánh xích phía trên dốc.

Giá trị cực đại của các phản lực tiếp tuyến phụ thuộc vào điều kiện bám và các phản lực pháp tuyến  $Z_1$  và  $Z_2$ . Nếu chấp nhận hệ số bám của các bánh xích phía dưới và

phía trên dốc là bằng nhau  $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$  thì các góc nghiêng giới hạn  $\beta_j$  có thể được xác định từ phương trình cân bằng lực :

$$G \sin \beta_\varphi = Y_{1\max} + Y_{2\max} = \varphi G \cos \beta_\varphi$$

và sẽ nhận được :

$$\operatorname{tg} \beta_\varphi = \varphi \quad (3.9)$$

Nếu trọng tâm của robot dịch khỏi mặt phẳng đối xứng dọc một đoạn  $e$  nào đó (hình 3.3) thì các góc nghiêng giới hạn theo điều kiện lật đổ sẽ bị thay đổi tùy thuộc vào

chiều chuyển động của robot. Việc xác định các góc nghiêng giới hạn  $\beta_t$  và  $\beta_\varphi$  cũng tương tự như đã trình bày ở trên, cụ thể là:

$$\operatorname{tg} \beta_l = \frac{0.5B \pm e}{h} \quad (3.10)$$

$$\operatorname{tg} \beta_\varphi = \varphi \quad (3.11)$$

Trong công thức (3.10) lấy dấu (+) hoặc (-) là tùy thuộc trọng tâm dịch gần về các bánh xích phía trên hoặc phía dưới chân dốc.

Khi robot quay vòng sẽ xuất hiện lực quán tính lực ly tâm gây ảnh hưởng đến tính ổn định ngang.

Khi quay vòng sẽ xuất hiện lực ly tâm (hình 3.4):

### 3.4. Tính ổn định ngang của Robot chữa cháy khi quay vòng

$$P_{Lt} = \frac{G}{g} R_{Lt} \omega^2 \quad (3.12)$$

Trong đó :  $G$  - trọng lượng Robot;  $g$  - gia tốc trọng trường

$R_{Lt}$  - khoảng cách từ trọng tâm robot đến tâm quay vòng

$\omega$  - vận tốc quay vòng:  $\omega = v/R$

$v$  - vận tốc tịnh tiến trung bình (vận tốc của điểm  $O_0$ ) khi quay vòng.

Ta phân tích lực ly tâm thành hai phần: thành phần dọc theo robot  $P_{Ltx}$  và thành phần vuông góc với trục dọc của

robot  $P_{Lty}$ . Thành phần  $P_{Lty}$  sẽ gây ảnh hưởng đến tính ổn định ngang và giá trị của nó có thể tính theo biểu thức:

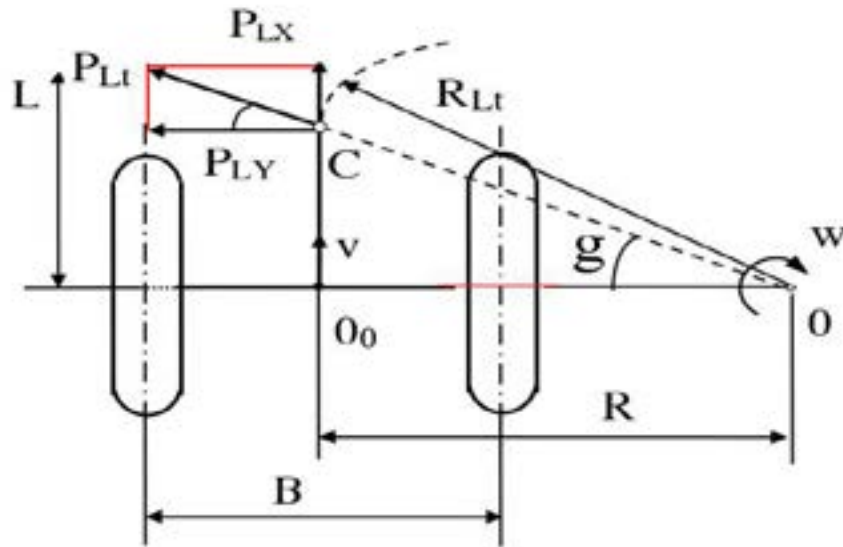
$$P_{Lty} = P_{Lt} \cos \gamma = \frac{G}{g} R_{Lt} \frac{v^2}{R^2} \frac{R}{R_{Lt}} = \frac{G v^2}{g R} \quad (3.13)$$

Trường hợp nguy hiểm nhất là khi robot quay trên một mặt phẳng nghiêng với

tâm quay vòng ở phía trên dốc.

Để đảm bảo cho robot không bị lật tọc

độ chuyển động khi quay vòng phải nhỏ hơn một giá trị giới hạn nào đó  $v_{lim}$ .



**Hình 3.4. Sơ đồ xác định góc nghiêng giới hạn khi robot quay vòng lên dốc**

Khi bị lật phản lực tiếp tuyến  $Z_2 = 0$  và từ điều kiện cân bằng mô men lấy với điểm  $O_1$  ta sẽ nhận được :

$$(G \cos \beta - P_{LtY} \sin \beta) \frac{B}{2} = (P_{LtY} \cos \beta + G \sin \beta) \cdot h$$

hoặc

$$(G \cos \beta - \frac{G \cdot v_{lim}^2}{gR} \sin \beta) \frac{B}{2h} = \frac{G \cdot v_{lim}^2}{gR} \cos \beta + G \sin \beta$$

Từ đó rút ra :

$$v_{lim} = \sqrt{gR \frac{\text{tg} \beta_t - \text{tg} \beta}{1 - \text{tg} \beta \cdot \text{tg} \beta_t}} = \sqrt{gR \cdot \text{tg}(\beta_t - \beta)} \quad (3.14)$$

Trong đó:  $R$  – bán kính quay vòng;

$\beta_t$  – góc dốc giới hạn tĩnh:  $\text{tg} \beta_t = \frac{0,5B}{h}$

Khi quay vòng trên đường bằng ( $b = 0$ ) vận tốc giới hạn sẽ là:

$$v_{lim0} = \sqrt{gR \cdot \text{tg} \beta_t} \quad (3.15)$$

Tính ổn định ngang khi quay vòng có thể còn bị trượt do bị trượt ngang. Khi quay vòng trên mặt phẳng nghiêng (hình 3.4) các phản lực ngang  $Y_1, Y_2$  sẽ chống lại sự

trượt ngang. Giá trị cực đại của chúng chính là các lực bám ngang của bánh xích. Từ điều kiện cân bằng lực theo phương ngang ta sẽ nhận được :

$$P_{LtY} \cos \beta + G \sin \beta = Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2} = \phi_y (Z_1 + Z_2)$$

hoặc

$$\frac{G \cdot v^2}{gR} \cos \beta + G \sin \beta = Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2} = \phi_y (G \cos \beta - \frac{G \cdot v^2}{gR} \sin \beta)$$

Từ đó ta xác định được vận tốc giới hạn theo điều kiện bám ngang là:

$$v_{\lim\varphi} = \sqrt{gR \frac{\varphi_y - \text{tg}\beta}{1 + \varphi_y \text{tg}\beta}} \quad (3.16)$$

Trong đó :  $Y_{1\varphi}$ ,  $Y_{2\varphi}$  – các lực bám ngang của các bánh xe phía dưới và phía trên.

$\varphi_Y$  – hệ số bám ngang của bánh xe.

Khi quay vòng trên mặt phẳng ngang  $\beta = 0$ , ta sẽ xác định được vận tốc lớn nhất cho phép đảm bảo không bị trượt ngang.

$$v_{\lim j} = \sqrt{gR\varphi_y} \quad (3.17)$$

Qua hình 3.26 và các công thức trên cho thấy rằng, khi robot quay vòng theo chiều khi lên dốc, các góc nghiêng giới hạn nhỏ hơn so với khi đứng yên:  $b_d < b_t$  và  $b_{dj} < b_j$ .

Trong trường hợp quay vòng theo chiều xuống dốc, thành phần lực ly tâm  $P_{LY}$  sẽ ngược chiều với thành phần trọng lượng  $G\sin\beta$ . Do đó lực ly tâm sẽ làm tăng thêm tính ổn định ngang của robot và các góc nghiêng giới hạn ổn định động sẽ lớn hơn các góc nghiêng giới hạn ổn định tĩnh.

#### 4. KẾT LUẬN

Từ kết quả tính toán ở trên, đã xây dựng được sơ đồ tính toán, thiết lập được phương trình tính toán ổn định của Robot chữa cháy trong các trường hợp sau: Robot chữa cháy di chuyển trên địa hình có độ dốc cao và đồng thời kéo vòi đẩy chữa cháy; Robot đứng trên đường có độ dốc ngang lớn; Robot chữa cháy quay vòng chuyển hướng trên đường có độ dốc ngang. Kết quả nghiên cứu này làm cơ sở xác định độ dốc dọc và độ dốc ngang lớn nhất để cho Robot hoạt động an toàn và hiệu quả.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Quang Bốn (2024), Báo cáo tổng hợp kết quả đề tài “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thử nghiệm Robot chữa cháy công trình công nghiệp”, Đề tài độc lập cấp quốc gia, mã số ĐTĐL.CN-98/21, Cục thông tin khoa học công nghệ quốc gia
2. Nguyễn Hũu Cẩn, Phạm Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng (2004), *Lý thuyết ô tô máy kéo*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
3. Phạm Xuân Mai, Nguyễn Hữu Hùng, Ngô Xuân Ngát (2007), *Tính toán sức kéo ô tô – máy kéo*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh.
4. Nông Văn Vìn (2000), *Nghiên cứu chỉ tiêu kéo của máy kéo khi làm việc trên độ dốc ngang*, Báo cáo khoa học Trường Đại học Nông nghiệp I.
5. Nông Văn Vìn (2007), *Động lực học ô tô máy kéo*, Giáo trình Đại học Nông nghiệp I.

**Ngày nhận bài:** 01/11/2024

**Người Phản biện:** PGS.TS. Nguyễn Phạm Thục Anh - Đại học Bách khoa Hà Nội

# TÍNH TOÁN HỆ THỐNG LÁI TỰ ĐỘNG CỦA ROBOT THÔNG MINH CANH TÁC NÔNG NGHIỆP

TS. Hoàng Hà<sup>1</sup>; ThS. Bùi Thị Thúy<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Bài báo này giới thiệu kết quả xây dựng mô hình, thiết lập phương trình động lực học của hệ thống lái tự động của Robot thông minh canh tác nông nghiệp. Kết quả tính toán là cơ sở khoa học để tính toán thiết kế chế tạo hệ lái tự động của Robot thông minh canh tác nông nghiệp

**Từ khóa:** Hệ thống lái tự động Robot thông minh; Động lực học hệ thống lái tự động; Robot thông minh canh tác nông nghiệp

## CALCULATION OF THE AUTOMATIC STEERING SYSTEM FOR SMART AGRICULTURAL CULTIVATION ROBOTS

### ABSTRACT

*This paper presents the results of developing a model and establishing the dynamic equations of the automatic steering system for smart agricultural robots. The results provide a scientific basis for designing and fabricating the automatic steering system for smart agricultural robots.*

**Keywords:** Smart Robot Automatic Steering System; Automatic Steering System Dynamic; Smart Agricultural Cultivation Robot

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là nước có nền nông nghiệp đang phát triển, kim ngạch xuất khẩu năm 2023 khoảng 55 tỷ USD, song việc áp dụng Robot vào trong sản xuất nông nghiệp ở Việt Nam còn hạn chế. Ở một số nước nông nghiệp phát triển như Nhật bản, Hàn Quốc, phát đã sử dụng Robot thông minh vào trong quá trình sản xuất rau như Robot tự động đục lỗ màng phủ, Robot xới đất, Robot tự động làm cỏ, phun thuốc bảo vệ thực vật, khi áp dụng các Robot thông minh vào trong sản xuất rau cho năng suất và chất lượng rau cao, đặc biệt là giảm chi phí nhân công lao động trong nông nghiệp, trong khi đó lao động

trong nông nghiệp có xu hướng giảm vì người làm nông nghiệp có xu hướng dịch chuyển lên thành phố để làm việc trong các công ty, các nhà máy xí nghiệp.

Việc áp dụng công nghệ cao nói chung và áp dụng Robot thông minh vào trong sản xuất nông nghiệp nói chung và vào trong sản xuất rau quả nói riêng là tất yếu và có tính thời sự, vì nó mang lại rất nhiều lợi ích. Song việc nhập khẩu Robot của nước ngoài rất đắt tiền, không phù hợp với điều kiện cây trồng của Việt Nam. Để làm chủ được công nghệ, phù hợp với điều kiện canh tác, với cây trồng ở Việt Nam, đồng thời thiết bị có vốn

<sup>1</sup>Trường Đại học Lâm nghiệp

<sup>2</sup>Trường Đại học Điện Lực

đầu tư phù hợp với sản xuất nông nghiệp của địa phương thì cần thiết phải có nghiên cứu thiết kế chế tạo Robot thông minh phục vụ cho sản xuất rau quả công nghệ cao, đáp ứng yêu cầu tiêu dùng trong nước và xuất khẩu.

Xuất phát từ những lý do như đã phân tích ở trên, năm 2020 Sở Khoa học và công nghệ thành phố Hà Nội đã giao cho Trường Đại học Điện lực thực hiện đề tài cấp thành phố: “Nghiên cứu thiết kế chế tạo Robot thông minh phục vụ sản xuất rau ở thành phố Hà Nội”, mã số 01C-02/001-2020-3, Robot thông minh được vận hành bằng hệ thống lái tự động điều hướng bằng định vị vệ tinh, để có cơ sở khoa học cho thiết kế chế tạo hệ thống lái tự động cần thiết phải nghiên cứu động học, động lực học hệ thống này. Bài báo này giới thiệu kết quả tính toán động học hệ thống lái tự động của Robot thông minh canh tác nông nghiệp.

## 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng và thiết bị nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là Robot thông minh phục vụ sản xuất rau ở thành phố Hà Nội, mã số: 01C-02/001-2020-3

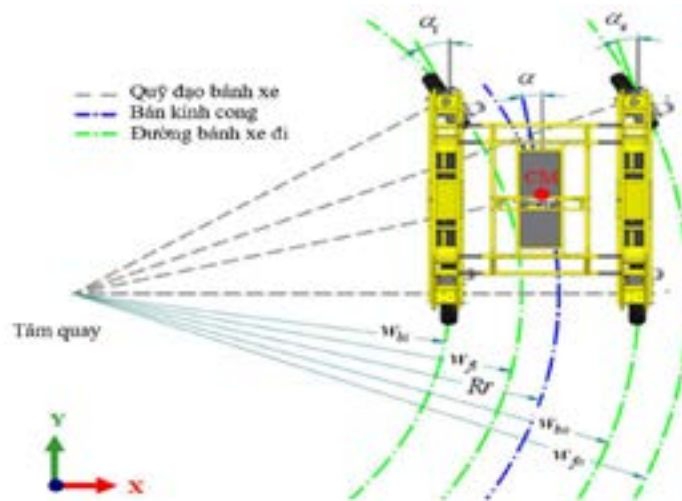
### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được sử dụng là áp dụng lý thuyết cơ học hệ nhiều vật, lý thuyết động lực học máy để thiết lập mô hình, thiết lập hệ phương trình vi phân động lực học của Robot thông minh khi di chuyển để canh tác nông nghiệp trên cánh đồng.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Mô hình động học của robot thông minh khi quay vòng

Để thực hiện mô hình động học, cần phải biết mối quan hệ giữa các góc bên ngoài và bên trong của bánh xe khi quay. Tham chiếu tổng thể được biểu thị bằng các trục X và Y. Tham chiếu vị trí được biểu thị bằng tâm khối lượng (CM) nằm trên Robot. Trong trường hợp này, vị trí của CM nằm ở giữa Robot do cấu hình mô-đun và đối xứng. Hình học lái của Ackermann được xác định bởi góc lái của Robot ( $\alpha$ ) so với trọng tâm của nó.



Hình 3.1. Mô hình động học của Robot thông minh khi quay vòng

Với điều này, bán kính cong tức thời của xe ( $C_r$ ) được xác định như trong Hình 3.1 và được mô tả bởi phương trình 1.

$$C_r = \sqrt{\left(\frac{c}{\tan\alpha} 2\right)^2 + \left(\frac{c}{2}\right)^2} \quad (3.1)$$

Tất cả các phương trình được trình bày trong nghiên cứu này là hàm của chiều dài ( $C$ ) và chiều rộng ( $L$ ) của tương ứng. Góc đánh lái tối đa bị giới hạn bởi các thông số cơ học của Robot. Các góc lái lớn nhất của bánh xe trong của bánh  $\alpha_i$  đã được thiết lập

$$\alpha_i = \arctan\left(\left[\left(\frac{c}{\tan\alpha} 2\right) - \frac{L}{2}\right]\right) \quad (3.2)$$

$$\alpha_e = \arctan\left(\left[\left(\frac{c}{\tan\alpha} 2\right) + \frac{L}{2}\right]\right) \quad (3.3)$$

Các phương trình từ 4 đến 7 biểu thị tỷ lệ tốc độ quay, tính bằng phần trăm, của mỗi bánh xe của robot trong chức năng của góc lái của nó. Các phương trình 4, 5, 6 và 7

$$w_{fi} = \frac{\left[\left(\sqrt{\left(\left(\frac{c}{\tan\alpha} 2 - \frac{L}{2}\right)^2 + c^2}\right)}\right) 100\right]}{\left[\left(\left(\frac{c}{\tan\alpha} 2 + \frac{L}{2}\right)^2 + c^2\right)\right]} \quad (3.4)$$

$$w_{f0} = 100 \quad (3.5)$$

$$w_{bi} = \frac{\left[\left(\left(\frac{c}{\tan\alpha} 2\right) - \frac{L}{2}\right) 100\right]}{\left[\left(\left(\frac{c}{\tan\alpha} 2 + \frac{L}{2}\right)^2 + c^2\right)\right]} \quad (3.6)$$

$$w_{bo} = \frac{\left[\left(\left(\frac{c}{\tan\alpha} 2\right) + \frac{L}{2}\right) 100\right]}{\left[\left(\left(\frac{c}{\tan\alpha} 2 + \frac{L}{2}\right)^2 + c^2\right)\right]} \quad (3.7)$$

### 3.2. Mô hình dẫn động bánh xe trên Robot thông minh canh tác nông nghiệp

Xét trong hệ quy chiếu gắn với môi trường canh tác,  $\vartheta_R\{O_R x_R y_R\}$  gắn tại tâm R

$$V_R = \Omega \rho$$

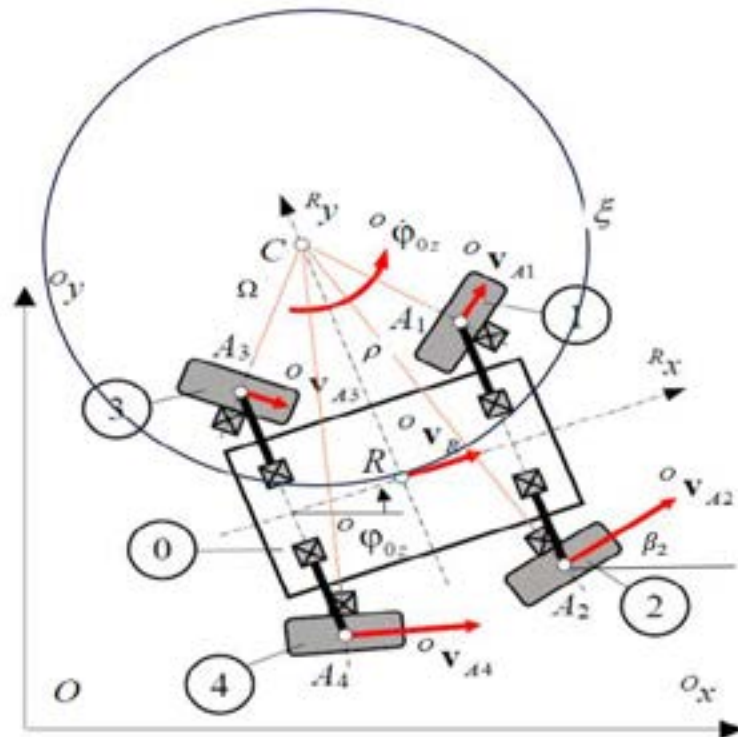
Với  $\Omega$  là vận tốc góc của robot,  $\rho$  là bán kính cong của  $\xi$

là  $45^\circ$ , do đó, giá trị tối thiểu, góc lái của xe cũng như bán kính lái tức thời nhỏ nhất của độ cong.

Phương trình 2 và 3 biểu thị góc lái của bánh xe bên trong của bánh  $\alpha_i$  và góc lái xe bên ngoài  $\alpha_e$  tương ứng.

chứng minh tốc độ của bên trong bánh trước ( $w_{fi}$ ), bánh trước bên ngoài ( $w_{fo}$ ), bánh sau bên trong ( $w_{bi}$ ) và bánh sau bên ngoài ( $w_{bo}$ ) tương ứng.

của rôbốt với giả thiết rôbốt di chuyển theo quỹ đạo canh tác  $\xi$  với vận tốc  $V_R$  theo phương tiếp tuyến như hình 3.2



**Hình 3.2. Mối quan hệ thông số động học của robot**

Như vậy, vận tốc  $V_i$  của bánh xe theo  $V_G$  được cho bởi:

$$\begin{cases} V_{A1} = V_R \rho_1(\rho)^{-1} \\ V_{A2} = V_R \rho_2(\rho)^{-1} \\ V_{A3} = V_R \rho_3(\rho)^{-1} \\ V_{A4} = V_R \rho_4(\rho)^{-1} \end{cases}$$

Do đó ta có vận tốc góc các bánh xe theo bán kính  $\rho$  của quỹ đạo canh tác  $\xi$  và vận tốc mong muốn  $V_R$  áp đặt lên rôbốt:

$$\omega_i = \frac{V_R}{\rho} \rho_i (i = 1 \div 4) \quad (3.8)$$

Trong đó:

$$\rho_i = \sqrt{\rho_R^2 + \rho^2 - 2\rho_R\rho \cos \gamma_i}$$

Với  $\gamma_i = \arctan\left(\frac{d}{L}\right)$ ,  $\rho_i$  khoảng cách từ tâm trục càng đến tâm vận tốc tức thời  $I(i=1-4)$ ,  $\rho$  là khoảng cách từ tâm G trên robot đến tâm càng, L- là khoảng cách giữa hai bánh, d – là khoảng cách hai trục cơ sở.

### 3.3. Điều khiển đánh lái các càng mang bánh xe dẫn động

Xét tại thời điểm tức thời tương ứng với từng vị trí rôbốt di chuyển từ Hình 3.2

các góc đánh lái từng bánh là  $\beta_i$ . Với ký hiệu quy ước trên các góc đánh lái  $\beta_i$  ( $i=1\div 4$ ) điều khiển các khớp xoay càng mang bánh xe được xác định như sau:

$$\begin{cases} \beta_1 = \pi - \arccos\left(\frac{(L^2 + \rho_1^2) - \rho_4^2}{2L\rho_1}\right) \\ \beta_2 = \pi - \arccos\left(\frac{(L^2 + \rho_2^2) - \rho_3^2}{2L\rho_2}\right) \\ \beta_3 = \pi - \arccos\left(\frac{(L^2 + \rho_3^2) - \rho_2^2}{2L\rho_3}\right) \\ \beta_4 = \pi - \arccos\left(\frac{(L^2 + \rho_4^2) - \rho_1^2}{2L\rho_4}\right) \end{cases} \quad (3.9)$$

Phương trình (3.8) và (3.9) xác định 8 thông số điều khiển các khớp nối của Robot. Trong đó, 4 thông số được điều khiển độc lập để định hướng, và 4 thông số khác điều khiển tốc độ quay của 4 bánh xe độc lập. Quá trình điều khiển sẽ dựa trên vận tốc mong muốn  $V_R$  và quỹ đạo dẫn đường  $\xi$  được thiết lập trước.

Bốn thông số điều khiển hướng cho phép Robot di chuyển linh hoạt trên các luống canh tác, trong khi 4 thông số dẫn động độc lập cho từng bánh xe giúp điều chỉnh tốc độ và hướng di chuyển phù hợp với vận tốc mong muốn và quỹ đạo dẫn đường đã được lập trình sẵn. Việc sử dụng các thông số này cho phép Robot hoạt động một cách hiệu quả và chính xác trên cánh đồng.

### 3.4. Thực nghiệm kiểm chứng lái tự động của Robot thông minh

#### 3.4.1. Thông số mô hình thực nghiệm

Với mục đích mô phỏng thuật toán và các thông số điều khiển, tiến hành chế tạo một mẫu robot và sa bàn thu nhỏ, với các thông số của mô hình như sau:

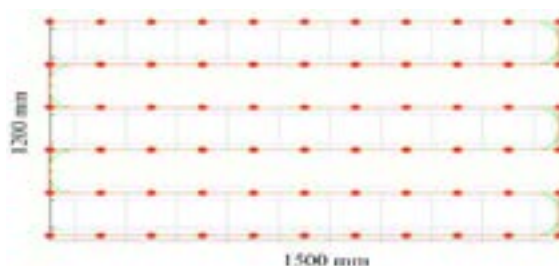
Kích thước sa bàn: Chiều dài 1200 mm, chiều rộng 900 mm. Trong đó, chiều rộng mỗi luống là 150 mm, khoảng cách giữa các tâm luống cũng là 150 mm. Kích thước cơ bản của robot: Khoảng cách giữa hai bánh xe ( $d$ ) là 220 mm, khoảng cách từ trục bánh xe tới tâm robot ( $L$ ) là 160 mm, bán kính của bánh xe ( $r$ ) là 20 mm, và chiều dày của bánh xe ( $a$ ) là 10 mm.

Về hệ thống điều khiển, robot sử dụng động cơ Servo để dẫn động các bánh xe và đánh lái. Bộ điều khiển trung tâm của hệ thống là bo mạch Arduino UNO R3.

Việc chế tạo mẫu robot và sa bàn thu nhỏ này giúp đề tài có thể thực hiện các thử nghiệm và minh họa thuật toán dẫn đường zigzag một cách cụ thể, đồng thời cũng cho phép điều chỉnh các thông số điều khiển biến khớp để phù hợp với từng môi trường canh tác khác nhau.

#### 3.4.2. Tham số cài đặt

Thông số sinh bản đồ dẫn đường cài đặt vào bộ nhớ của Robot:  $\Delta x = 150$  mm, số luống 5, Số điểm trích mẫu theo phương ngang là 11. Vận tốc đặt  $V_R = 0,83$  m/giây.

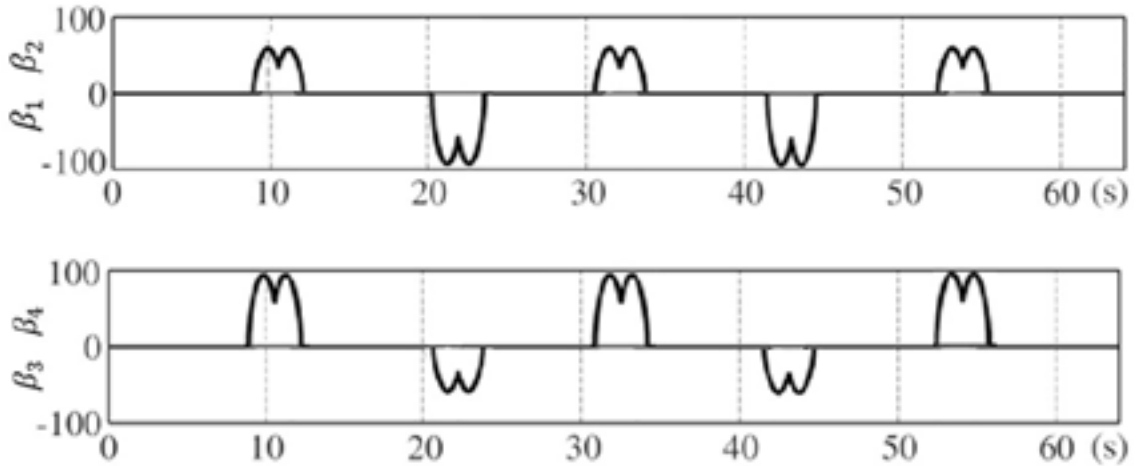


Hình 3.3. Bản đồ thực nghiệm dẫn đường cho Robot

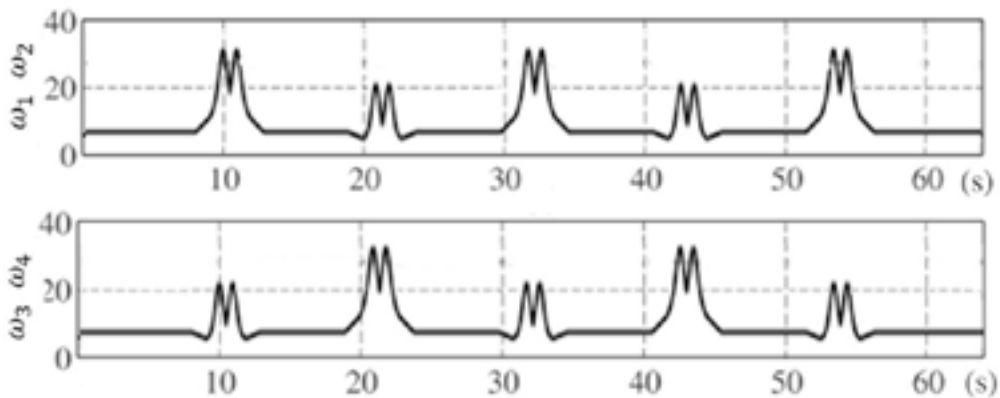
**3.4.3. Kết quả mô phỏng và thực nghiệm**

Từ các thông số cài đặt và thực nghiệm, kết quả thu được góc của khớp điều

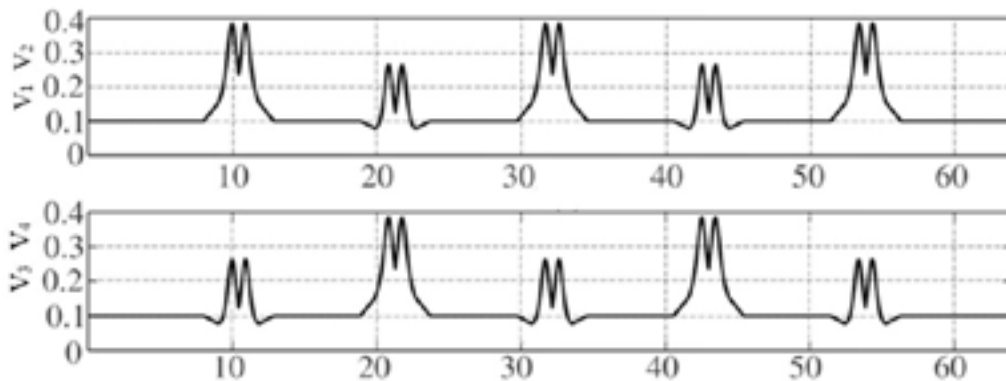
khiển hướng của các bánh như trên hình 3.4 - 3.6.



**Hình 3.4. Góc của khớp điều khiển hướng của các bánh**



**Hình 3.5. Vận tốc góc điều khiển các bánh xe dẫn động Robot di chuyển**



**Hình 3.6. Tốc độ điều khiển các bánh xe dẫn động robot di chuyển**

Nhận xét: Từ kết quả mô phỏng thu được trên các đồ thị từ hình 3.4-3.6, có một số nhận xét sau:

Về sai số theo phương ngang (phương y): Kết quả cho thấy sai số trung bình khoảng 1-2 mm so với luồng thứ 4. Điều này

cho thấy việc điều khiển Robot để di chuyển đúng theo các luồng đã được xác định là tương đối chính xác, ít nhất là ở các luồng đầu tiên. Sai số nhỏ như vậy cho thấy hệ thống điều khiển và cân bằng của phương tiện hoạt động tin cậy, có thể duy trì được đường đi theo các luồng được định sẵn.

Về sai số lệch so với mép luồng: Sai số bắt đầu xuất hiện từ luồng thứ 2, với khoảng 1 mm. Sai số này tăng dần lên 1,5 mm ở luồng thứ 3 và khoảng 4 mm ở luồng thứ 5. Nguyên nhân chủ yếu được cho là do sự trơn trượt của mặt đường sa bàn cứng. Sự trơn trượt của mặt đường là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến độ chính xác của quá trình di chuyển. Mặc dù khảo nghiệm này mới chỉ tập trung vào động học mà chưa đề cập đến ma sát, nhưng kết quả cho thấy yếu tố ma sát sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc xác định chính xác đường đi của Robot. Khi lực ma sát thay đổi, thay đổi điều kiện bề mặt đường, sẽ dẫn đến sự thay đổi trong quỹ đạo di chuyển của các bánh xe, gây ra sai lệch so với luồng đã định. Ngoài ra các động cơ dẫn động và đánh lái bốn càng đang được điều khiển theo thông số động học trực tiếp, chưa có tín hiệu phản hồi và đồng bộ hóa với tốc độ. Điều này dẫn đến sai số trong quá trình di chuyển.

Hệ thống điều khiển trực tiếp dựa trên các thông số động học như góc quay, vận tốc góc, v.v. mà không có thông tin phản hồi về vị trí thực tế của phương tiện so với luồng đã định, cũng như không đồng bộ hóa các thông số điều khiển, sẽ dẫn đến sai lệch tích lũy

trong quá trình di chuyển. Khi phương tiện di chuyển xa hơn, sai số sẽ càng lớn.

#### 4. KẾT LUẬN

Từ cấu tạo và nguyên lý làm việc của Robot thông minh canh tác nông nghiệp, đã xây dựng mô hình động học của Robot khi quy vòng, mô hình dẫn động bánh xe, thiết lập được phương trình điều khiển đánh lái các cành mang bánh xe dẫn động Robot, (3.8); (3.9), kết quả thực nghiệm và mô phỏng cho thấy mô hình và phương trình đã thiết lập có độ tin cậy cần thiết. Những kết quả nghiên cứu này là cơ sở khoa học để tính toán thiết kế và hoàn thiện hệ thống lái tự động trên Robot thông minh canh tác nông nghiệp.

#### 5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Khang (2007), *Cơ học hệ nhiều vật*, Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
2. Đỗ Sanh, Nguyễn Văn Vương (2000), *Cơ học ứng dụng*, Nxb Khoa học kỹ thuật, Hà Nội
3. Franz Holzweibig, Hans Dresig (2001), *Động lực học máy*, Nxb Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
4. Lê Quốc Dũng (2024), Báo cáo tổng hợp kết quả đề tài: "*Nghiên cứu thiết kế chế tạo Robot thông minh phục vụ sản xuất rau ở thành phố Hà Nội* ", mã số 01C-02/001-2020-3, đề tài cấp thành phố Hà Nội, Cục thông tin khoa học công nghệ quốc gia

**Ngày nhận bài:** 01/11/2024

**Người Phản biện:** PGS.TS. Vũ Khắc Bảy - Trường Đại học Lâm Nghiệp

## **ĐỘNG LỰC HỌC TAY MÁY LẮP TRÊN ROBOT CHỮA CHÁY ĐỂ MỞ CỬA NHÀ XƯỞNG, CẦU THANG**

TS. Hoàng Sơn<sup>1</sup>

### **TÓM TẮT**

Theo công nghệ chữa cháy bằng Robot, khi chữa cháy các công trình công nghiệp, Robot cần phải di chuyển vào trong các công trình bị cháy, nhằm tiếp cận gần đám cháy, từ đó thực hiện các công nghệ chữa cháy. Để Robot di chuyển vào trong nhà xưởng công trình thì cần thiết phải có thiết bị mở cửa, do vậy trên Robot chữa cháy có thiết kế tay máy để mở cửa. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu tính toán động lực học tay máy lắp trên Robot để mở cửa công trình công nghiệp khi thực hiện quá trình chữa cháy. Kết quả nghiên cứu này làm cơ sở khoa học cho hoàn thiện tính toán thiết kế tay máy mở cửa nhà xưởng công trình công nghiệp.

**Từ khóa:** Tay máy robot mở cửa; nhà xưởng; hệ thống mở cửa cầu thang; robot chữa cháy

### **ABSTRACT**

According to firefighting technology using robots, when extinguishing fires in industrial facilities, robots need to move inside the burning structures to get close to the fire and implement firefighting technologies. To allow robots to enter the industrial buildings, it is necessary to have door-opening devices; therefore, firefighting robots are designed with robotic arms to open doors. This paper presents the results of research on the dynamics of the robotic arm mounted on the robot for opening doors in industrial facilities during firefighting operations. These research findings provide a scientific basis for refining the design calculations of robotic arms for opening doors in industrial buildings.

**Keywords:** Robotic arm for opening doors; Industrial facility; Stairway door opening system; Firefighting robot

### **1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Việt Nam là quốc gia đang phát triển, nguy cơ cháy nổ là rất lớn, hàng năm vẫn xảy ra nhiều vụ cháy, gây tổn thất lớn về kinh tế, một số vụ cháy gây thiệt hại về người, một số vụ cháy phát sinh khí độc, nguy cơ phát nổ cao, việc cán bộ chiến sỹ chữa cháy tiếp cận để dập tắt những đám cháy này là rất khó khăn và ảnh hưởng đến sức khỏe và an toàn tính mạng cho chiến sỹ chữa cháy. Để chữa cháy những đám cháy này Robot chữa cháy là phương tiện chữa cháy được sử dụng hiệu quả nhất. Tuy nhiên robot chữa cháy ở Việt Nam còn rất hạn chế. Đề tài độc lập cấp nhà nước mã số ĐTĐL.CN-98/21 đã tính toán thiết kế chế tạo Robot chữa cháy công trình

công nghiệp. Để cho Robot di chuyển được vào bên trong công trình cần thiết phải có hệ thống mở cửa, do vậy trên Robot có thiết kế tay máy để mở cửa nhà xưởng, cầu thang. Bài báo này giới thiệu kết quả tính toán động lực học của tay máy mở cửa cầu thang, mở cửa nhà xưởng.

### **2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

#### **2.1. Đối tượng nghiên cứu**

Đối tượng nghiên cứu là Robot chữa cháy công trình công nghiệp do đề tài độc lập cấp nhà nước mã số: ĐTĐL.CN-98/21 nghiên cứu thiết kế chế tạo, trên Robot chữa cháy có thiết kế tay máy mở cửa nhà xưởng, mở cửa cầu thang, hình 2.1 như sau:

<sup>1</sup> Khoa Điện tử 1- Học viện Công nghệ Bưu chính viễn thông



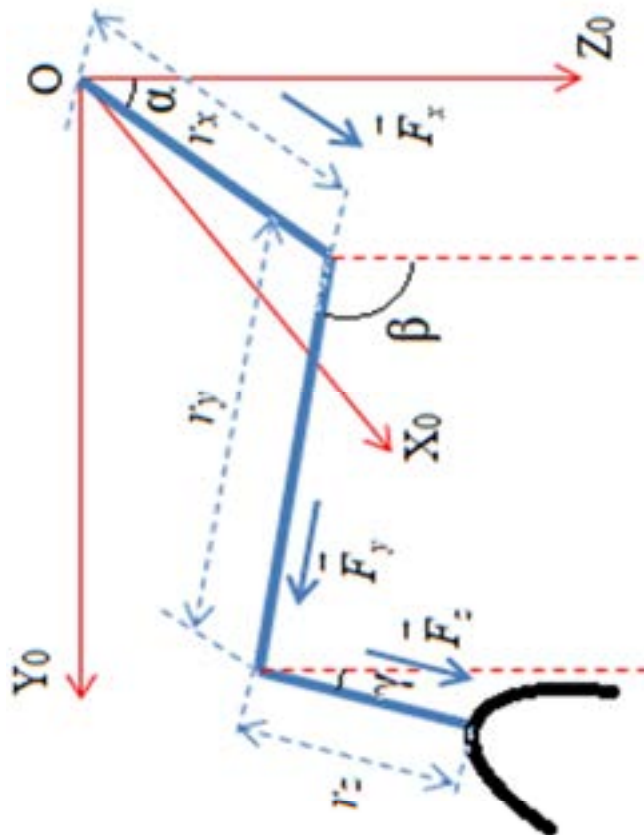
2.3. Phương pháp nghiên cứu

Bài báo sử dụng phương pháp cơ học giải tích và lý thuyết động lực học tay máy để xây dựng mô hình, thiết lập phương trình động lực học tay máy mở cửa nhà xưởng, mở cửa cầu thang của các công trình công nghiệp.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Mô hình tính toán động lực học tay máy mở cửa cầu thang

Để xây dựng được mô hình tính toán lực tác dụng lên tay máy, sử dụng hệ tọa độ gốc cho tay máy  $\{O_0X_0Y_0Z_0\}$  được xác định từ mô hình động học (hình 3.1).



Hình 3.1: Mô hình tính toán động lực học tổng quát tay máy lắp trên Robot chữa cháy để mở cửa nhà xưởng, cầu thang

Tại vị trí P bất kỳ trong hệ  $\{O_0X_0Y_0Z_0\}$  ta có vector

$$\vec{P}_{O_0} = [r_x \quad r_y \quad r_z]^T \tag{3.1}$$

và biến khớp

$$q = [q_i]_{i=1,2,3}^T = [r_x \quad r_y \quad r_z]^T \tag{3.2}$$

Gọi khối lượng của các khớp hay khối lượng các khớp của cánh tay máy là:  $m_i$  ( $i=1\div 3$ ), vì tay máy có 3 khớp tương ứng với 3 bậc tự do.

Gọi lực tác động lên các khớp để di chuyển cánh tay theo 3 trục  $OX_0, OY_0, OZ_0$  là:

$$\vec{F}_0 = [F_{x_0} \quad F_{y_0} \quad F_{z_0}]^T \quad (3.3)$$

$$\vec{F} = [F_x \quad F_y \quad F_z]^T \quad (3.4)$$

Ký hiệu  $F_0$  thể hiện lực tác động lên các khớp trong giả thiết lý tưởng,  $F$  thể hiện lực tác động lên các khớp trong thực tế khi có tác động của nhiễu trong quá trình làm việc

chuyển chính xác tay máy theo hai trục X, Y của hệ tọa độ (tọa độ X, Y), Còn việc di chuyển theo trục Z do yêu cầu không cần phải chính xác. Do vậy, để thuận tiện cho việc phân tích và thiết kế thuật toán điều khiển chuyển động tay máy, chúng ta viết lại phương trình động lực học tay máy bằng cách bỏ thành phần của khớp thứ 3 (trục Z) ra khỏi phương trình động lực học tay máy như sau:

### 3.2. Phương trình động lực học của tay máy mở cửa nhà xưởng, cầu thang

Từ yêu cầu công nghệ mở cửa nhà xưởng, cầu thang, chúng ta cần phải di

#### 3.2.1. Với trường hợp lý tưởng

$$M_{d_0} = \begin{bmatrix} M_{dx_0} \\ M_{dy_0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{m_1+m_2+m_3}{k_x} & 0 \\ 0 & \frac{m_2+m_3}{k_y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{r}_x \\ \ddot{r}_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

$$\Leftrightarrow M_{d_0} = H_{d_0} \ddot{q} + G_{d_0}$$

$$\Leftrightarrow M_{d_0} = H_{d_0} \ddot{q} \quad (3.6)$$

với  $M_{d_0} = [M_{dx_0} \quad M_{dy_0}]^T$  là mô men hai động cơ cần sinh ra để tạo chuyển động tay máy theo trục X và trục Y trong trường hợp lý tưởng.

$$H_{d_0} = \begin{bmatrix} \frac{m_1+m_2+m_3}{k_x} & 0 \\ 0 & \frac{m_2+m_3}{k_y} \end{bmatrix} \text{ là ma trận đặc trưng cho quán tính của khớp 1 và khớp}$$

2 tay máy đã quy về trục động cơ trong trường hợp lý tưởng.

$\ddot{q} = [\ddot{r}_x \quad \ddot{r}_y]^T$  là biến của khớp 1 và khớp 2.

$G_{d_0} = [0 \ 0]^T = 0$  có nghĩa là với trường hợp lý tưởng, chuyển động của hai khớp không bị tác động của trọng lực.

### 3.2.2. Với trường hợp xét đến tác động của môi trường làm việc

$$M_d = \begin{bmatrix} M_{dx} \\ M_{dy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{m_1 \cos^2 \alpha + m_2 \cos^2 \beta + m_3 \cos^2 \gamma}{k_x} & 0 \\ 0 & \frac{m_2 \cos^2 \beta + m_3 \cos^2 \gamma}{k_y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{r}_x \\ \ddot{r}_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{-m_1 g \sin \alpha}{k_x} \\ \frac{-m_2 g \sin \beta}{k_y} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{d_x(t)}{k_x} \\ \frac{d_y(t)}{k_y} \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

$$\Leftrightarrow M_d = H_d \ddot{q} + G_d + D_d(t)$$

Với:  $M_d = [M_{dx} \ M_{dy}]^T$  là mô men hai động cơ của hai khớp cần sinh ra để tạo chuyển động tay máy theo trục X và trục Y trong trường hợp xét tới ảnh hưởng của môi trường làm việc.

$$H_d = \begin{bmatrix} \frac{m_1 \cos^2 \alpha + m_2 \cos^2 \beta + m_3 \cos^2 \gamma}{k_x} & 0 \\ 0 & \frac{m_2 \cos^2 \beta + m_3 \cos^2 \gamma}{k_y} \end{bmatrix} \text{ là ma trận đặc trưng}$$

cho quán tính của khớp 1 và khớp 2 tay máy đã quy về trục động cơ khi xét tới ảnh hưởng của môi trường làm việc.

$\ddot{q} = [\ddot{r}_x \ \ddot{r}_y]^T$  là ma trận biến khớp 1 và khớp 2.

$$G_d = \begin{bmatrix} \frac{-m_1 g \sin \alpha}{k_x} \\ \frac{-m_2 g \sin \beta}{k_y} \end{bmatrix} \text{ là ma trận biểu thị tác động của trọng lực lên các khớp của tay máy đã}$$

quy đổi về trục động cơ khi xét tới ảnh hưởng của môi trường làm việc.

$D_d(t) = \begin{bmatrix} \frac{d_x(t)}{k_x} \\ \frac{d_y(t)}{k_y} \end{bmatrix}$  là ma trận đặc trưng cho các nhiễu ngẫu nhiên tác động lên khớp 1 và khớp

2 đã quy đổi về trục động cơ như: nhiễu bởi gió, nhiễu đối ngẫu...vv.

### 3.2.3. Mối liên hệ giữa hai mô hình động lực học

Từ (3.5) và (3.6) chúng ta có thể nhận thấy rằng, phương trình (3.5) hoàn toàn có thể xác định được, tuy nhiên phương trình (3.6) có những thành phần khó xác định như  $H_d$ ,  $G_d$ ,  $D_d(t)$ . Với mục đích giải được

phương trình (3.6) vì đây là đặc trưng động lực học tay máy tổng quát và phù hợp với yêu cầu thực tế. Do vậy, ta tìm cách đưa phương trình động lực học tay máy khi có tác động môi trường (động lực học tay máy tổng quát) về dạng phương trình động lực học lý tưởng như sau:

$$M_d + w_d(t) = H_{d_0} \ddot{q} + G_{d_0} \tag{3.8}$$

vì  $G_{d_0} = 0$  nên

$$\Leftrightarrow M_d + w_d(t) = H_{d_0} \ddot{q}. \tag{3.9}$$

với

$$w_d(t) = \Delta H_d \ddot{q} + \Delta G_d + D_d(t) \tag{3.10}$$

là sai lệch giữa mô hình lý tưởng và mô hình thực tế, sau đây gọi chung là nhiễu môi trường. Trong đó các giá trị của nhiễu môi trường được tính như sau:

$$\Delta G_d = G_d = \begin{bmatrix} -\frac{m_1 + m_2 + m_3}{k_x} g \cos \alpha \\ -\frac{m_2 + m_3}{k_y} g \cos \beta \end{bmatrix} \tag{3.11}$$

$$D_d(t) = \begin{bmatrix} -\frac{d_x(t)}{k_x} \\ -\frac{d_y(t)}{k_y} \end{bmatrix} \tag{3.12}$$

Từ phương trình (3.11) chúng ta đã biểu diễn mô hình động lực học tay máy khi có tác

động nhiễu của môi trường về mô hình động lực học tay máy lý tưởng.

Để điều khiển được tay máy tiến đến đúng vị trí (X, Y) mong muốn, chúng ta cần phải giải được vế trái của (3.11) để tính được mômen mà trục động cơ cần sinh ra. Tuy nhiên, vế trái của (3.11) bao gồm 2 thành phần, thành phần hoàn toàn có thể tính được từ cấu tạo cơ khí của tay máy là  $H_{d_0}$ , thành phần nhiễu môi trường  $w_d(t)$  tại (3.11) là thành phần khó có xác định bởi vì:

- Để tính được  $\Delta G_d$  theo (3.11) cần phải lắp các cảm biến góc để đo các giá trị  $\alpha, \beta, \gamma$ . Điều này làm tăng số lượng thiết bị cảm biến của bộ điều khiển, tăng sự phức tạp của phần cứng cũng như chương trình phần mềm điều khiển, tăng giá thành chế tạo.

- Thành phần nhiễu đối ngẫu và nhiễu bởi gió  $D_d(t)$  tại (3.11) là thành phần nhiễu ngẫu nhiên, thực tế rất khó có thể lắp các thiết bị phần cứng (cảm biến) để có thể đo được các giá trị này. Hơn nữa do môi trường làm việc của robot ảnh hưởng rất nhiều tới lực ma sát tại các trục dẫn động, từ đó cần bổ sung cảm biến để điều khiển chính xác tay máy mở cửa cầu thang.

#### 4. KẾT LUẬN

Từ kết quả tính toán ở trên, đã xây dựng được mô hình tính toán, thiết lập được phương trình động lực học của tay máy mở cửa nhà xưởng, mở cửa cầu thang lắp trên Robot chữa cháy (phương trình 3.5); (3.6); (3.11). Kết quả nghiên cứu này làm cơ sở khoa học cho quá trình thiết kế chế tạo và điều khiển tay máy mở cửa nhà xưởng lắp trên Robot chữa cháy công trình công nghiệp.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Quang Bốn (2024), Báo cáo tổng hợp kết quả đề tài “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thử nghiệm Robot chữa cháy công trình công nghiệp”, Đề tài độc lập cấp quốc gia, mã số ĐTĐL.CN-98/21, Cục thông tin khoa học công nghệ quốc gia
2. Franz Holzweibig, Hans Dresig (2001), *Động lực học máy*, Nxb Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
3. Nguyễn Văn Khang (2009), *Cơ học kỹ thuật*, NXB Giáo dục Việt Nam.
4. Nguyễn Thúc An (2007), *Cơ học Lý thuyết*, NXB Xây dựng

**Ngày nhận bài:** 01/11/2024

**Người Phản biện:** PGS.TS. Nguyễn Phạm Thục Anh - Đại học Bách khoa Hà Nội

# ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ THỐNG ĐỤC LỖ MÀNG PHỦ LẤP TRÊN ROBOT THÔNG MINH CANH TÁC NÔNG NGHIỆP

TS. Hoàng Hà<sup>1</sup>; ThS. Bùi Thị Thúy<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Bài báo này giới thiệu kết quả xây dựng mô hình, thiết lập phương trình động lực học của hệ thống đục lỗ màng phủ lấp trên Robot thông minh canh tác nông nghiệp, từ kết quả lập được phương trình động lực học, tiến hành khảo sát phương trình động lực học để xác định các thông số hợp lý của hệ thống đục lỗ màng phủ. Kết quả tính toán này là cơ sở khoa học để tính toán thiết kế chế tạo hệ thống đục lỗ màng phủ lấp trên Robot thông minh canh tác nông nghiệp

**Từ khóa:** Hệ thống đục lỗ màng phủ; Động lực học hệ thống đục lỗ màng phủ; Robot thông minh canh tác nông nghiệp

## DYNAMICS OF THE COVER FILM PUNCHING SYSTEM ON SMART AGRICULTURAL CULTIVATION ROBOTS

### ABSTRACT

This paper presents the results of developing a model and establishing the dynamic equations for the cover film punching system mounted on smart agricultural cultivation robots. Based on the developed dynamic equations, an investigation is conducted to determine the optimal parameters for the cover film punching system. These calculation results provide a scientific basis for designing and fabricating the cover film punching system integrated into smart agricultural robots

**Keywords:** Cover Film Punching System; Dynamics of Cover Film Punching System; Smart Agricultural Cultivation Robot

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là nước có nền nông nghiệp đang phát triển, kim ngạch xuất khẩu năm 2023 khoảng 55 tỷ USD, song việc áp dụng Robot vào trong sản xuất nông nghiệp ở Việt Nam còn hạn chế. Ở một số nước nông nghiệp phát triển như Nhật bản, Hàn Quốc, phát đã sử dụng Robot thông minh vào trong quá trình sản xuất rau như Robot tự động đục lỗ màng phủ, Robot xới đất, Robot tự động làm cỏ, phun thuốc bảo vệ thực vật, khi áp dụng các Robot thông minh vào trong sản

xuất rau cho năng suất và chất lượng rau cao, đặc biệt là giảm chi phí nhân công lao động trong nông nghiệp, trong khi đó lao động trong nông nghiệp có xu hướng giảm vì người làm nông nghiệp có xu hướng dịch chuyển lên thành phố để làm việc trong các công ty, các nhà máy xí nghiệp.

Việc áp dụng công nghệ cao nói chung và áp dụng Robot bị thông minh vào trong sản xuất nông nghiệp nói chung và vào trong sản xuất rau quả nói riêng là tất yếu và có

<sup>1</sup> Trường Đại học Lâm Nghiệp

<sup>2</sup> Trường Đại học Điện Lực

tính thời sự, vì nó mang lại rất nhiều lợi ích. Song việc nhập khẩu Robot của nước ngoài rất đắt tiền, không phù hợp với điều kiện cây trồng của Việt Nam. Để làm chủ được công nghệ, phù hợp với điều kiện canh tác, với cây trồng ở Việt Nam, đồng thời thiết bị có vốn đầu tư phù hợp với sản xuất nông nghiệp của địa phương thì cần thiết phải có nghiên cứu thiết kế chế tạo Robot thông minh phục vụ cho sản xuất rau quả công nghệ cao, đáp ứng yêu cầu tiêu dùng trong nước và xuất khẩu.

Xuất phát từ những lý do như đã phân tích ở trên, năm 2020 Sở Khoa học và công nghệ thành phố Hà Nội đã giao cho Trường Đại học Điện lực thực hiện đề tài cấp thành phố: “Nghiên cứu thiết kế chế tạo Robot thông minh phục vụ sản xuất rau ở thành phố Hà Nội”, mã số 01C-02/001-2020-3, trên Robot thông minh có thiết kế chế tạo mô đun đục lỗ màng phủ, để có cơ sở khoa học cho thiết kế chế tạo hệ thống đục lỗ màng phủ cần thiết phải nghiên cứu động lực học của hệ thống này. Bài báo này giới thiệu kết quả tính toán động lực học của hệ thống đục lỗ màng phủ lắp trên Robot thông minh canh tác nông nghiệp.

## 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng và thiết bị nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là hệ thống đục lỗ màng phủ lắp trên Robot thông minh phục vụ sản xuất rau ở thành phố Hà Nội, mã số: 01C-02/001-2020-3

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được sử dụng là áp dụng lý thuyết cơ học hệ nhiều vật, lý thuyết động lực học máy để thiết lập mô hình, thiết lập hệ phương trình vi phân động lực học của hệ thống đục lỗ màng phủ, khảo sát phương trình động lực học xác định thông số hợp lý của hệ thống.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Xây dựng mô hình động lực học mô đun đục lỗ màng phủ kéo theo Robot thông minh canh tác nông nghiệp

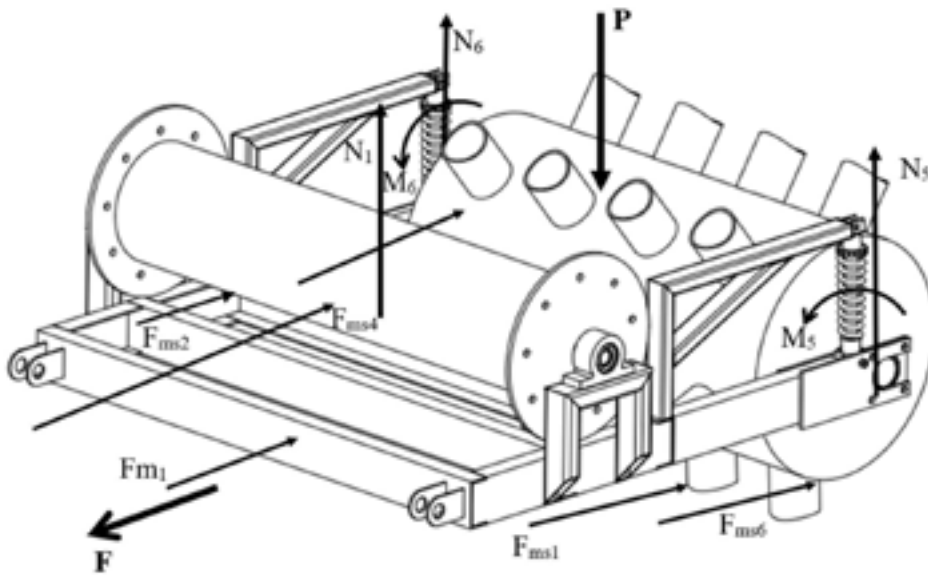
Trong nội dung giả thuyết cơ cấu đục lỗ màng phủ kéo phía sau Robot và được mô hình hóa bằng lực  $F$  kéo như mô tả trên Hình 3.1.

Như vậy, trong trường hợp này  $P$  chỉ là trọng lượng của bản thân cơ cấu đục lỗ màng phủ. Vì vậy, để cơ cấu đục lỗ màng phủ có thể di chuyển thì mômen phát động ở hai bánh xe chủ động 5 và 6 phải thỏa mãn:

$$M_{\tau 6} \geq \frac{Pk}{r} + \frac{F_{keo}H}{r} \quad (3.1)$$

Điều kiện (4.4) là điều kiện mômen phát động của động cơ tại thời điểm đầu để cơ cấu đục lỗ màng phủ từ trạng thái tĩnh sang trạng thái bắt đầu chuyển động.

Tuy nhiên, các vấn đề nêu trên mới chỉ xét đến trạng thái làm việc của cơ cấu đục lỗ màng phủ ở trạng thái khởi động dưới đây xét đến bài toán động lực trong quá trình cơ cấu đục lỗ làm việc ổn định.



**Hình 3.1. Mô hình động lực học mô đun đục lỗ màng phủ khi kéo sau Robot thông minh canh tác nông nghiệp**

Trong đó:

F- lực kéo mô đun đục lỗ màng phủ

P – trọng lượng của mô đun đục lỗ màng phủ

M- Mô men quay bánh xe

F<sub>ms</sub>- Lực ma sát của bộ phận công tác với đất

N- Phản lực của bánh xe với mặt đất ruộng

**3.2. Thiết lập phương trình động lực học cơ cấu đục lỗ màng phủ**

Xét cơ cấu đục lỗ màng phủ vi sai là một vật rắn chuyển động theo quỹ đạo  $\zeta$  trong mặt phẳng chuyển động của môi

$$\begin{cases} \vec{F} = m\vec{a}_G \\ \vec{G} = J\vec{\epsilon} \end{cases}$$

Trong đó:  $\vec{F}$  và  $\vec{M}$  là ngoại lực tác động lên cơ cấu đục lỗ màng phủ,  $\vec{a}_G$  và  $\vec{\epsilon}_G$  là gia tốc trọng tâm  $G$  và gia tốc góc quay quanh trọng tâm  $G$  của cơ cấu đục lỗ màng phủ,  $m$  là khối lượng của bản thân cơ cấu đục lỗ màng phủ và tải trọng chuyên trở phía trên

$${}^J \mathbf{r}_G = [x_G y_G]^T = {}^J \mathbf{r}_A + {}^J \mathbf{R}_r {}^r \mathbf{r}_G \tag{3.2}$$

Trong đó:  ${}^J \mathbf{r}_A = [x_A y_A 0]^T$  là véc tơ vị trí điểm  $A$  và là tọa độ quỹ đạo của cơ cấu

trường làm việc  $\{O_f x_f y_f z_f\}$ , bánh xe lăn không trượt, chịu tác động của lực ma sát  $F_m$  giống nhau như mô tả trên Hình 3.1. Phương trình động lực học Newton-Euler cho cơ cấu đục lỗ màng phủ cho bởi:

thân cơ cấu đục lỗ màng phủ,  $J$  là mô men quán tính quay quanh trục thẳng đứng đi qua trọng tâm  $G$ .

Véc tơ vị trí trọng tâm  $G$  của cơ cấu đục lỗ màng phủ cho bởi:

$$\begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

đục lỗ màng phủ,  ${}^f R_r(\varphi) =$  là ma trận cầu đục lỗ màng phủ,  $\rho$  là bán kính cong quỹ đạo.  
 biến đổi hệ tọa độ cơ cấu đục lỗ màng phủ  $\{Ax_r, y_r\}$  về hệ tọa độ cố định,  ${}^r r_A = [a \ 0 \ 0]^T$  là véc tơ vị trí điểm G trong hệ tọa độ cơ đạo.  
 Đạo hàm phương trình (3.3) ta xác định được vận tốc của trọng tâm G:

$${}^f \dot{r}_G = {}^f \dot{r}_A + \tilde{\omega} {}^f R_r {}^r r_G \quad (3.3)$$

Trong đó:  $\tilde{\omega} = {}^f \dot{R}_r {}^f R_r^{-1} = {}^f \dot{R}_r {}^f R_r^T = \begin{bmatrix} 0 & -\dot{\varphi} & 0 \\ \dot{\varphi} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

Đạo hàm phương trình (3.4) ta xác định được gia tốc của trọng tâm G:

$${}^f \ddot{r}_G = {}^f \ddot{r}_A + \dot{\tilde{\omega}} {}^f R_r {}^r r_G + \tilde{\omega} \tilde{\omega} {}^f R_r {}^r r_G \quad (3.4)$$

Chiếu phương trình (3.5) lên hai phương  $x_r$  và  $y_r$  ta có:

$${}^f \ddot{r}_G = \mathbf{a}_G^r = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_G^{xr} \\ \mathbf{a}_G^{yr} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -a\dot{\varphi}^2 + \ddot{x}_A \cos \varphi + \ddot{y}_A \sin \varphi \\ a\ddot{\varphi} - \ddot{x}_A \sin \varphi + \ddot{y}_A \cos \varphi \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

Từ Hình 3.1 ta có tổng lực tác động lên trọng tâm G của cơ cấu đục lỗ màng phủ theo hai phương  $x_r$  và  $y_r$  xác định bởi:

$$\begin{cases} F_{xr} = F_5 + F_6 - 6F_{ms} = \frac{1}{r}(F_5 + F_6) - 4F_m - 2F_{md} \\ F_{yr} = -2F_m \end{cases} \quad (3.6)$$

Trong đó:  $F_{md}$  và  $F_{mn}$  lần lượt là lực ma sát tại bánh dẫn động chiếu lên phương  $x_r$  và  $y_r$  với

$$F_m = \sqrt{F_{md}^2 + F_{mn}^2} = \frac{\mu N}{6} = \frac{\mu mg}{6} \quad (3.7)$$

$\mu$  là hệ số ma sát giữa bánh xe và mặt đường,

$m$  là khối lượng cơ cấu đục lỗ màng phủ,

$g$  là gia tốc trọng trường.

Mô men  $M$  để xoay định hướng cơ cấu đục lỗ màng phủ được cho bởi:

$$M = L(F_6 - F_5) = \frac{L}{r}(M_6 - M_5) + 2aF_{mn} \quad (3.8)$$

Trong đó  $L$  là khoảng cách giữa 2 bánh xe

Áp dụng phương trình động lực học (3.3) ta có phương trình động lực học Newton-Euler của cơ cấu đục lỗ màng phủ điều hướng kiểu vi sai được cho bởi:

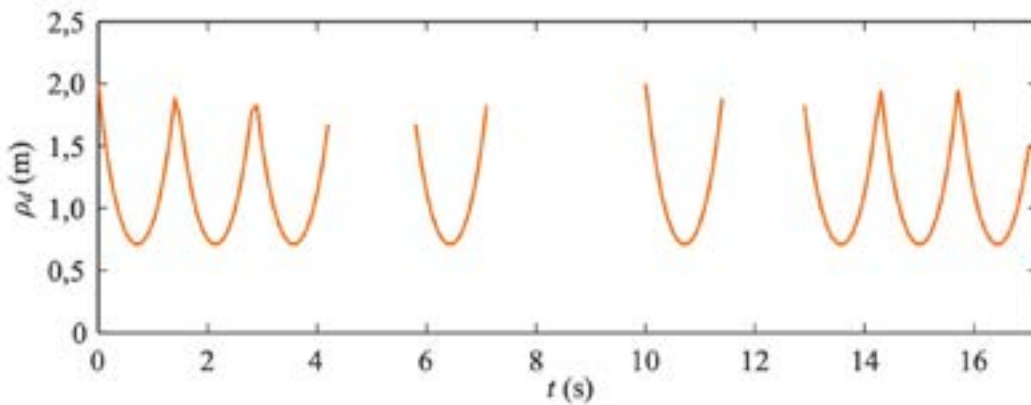
$$\begin{cases} -a\dot{\varphi}^2 + \ddot{x}_A \cos \varphi + \ddot{y}_A \sin \varphi = \frac{1}{m} \left( \frac{1}{r}(M_6 - M_5) \right) - 4F_m - 2F_{md} \\ a\ddot{\varphi} - \ddot{x}_A \sin \varphi + \ddot{y}_A \cos \varphi = -\frac{2}{m} F_{mn} \\ \ddot{\varphi} = \frac{1}{I} \left( \frac{L}{r}(M_6 - M_5) \right) + 2aF_{mn} \end{cases} \quad (3.9)$$

Trong đó  $I$  là mô men quán tính của cơ hệ cơ cấu đục lỗ màng phủ quanh trục thẳng đứng đi qua trọng tâm G.



**Bảng 4.1: Điểm nội suy quỹ đạo đường cong NURBS trong mô phỏng cơ cấu đục lỗ màng phủ**

$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$
[3 2]	[4 2]	[4 0]	[6 0]	[6 4]
$A_6$	$A_7$	$A_8$	$A_9$	$A_{10}$
[0 4]	[0 0]	[2 0]	[2 2]	[3 2]



**Hình 3.2. Đồ thị quỹ đạo mô phỏng động lực học bán kính cong quỹ đạo**

Từ Hình 3.2 ta nhận thấy quỹ đạo đường cong NURBS bao gồm hai chu kỳ chuyển động với chu kỳ thứ nhất bắt đầu từ điểm ① đến điểm ⑤ và chu kỳ thứ hai bắt đầu từ điểm ⑤ đến điểm ⑨. Do đó, đồ thị bán kính cong của quỹ đạo đối xứng qua điểm ⑤. Do đường cong NURBS là nội suy

không liên tục nên tại các điểm ③, ④, ⑥ và ⑦ đồ thị bán kính cong có sự thay đổi đột ngột.

**c) Vận tốc và gia tốc chuyển động**

Vận tốc và gia tốc đặt mong muốn thiết kế cho trọng tâm G của cơ cấu đục lỗ màng phủ cho bởi:

$$\begin{cases} V_x = \dot{x}_i = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_i - x_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} & a_x = \ddot{x}_i = \frac{\Delta \dot{x}}{\Delta t} = \frac{\dot{x}_i - \dot{x}_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} \\ V_y = \dot{y}_i = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{y_i - y_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} & a_y = \ddot{y}_i = \frac{\Delta \dot{y}}{\Delta t} = \frac{\dot{y}_i - \dot{y}_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} \\ \Omega = \dot{\varphi}_i = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{\varphi_i - \varphi_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} & a_x = \ddot{\varphi}_i = \frac{\Delta \dot{\varphi}}{\Delta t} = \frac{\dot{\varphi}_i - \dot{\varphi}_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} \end{cases} \quad (3.12)$$

Với vận tốc đặt mong muốn của cơ cấu đục lỗ màng phủ xác định bởi:

$$\begin{cases} V_d^i = V_{max} = 1,4 \left(\frac{m}{s}\right) \rho_i \rightarrow \infty \\ V_d^i = \sqrt{\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2} \rho_i \in [\rho_{min}, \rho_{max}] \end{cases} \quad (3.13)$$

Trong đó bán kính cong  $\rho_i$  tại điểm thứ  $i$  của đường cong NURBS cho bởi:

$$\rho_i = \left| \frac{(\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2)^{3/2}}{\dot{x}_i \ddot{y}_i - \dot{y}_i \ddot{x}_i} \right|, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.14)$$

Với  $\Delta t = 0,1$  (s).

### 3.3.2. Cài đặt các thông số động lực học cho mô phỏng

#### a) Cài đặt các thông số quán tính

Khối lượng cơ cấu đục lỗ màng phủ  $m_r = 77,646$  (kg),

Mô men quán tính của cơ cấu đục lỗ màng phủ quanh trục thẳng đứng đi qua trọng tâm  $I_z = 8,229$  (kg.m<sup>2</sup>) được xác định bởi công cụ Mass Properties trong phần mềm Solidworks.

#### b) Các thông số về ma sát

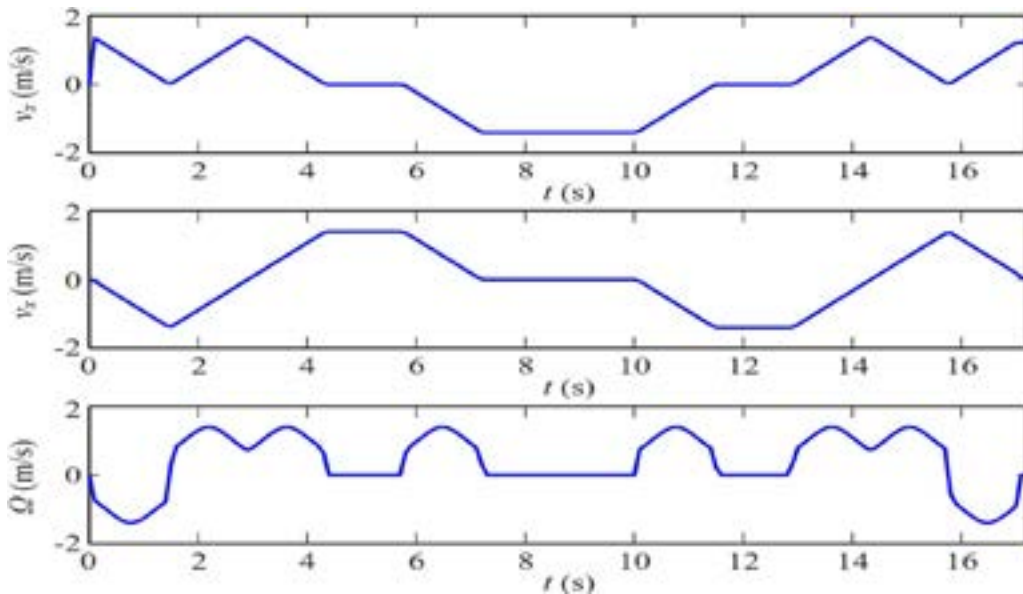
Hệ số ma sát trượt thí nghiệm của bánh xe PU với mặt đường  $\mu = 0,355$ .

### 3.3.3. Kết quả khảo sát, mô phỏng động lực học cơ cấu đục lỗ màng phủ

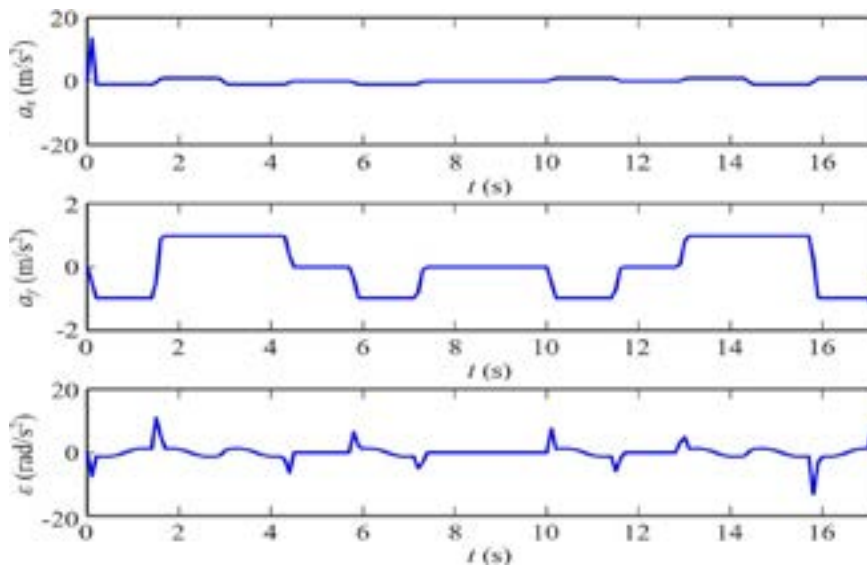
Tiến hành mô phỏng động lực học ngược cho cơ cấu đục lỗ màng, dưới giả thiết

bỏ qua các sai số của hệ thống và chỉ xét tới tác động của lực ma sát, với giả thiết là hằng số, từ đó giải quyết bài toán xác định các qui luật mô men dẫn động của động cơ từ các dữ liệu đầu vào là quỹ đạo, vận tốc và gia tốc mong muốn.

Với các dữ liệu đầu vào cài đặt ở trên, ta tiến hành mô phỏng động lực học bằng phần mềm Matlab/Simulink trong 4 trường hợp là không tải, chuyên trở tải, kéo tải và kết hợp chuyên trở-kéo tải. Kết quả mô phỏng vận tốc và gia tốc của hệ thống đục lỗ màng phủ được thể hiện trên các đồ thị hình 3.3 và hình 3.3



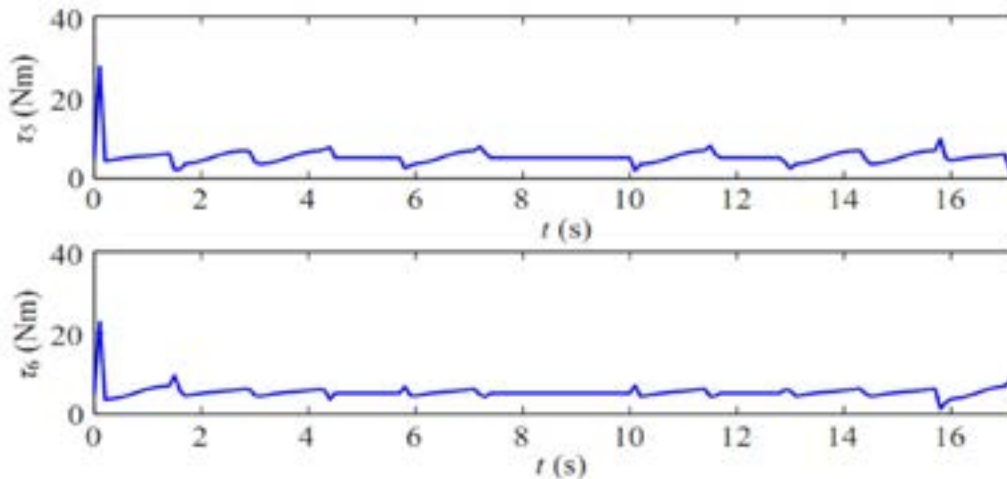
Hình 3.3. Đồ thị vận tốc của cơ cấu đục lỗ màng phủ



**Hình 3.4. Đồ thị gia tốc của cơ cấu đục lỗ màng phủ**

Để xác định qui luật mô nem đục lỗ màng phủ, tiến hành mô phỏng hệ thống đục lỗ màng phủ chuyển động không tải với khối lượng và mô men quán tính của cơ hệ chỉ bao gồm cơ cấu đục lỗ màng phủ  $m = m_r$  và  $I =$

$I_r$ . Kết quả mô phỏng động lực học của cơ hệ là mô men dẫn động tại bánh xe 5 ( $\tau_5$ ) và 6 ( $\tau_6$ ) của cơ cấu đục lỗ màng phủ chuyển động không tải trên Hình 3.5.



**Hình 3.5. Đồ thị quy luật mô men dẫn động của cơ cấu đục lỗ màng phủ**

**Nhật xét:** Từ đồ thị hình 3.5 có thể xác định được giá trị của mô men dẫn động của cơ cấu đục lỗ màng phủ kéo theo Robot thông minh canh tác nông nghiệp

#### 4. KẾT LUẬN

Từ cấu tạo và nguyên lý làm việc hệ thống đục lỗ màng phủ kéo theo Robot thông

minh canh tác nông nghiệp, đã xây dựng mô hình động lực học, thiết lập được hệ phương trình vi phân động lực học của hệ thống đục lỗ màng phủ (3.10), đã khảo sát phương trình động lực học hệ thống đục lỗ màng phủ (3.10), xác định được qui luật mô men dẫn động cơ cấu đục lỗ màng phủ hình 3.5.

# KẾT QUẢ XÂY DỰNG MÔ HÌNH SẢN XUẤT MUỐI SẠCH ÁP DỤNG CƠ GIỚI HÓA

ThS. Dương Thị Thanh Tân<sup>1</sup>, KS. Dương Văn Giới<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Việt Nam là quốc gia có điều kiện thuận lợi cho sản xuất muối biển, song sản xuất muối biển của Việt Nam chủ yếu bằng thủ công, sản xuất và chất lượng muối thấp, việc áp dụng cơ giới hóa trong sản xuất muối là cần thiết nhằm nâng cao năng suất và chất lượng muối. Bài báo này giới thiệu kết quả xây dựng mô hình sản xuất muối sạch có áp dụng cơ giới hóa, sản xuất theo chuỗi liên kết tiêu thụ sản phẩm, từ đó nâng cao hiệu quả sản xuất.

**Từ khóa:** Sản xuất muối sạch; Ứng dụng cơ giới hóa sản xuất muối sạch; Cơ giới hóa sản xuất muối

## OUTCOMES OF BUILDING A CLEAN SALT PRODUCTION MODEL THROUGH MECHANIZATION

### ABSTRACT

Vietnam has favorable conditions for sea salt production; however, the country's sea salt production primarily relies on manual methods, resulting in low productivity and quality. To enhance both productivity and salt quality, it is essential to implement mechanization in the production process. This paper discusses the outcomes of developing a clean salt production model that utilizes mechanization and follows a product consumption chain, ultimately improving production efficiency.

**Key words:** Producing clean salt; Applying mechanization to clean salt production; Mechanization of salt production.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thống kê của Cục Kinh tế hợp tác và Phát triển nông thôn (Bộ NN&PTNT) cho thấy, năm 2021, diện tích sản xuất muối của nước ta khoảng 11.393ha, trong đó diện tích sản xuất muối thủ công 7.623ha, diện tích sản xuất muối công nghiệp 3.511ha. Về sản lượng, năm 2020 đạt 1.334.507 tấn, năm 2021 đạt 914.999 tấn. Các sản phẩm muối đa

dạng, chủ yếu là sản phẩm dùng trong ăn uống, thực phẩm, hiện nay được phân thành 4 nhóm chính gồm: muối thô, muối tinh, muối công nghiệp và muối thực phẩm. Tuy nhiên sản lượng muối sản xuất trong nước không đáp ứng được nhu cầu trong nước, hàng năm Việt Nam nhập khẩu 400-600 nghìn tấn muối để đáp ứng nhu cầu trong nước

<sup>1</sup> Trường Đại học Lâm Nghiệp

<sup>2</sup> Công ty CP thiết bị chuyên dùng Việt Nam

Kết quả điều tra khảo sát một số địa phương có diện tích sản xuất muối lớn như Tỉnh Bạc Liêu, Tỉnh Bến Tre, tỉnh Bình Thuận cho thấy công nghệ sản xuất muối hiện nay theo truyền thống, lao động thủ công nặng nhọc dưới thời tiết nắng nóng, các khâu công việc như khâu làm đất tạo sân phơi kết tinh được thực hiện bằng hữu cơ sử dụng sức người kéo, khâu thu gom vận chuyển muối từ sân kết tinh đến nơi để trữ muối bằng mang vác, gánh, từ đó năng suất lao động rất thấp, tốn nhiều nhân công. Muối sản xuất ra không có kho chứa, được đổ đồng ở trên bờ sân kết tinh, từ đó muối bị bắn, bị tổn thất khi gặp trời mưa. Muối do diêm dân sản xuất ra chủ yếu là muối thô chất lượng thấp, từ đó giá bán thấp, dẫn đến hiệu quả kinh tế trong sản xuất muối thấp, nhiều diêm dân không gắn bó với nghề sản xuất muối, đời sống của đại bộ phận diêm dân còn nhiều khó khăn.

Nhận thấy tầm quan trọng của việc phát triển ngành sản xuất muối, Chính phủ đã phê duyệt Đề án phát triển ngành muối giai đoạn 2021- 2030 (quyết định số 1325/QĐ-TTg ngày 31 tháng 8 năm 2020). Bộ nông nghiệp và phát triển nông thôn đang triển khai đề án nâng cao chất lượng và chuỗi giá trị ngành hàng muối Việt Nam giai đoạn 2021-2025 nhằm tăng sản lượng và chất lượng muối sản xuất trong nước đáp ứng nhu cầu trong nước và xuất khẩu muối thực phẩm ra nước ngoài.

Ở một số nước sản xuất muối đã áp dụng cơ giới hóa cho năng suất cao, giá thành sản xuất thấp, do vậy việc áp dụng các thiết bị cơ giới hóa vào trong sản xuất muối cho phù hợp với điều kiện và qui mô sản xuất ở Việt Nam là rất cần thiết, có tính thời sự. Bài báo này giới thiệu kết quả xây dựng mô hình sản xuất muối sạch theo chuỗi liên kết tiêu thụ sản phẩm có áp dụng cơ giới hóa một số khâu trong sản xuất.

## 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng và thiết bị nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là thiết bị cơ giới hóa sản xuất muối sạch, cánh đồng muối thuộc một số địa phương sản xuất muối thuộc tỉnh Bạc Liêu, tỉnh Bến Tre.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được sử dụng phương pháp xây dựng mô hình sản xuất trong nông lâm nghiệp, sử dụng lý thuyết kinh tế nông nghiệp để xác định năng suất, chi phí sản xuất và tính toán hiệu quả kinh tế của mô hình sản xuất

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

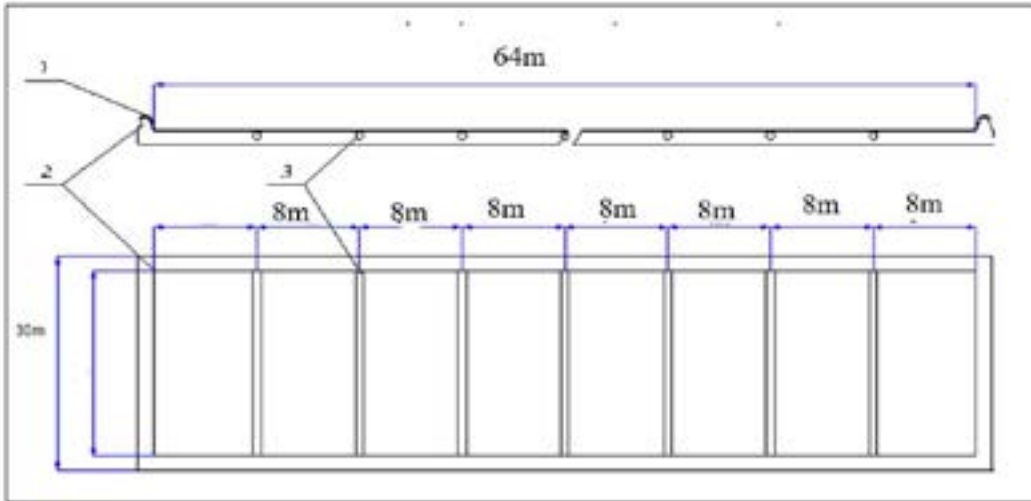
### 3.1. Địa điểm xây dựng mô hình sản xuất muối sạch theo chuỗi liên kết tiêu thụ sản phẩm có áp dụng cơ giới hóa.

Địa điểm xây dựng mô hình sản xuất là: Cánh đồng sản xuất muối tại hợp tác xã nuôi trồng thủy sản và diêm nghiệp Huy Điền thuộc xã Điền Hải huyện Đông Hải, tỉnh Bạc Liêu và hợp tác xã Bình Minh Bảo Thạnh thuộc xã Bảo Thạnh huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre.

3.2. Tính toán xây dựng mô hình sản xuất muối sạch

a) Tính toán sân kết tinh muối

Sân kết tinh muối được thiết kế, xây dựng theo hình 3.1 như sau



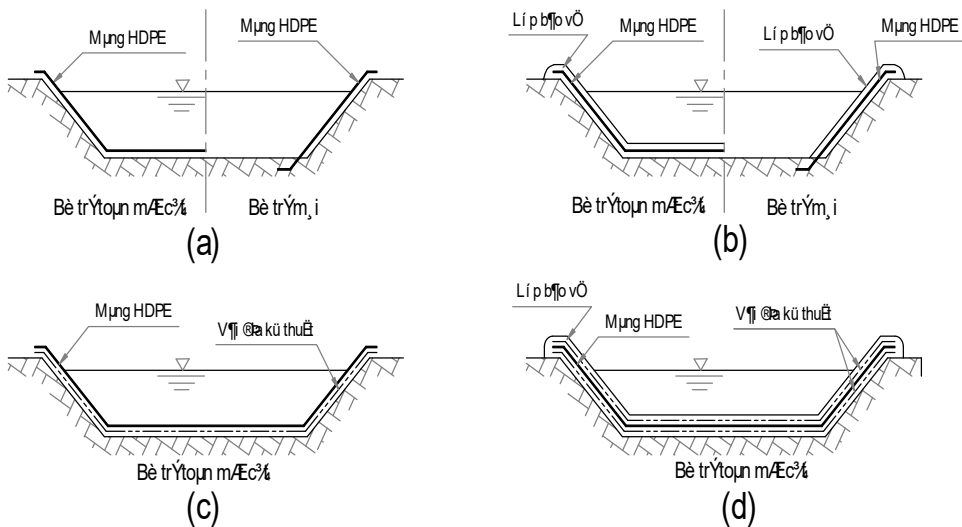
Hình 3.1: Sơ đồ bố trí sân kết tinh muối có trải bạt HDPE

1. Bạt HDPE chiều dày 0,75mm; 2- Bờ bao ô kết tinh; 3- Ống thoát khí ở sân kết tinh

b) Tính toán hồ chứa nước chạt

Hồ chứa nước chạt được tính toán, xây dựng để chứa nước chạt phục vụ cho việc cung cấp nước chạt vào ô kết tinh. Hồ chứa nước chạt được tính toán thiết kế bờ đắp

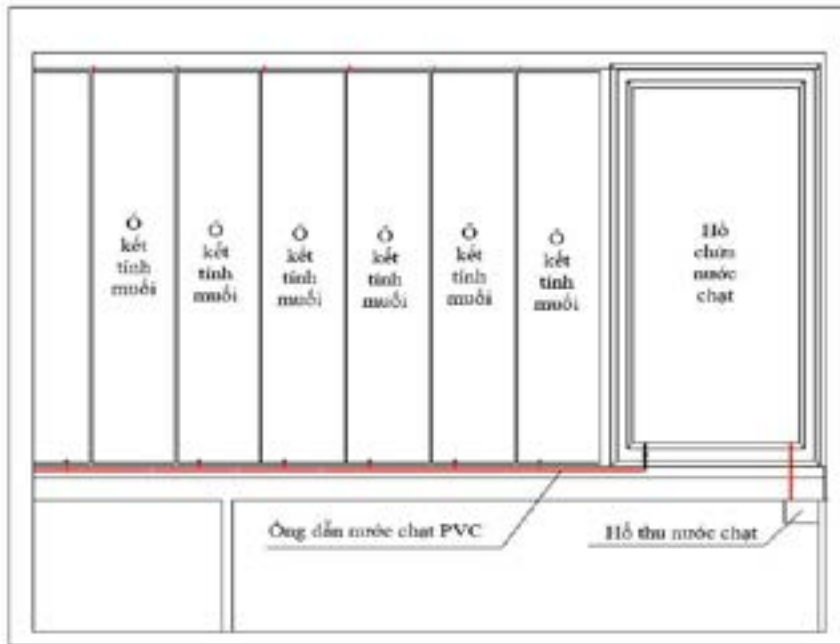
bằng đất, bên trong đáy và bờ hồ lót bạt HDPE chiều dày 0,75mm, dung tích hồ chứa nước chạt 250m<sup>3</sup> cho 01 ha diện tích sản xuất muối.



Hình 3.2: Hồ chứa nước chạt phục vụ sản xuất muối

c) Thiết kế sơ đồ mặt bằng tổng thể mô hình sản xuất muối sạch

Sơ đồ mặt bằng tổng thể mô hình sản xuất muối sạch được thể hiện trên hình 3.3

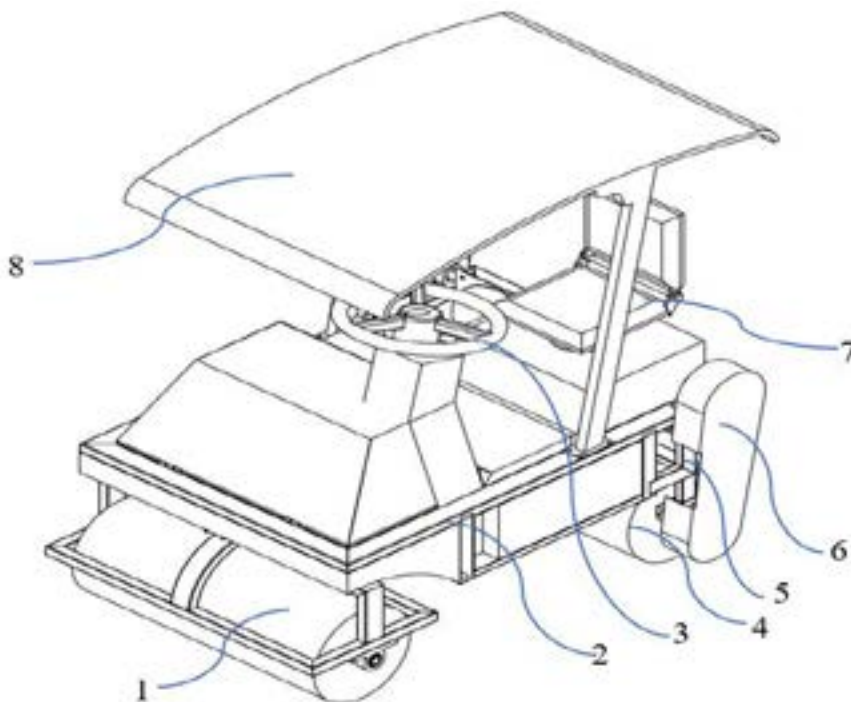


Hình 3.3: Sơ đồ mặt bằng tổng thể mô hình sản xuất muối sạch

### 3.3. Tính toán một số thiết bị cơ giới hóa sản xuất muối sạch

#### 3.3.1. Kết quả tính toán máy lu lên sân kết tinh muối

Máy lu lên sân kết tinh muối được tính toán thiết kế và áp dụng có hình dạng và cấu tạo như hình 3.4



Hình 3.4: Máy lu lên sân kết tinh muối

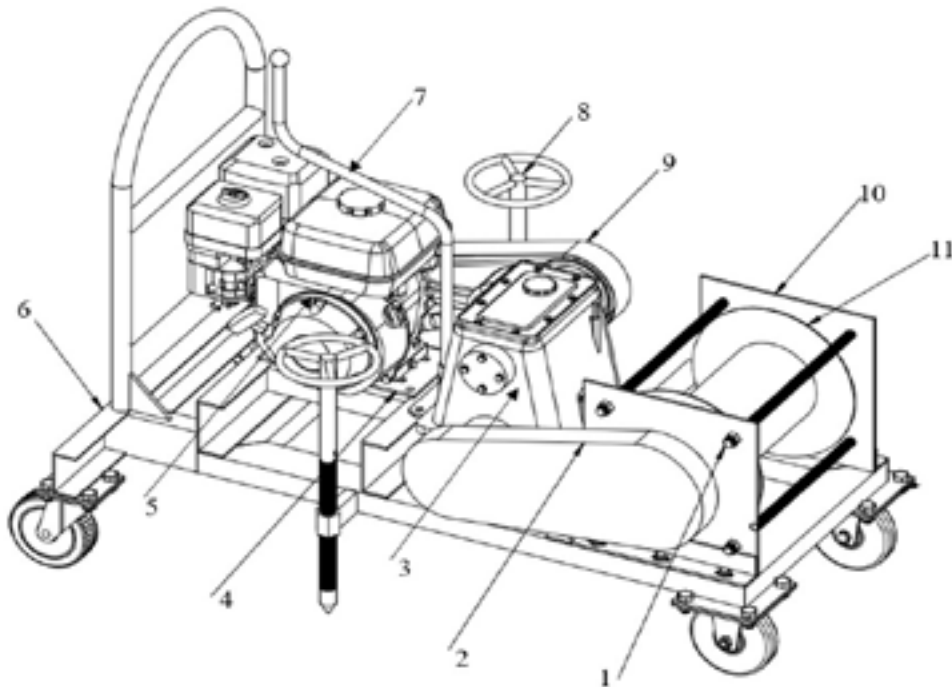
- 1- Bánh lu phía trước; 2- Khung máy lu; 3- Vô lăng lái; 4- Bánh lu phía sau; 5- hệ thống truyền lực từ hộp số đến bánh lu sau; 6- Bao che hệ thống truyền lực; 7- Ghé ngồi người lái; 8- Tấm che mưa, nắng

Thông số kỹ thuật của máy lu lên sân kết tinh

- Công suất động cơ 5HP
- Trọng lượng máy 300kg
- Năng suất lu lên: 0,5ha/ngày
- Đường kính bánh lu: 38cm
- Hệ thống lái: Bót lái và vô lăng lái

### 3.3.2. Kết quả tính toán tời thu gom và di chuyển muối

Tời thu gom và di chuyển muối trên sân kết tinh được tính toán như trên hình 3.5



**Hình 3.5: Tời thu gom và di chuyển muối trên sân kết tinh**

- 1- Con lăn cáp; 2- Bao che xích tải; 3- Hộp số tời; 4- Giá đỡ động cơ; 5- Động cơ xăng; 6- Khung tời; 7- Cần số; 8- Vô lăng quy cơ cấu ghim tời; 9- Bao che dây đai; 10- Tấm thép giữ tang tời; 11- Tang tời

Thông số kỹ thuật của tời thu gom muối

- Công suất động cơ 5HP
- Trọng lượng máy 80kg
- Năng suất thu gom: 50 tấn/ngày
- Tải trọng chuyển 300kg/chuyến
- Cự ly thu gom: 30m

### 3.4. Kết quả xây dựng mô hình sản xuất muối sạch áp dụng cơ giới hóa

#### 3.4.1. Kết quả xây dựng mô hình

- Sử dụng máy lu lèn làm sân kết tinh; dự án đã sử dụng máy lu lèn làm sân kết tinh

muối, quá trình sử dụng máy lu được thể hiện trên hình 3.6.



Hình 3.6: Sử dụng máy lu lèn làm sân kết tinh muối

- Xây dựng hồ chứa nước chạt và ô kết tinh muối; Dự án tiến hành xây dựng hồ chứa nước chạt và ô kết tinh có lót bạt HDPE (hình 3.7).



Hình 3.7: Hồ chứa nước chạt và ô kết tinh muối sạch đã được xây dựng

- Áp dụng tời thu gom di chuyển muối trên sân kết tinh; dự án sử dụng tời lắp trên máy lu lèn để thu gom và di chuyển muối

trên sân kết tinh về nơi tập kết muối. Quá trình thu gom muối được thể hiện trên hình 3.8.



Hình 3.8: Sử dụng tời thu gom di chuyển muối trên sân kết tinh

**3.4.2. Tính toán năng suất và hiệu quả kinh tế của mô hình sản xuất muối sạch áp dụng cơ giới hóa**

Hiệu quả kinh tế của mô hình sản xuất muối sạch áp dụng cơ giới hóa được đánh giá qua các chỉ tiêu: lợi nhuận ca, lợi nhuận của năm, thời gian hoàn vốn đầu tư mua thiết bị, hiệu quả vốn đầu tư. Phương pháp tính

toán xác định các chỉ tiêu trên được trình bày ở tài liệu tham khảo, sau đây là kết quả tính toán hiệu quả kinh tế như sau:

**a) Tính toán lợi nhuận trong một ca làm việc của hệ thống thiết bị**

Lợi nhuận trong 1 ca được xác định theo công thức sau

$$L_{ca} = N_s^{ca} \cdot D_{tk} - C_p^{ca} \quad (\text{đồng}) \quad (1)$$

Trong đó:

$D_{tk}$  - đơn giá thuê khoán tại địa phương,  $D_{tk} = 4.500.000$  (đồng/ha);

$C_p^{ca}$  - tổng chi phí sản xuất muối (đồng/ha)

$N_s^{ca}$  - năng suất thu hoạch muối

Thay các số liệu đã biết vào công thức (1), tính được lợi nhuận cho 01 ha diện tích sản xuất muối

**b) Lợi nhuận của đời thiết bị ( $L_T$ )**

Lợi nhuận của đời hệ thống thiết bị tính theo công thức:

$$L_T = L_n \cdot \frac{E^n - 1}{E^n \cdot P_q} - Z_{nd} + Z \cdot E^{-n} \quad (2)$$

Trong đó:  $L_T$  - lợi nhuận của đời thiết bị, (đồng);

$L_n$  - lợi nhuận hàng năm, (đồng);

$Z$  - giá thanh lý thiết bị (đồng);

$n$  - số năm hoạt động của thiết bị ;

$E = 1 + P_q$ , với  $P_q$  là lãi suất vay vốn ngân hàng 5%/năm.

Thay số liệu được xác định ở trên vào (2) ta được lợi nhuận của một đời thiết bị

**c) Thời gian hoàn vốn ( $T_V$ ) kể cả lãi suất vay vốn đầu tư**

Thời gian hoàn vốn được xác định theo công thức sau:

$$T_V = \frac{l_n \left[ \frac{L_n}{L_n - Z_{nd}(E - 1)} \right]}{l_n \cdot (E)} \quad (3)$$

Thay số liệu đã tính được ở trên vào công thức (3) ta xác định được thời gian hoàn thành vốn đầu tư thiết bị sản xuất muối sạch

Hiệu quả vốn đầu tư cho ta biết một đồng vốn đầu tư thiết bị sản xuất muối sẽ thu được bao nhiêu lợi nhuận, và được tính theo công thức sau:

**d) Hiệu quả vốn đầu tư: ( $H_V$ )**

$$H_V = \frac{L_n \cdot (n - T_V) + Z}{Z_{nd}} \quad (4)$$

Thay các số liệu đã xác định vào (4), xác định được hiệu quả vốn đầu tư thiết bị cơ giới hóa vào sản xuất muối sạch và được thống kê ở bảng 2.

Để đánh giá năng suất, chất lượng và hiệu quả kinh tế của mô hình sản xuất muối sạch áp dụng cơ giới hóa với mô hình sản xuất muối truyền thống, dự án lập bảng so sánh như sau:

**Bảng 1: Bảng so sánh năng suất và giá thành sản xuất của một số khâu giữa sản xuất bằng thủ công và bằng cơ giới hóa**

TT	Chỉ tiêu kinh tế	Lu lèn bằng thủ công	Lu lèn bằng (Cơ giới hóa)	Ghi chú
1	Năng suất lu lèn sân kết tinh	0,02ha/công/ca	1ha/công/ca	Cơ giới tăng 70 lần
2	Chất lượng lu lèn	Không phẳng, không chặt	Sân phẳng, độ chặt đạt yêu cầu	Cơ giới tăng 50%
3	Năng suất thu gom	2 tấn/ca/ công	40 tấn/công/ca	Cơ giới tăng 30%
4	Giá thành lu lèn sân kết tinh	15.000.000 đồng/ha	5.000.000	Cơ giới giảm 70%
5	Giá thành thu gom muối	70.000 đồng/ tấn	35.000 đồng/ tấn	Cơ giới giảm 50%

Nhận xét: Áp dụng cơ giới hóa (máy lu lèn sân kết tinh và tời thu gom di chuyển muối trên sân kết tinh), năng suất lao động cao, giá thành sản xuất thấp, từ đó hiệu quả kinh tế tăng lên

**Bảng 2: Bảng so sánh hiệu quả kinh tế của mô hình sản xuất muối sạch áp dụng cơ giới hóa với mô hình sản xuất muối truyền thống**

TT	Chỉ tiêu kinh tế	Mô hình sản xuất muối truyền thống	Mô hình sản xuất muối sạch áp dụng cơ giới hóa	Ghi chú
1	Năng suất	60 tấn/ha/vụ	100 tấn/ ha/vụ	Tăng 40%
2	Chất lượng	Muối lẫn tạp chất, màu vàng	Đạt TCVN 638:2013	

3	Giá bán	900 đ/kg	1.300 đ/kg	Tăng 30%
4	Chi phí sản xuất	30.000.000 đ/ha/vụ	65.000.000 đ/ha/vụ	Tăng 53%
5	Lợi nhuận	51.000.000 đ/ha/vụ	91.000.000 đ/ha/vụ	Tăng 64%
6	Hiệu quả vốn đầu tư	1,7	1,4	Giảm 0,3%

**Nhận xét:** Mô hình sản xuất muối sạch theo chuỗi liên kết tiêu thụ sản phẩm có áp dụng cơ giới hóa cho năng suất, chất lượng muối và hiệu quả kinh tế cao hơn mô hình sản xuất muối truyền thống.

#### 4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu đã trình bày ở trên, cho thấy mô hình sản xuất muối sạch theo chuỗi liên kết tiêu thụ sản phẩm có áp dụng cơ giới hóa cho năng suất thu hoạch muối /ha cao hơn 40%, lợi nhuận tăng 64% so với mô hình sản xuất muối truyền thống (sân kết tinh không trải bạt, lu lên sân kết tinh, thu gom muối bằng thủ công), chất lượng muối đạt tiêu chuẩn TCVN 638:2013, giảm nhẹ sức lao động của diêm dân.

**LỜI CẢM ƠN:** Bài báo này là sản phẩm của dự án “Xây dựng mô hình sản xuất muối sạch theo chuỗi liên kết tiêu thụ sản phẩm”, Xin trân trọng cảm ơn, Trung tâm Khuyến nông quốc gia, Công ty Cổ phần thiết bị chuyên dùng Việt Nam và các nhà khoa học, các thành viên dự án đã hỗ trợ, giúp đỡ để hoàn thành bài báo này.

#### 5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Dương Văn Giới (2023), Báo cáo kết quả dự án khuyến nông Quốc gia: “*Xây dựng mô hình sản xuất muối sạch theo chuỗi liên kết tiêu thụ sản phẩm*”, Trung tâm khuyến nông quốc gia
- Dương Văn Tài (2023), *Kết quả tính toán thiết kế chế tạo và thử nghiệm một số thiết bị cơ giới hóa sản xuất và chế biến muối*, đề tài cấp cơ sở.
- Phạm Ngọc Tuyên (2018), *Quy trình công nghệ sản xuất muối sạch phơi nước phân tán tại đồng bằng sông Cửu Long*, Tiến bộ kỹ thuật, Bộ Nông nghiệp và PTNT

**Ngày nhận bài:** 01/11/2024

**Người Phản biện:** PGS.TS. Dương Văn Tài - Trường Đại học Lâm nghiệp

## KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VƯỜN ƯƠM THÔNG MINH SẢN XUẤT CÂY GIỐNG Sâm NGỌC LINH

ThS. Dương Thị Thanh Tân<sup>1</sup>, ThS. Nguyễn Thành Chung<sup>1</sup>

### TÓM TẮT

*Sâm Ngọc Linh là loại dược liệu quý và đặc hữu của Việt Nam, loại sâm này sinh trưởng và phát triển ở dưới tán rừng tự nhiên với độ cao 1800-2000m ở vùng núi Ngọc Linh thuộc huyện Tu Mơ Rông tỉnh Kon Tum và huyện huyện Nam Trà Mi tỉnh Quảng Nam. Do loại sâm này có giá trị kinh tế cao, nên nhu cầu cây giống để phát triển vườn sâm là rất lớn, mặt khác do điều kiện sinh trưởng và quá trình nảy mầm của hạt sâm dài, nên tỷ lệ hạt nảy mầm thấp, tỷ lệ cây giống đạt tiêu chuẩn xuất vườn thấp, để đạt tỷ lệ nảy mầm cao, chất lượng cây giống tốt, cần có vườn ươm thông minh để sản xuất cây giống. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu tính toán vườn ươm thông minh để sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh.*

**Từ khóa:** Vườn ươm thông minh; Sản xuất cây giống bằng vườn ươm thông minh;

### RESULTS OF CALCULATIONS FOR SMART NURSERY PRODUCTION OF NGOC LINH GINSENG SEEDS

### ABSTRACT

*Ngoc Linh ginseng is a valuable and endemic medicinal herb native to Vietnam. This type of ginseng grows and thrives under the natural forest canopy at altitudes of 1,800 to 2,000 meters in the Ngoc Linh mountain area, which spans the Tu Mo Rong district of Kon Tum province and the Nam Tra My district of Quang Nam province. Due to its high economic value, there is a significant demand for seedlings to cultivate in garden spaces. However, the unique growth conditions and the prolonged germination process of ginseng seeds result in a low seed germination rate. Additionally, the number of seedlings that meet export quality standards is limited. To enhance germination rates and ensure high-quality seedlings, the implementation of a smart nursery system is essential. This article presents the findings of research focused on designing smart nurseries for the efficient production of Ngoc Linh ginseng seedlings.*

**Keywords:** Smart nursery; Seedling production using smart nurseries.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sâm Ngọc Linh là loại dược liệu quý và đặc hữu của Việt Nam, loại sâm này sinh trưởng và phát triển ở dưới tán rừng tự nhiên với độ cao 1800-2000m ở vùng núi Ngọc Linh thuộc huyện Tu Mơ Rông tỉnh Kon Tum và huyện huyện Nam Trà Mi tỉnh

Quảng Nam. Do loại sâm này có giá trị kinh tế cao, nên nhu cầu cây giống để phát triển vườn sâm là rất lớn, mặt khác do điều kiện sinh trưởng và quá trình nảy mầm của hạt sâm dài, nên tỷ lệ hạt nảy mầm thấp, tỷ lệ cây giống đạt tiêu chuẩn xuất vườn thấp.

<sup>1</sup>Trường Đại học Lâm Nghiệp

<sup>2</sup>Công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Đắk Tô

Với giá trị và nhu cầu về Sâm Ngọc Linh là rất lớn, chính phủ đã có chủ trương phát triển diện tích trồng sâm, song số lượng cây giống Sâm Ngọc Linh còn hạn chế không đáp ứng đủ nhu cầu của thực tế sản xuất. Để giải quyết tồn tại về tỷ lệ nảy mầm của hạt giống sâm, cũng như tỷ lệ cây giống sâm xuất vườn thấp, năm 2021 Bộ khoa học và công nghệ đã giao cho Công ty trách nhiệm hữu hạn một thành viên Lâm nghiệp Đắk Tô thực hiện dự án “Hoàn thiện quy trình sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh từ hạt trong vườn ươm thông minh phục vụ sản xuất tại tỉnh Kon Tum” mã số: SPQG.12.04.DA.07/21, kết quả của dự án đã nghiên cứu tính toán thiết kế chế tạo hoàn thiện vườn ươm thông minh sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu tính toán vườn ươm thông minh để sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh

## 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng và thiết bị nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là vườn ươm thông minh để sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh từ hạt thuộc dự án “Hoàn thiện quy trình sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh từ hạt trong vườn ươm thông minh phục vụ sản xuất tại tỉnh Kon Tum” mã số: SPQG.12.04.DA.07/21.

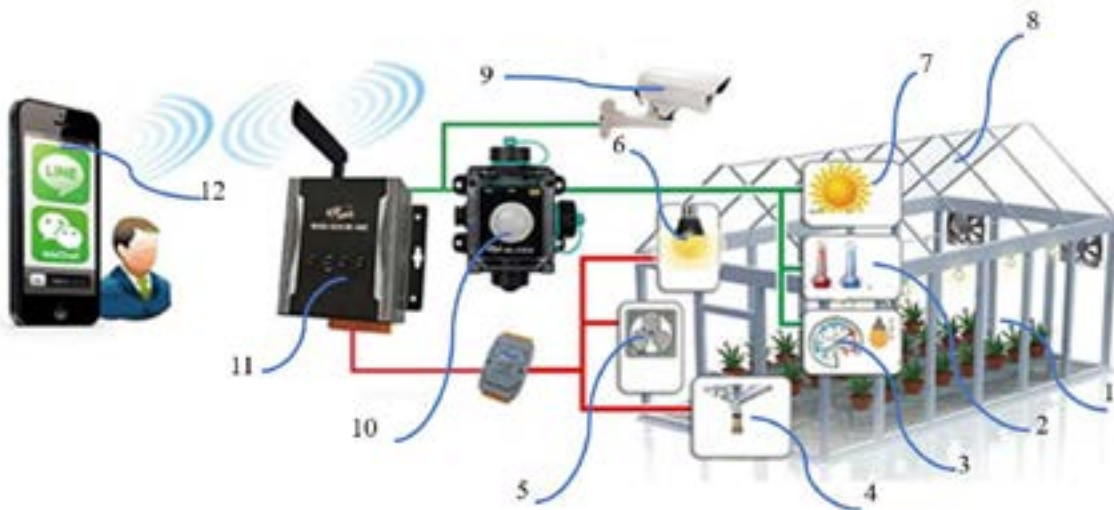
### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được sử dụng lý thuyết cơ khí chế tạo máy, lý thuyết điện tử, điều khiển tự động để tính toán các bộ phận của vườn ươm thông minh

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Mô hình tổng thể vườn ươm thông minh sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh

Mô hình tổng thể vườn ươm thông minh sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh được thể hiện trên hình 3.1



Hình 3.1: Mô hình tổng thể vườn ươm thông minh sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh  
1- Nhà ươm hạt giống; 2- cảm biến nhiệt độ không khí; 3- Cảm biến độ ẩm đất, của không khí; 4- Hệ thống tưới phun tự động theo chương trình; 5- Hệ thống thông gió tự động; 6- Hệ

thống chiếu sáng tự động; 7- Cảm biến cường độ ánh sáng; 8- Hệ thống che nắng, che mưa tự động; 9- Camera xử lý ảnh theo dõi sinh trưởng và phát triển cây giống sâm; 10- hệ thống điều khiển trung tâm các hoạt động trong vườn ươm thông minh; 11- Hệ thống thu phát tín hiệu điều khiển từ xa; 12- Bộ điều khiển từ xa theo chương trình.

- Hoạt động của vườn ươm thông minh: hạt giống sâm được gieo ươm trong nhà ươm (1), cảm biến độ ẩm của đất của không khí (3) tích hợp với hệ thống điều khiển trung tâm, độ ẩm của đất và không khí tự động thay đổi theo yêu cầu bằng hệ thống tưới phun tự động (4); Cảm biến nhiệt độ của không khí (2) tích hợp với hệ thống điều khiển trung tâm (10), nhiệt độ tự động thay đổi theo công nghệ bằng hệ thống thông gió (5); Hệ thống che nắng và che mưa tự động hoạt động theo yêu cầu công nghệ thông qua cảm biến đo cường độ ánh sáng (7) tích hợp với hệ thống điều khiển trung tâm (10); Camera xử lý ảnh (9) tích hợp với hệ thống điều khiển trung tâm (10) để phân tích sinh trưởng và phát triển của cây giống sâm, theo dõi giám sát sâu bệnh hại và tự động tưới vi lượng phân bón theo sinh trưởng và phát triển cây giống sâm.

- Tính năng của vườn ươm thông minh:

+ Kiểm soát được các thông số về môi trường không khí, môi trường đất ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển của hạt giống và cây giống Sâm Ngọc Linh;

+ Thông qua các cảm biến và phần mềm, chương trình điều khiển, tương tác tự động với môi trường theo yêu cầu công nghệ;

+ Tự động điều chỉnh các yếu tố về môi trường sinh trưởng và phát triển của hạt giống và của cây giống Sâm Ngọc Linh;

+ Tương tác với môi trường, thay đổi công nghệ thông qua màn hình HMI, máy tính bảng, điện thoại thông minh

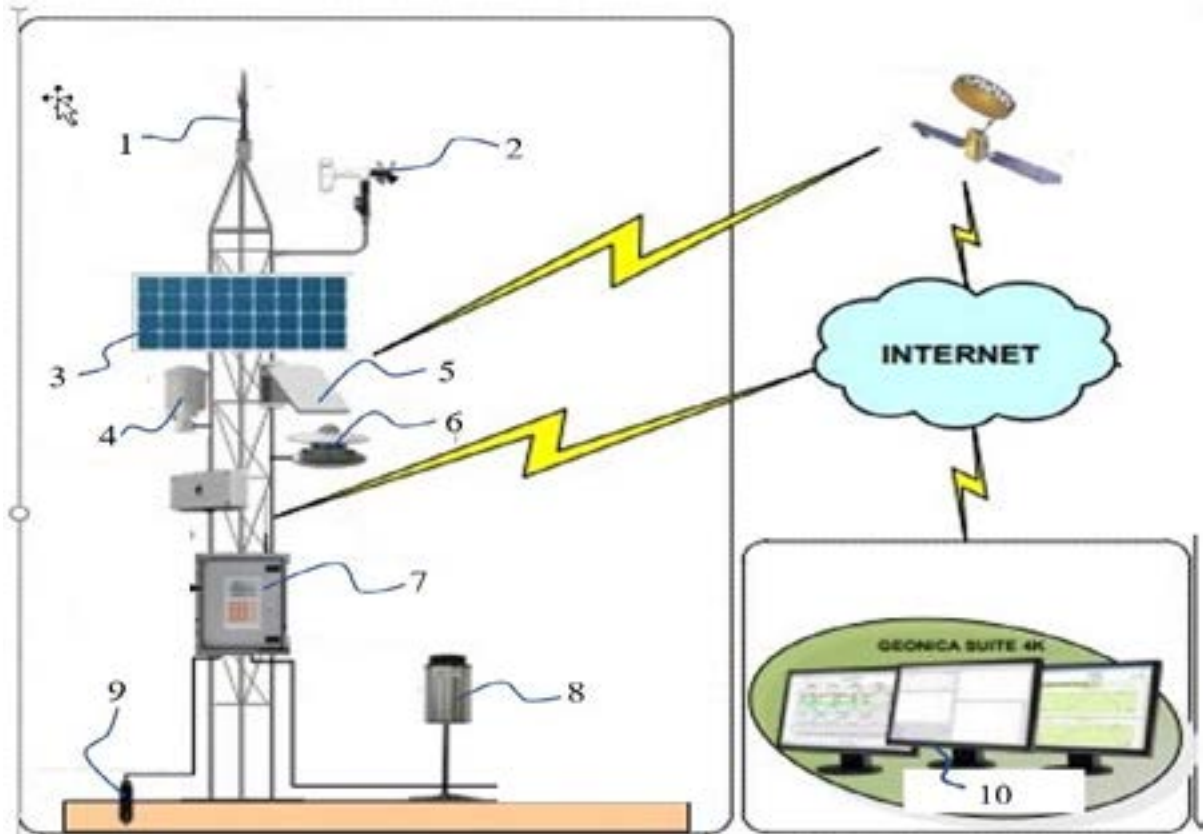
+ Vận hành, điều khiển trực tiếp hoặc từ xa thông qua mạng 4G

+ Mở rộng chương trình điều khiển khi thay đổi các đối tượng hạt giống, cây giống, qui trình công nghệ gieo ươm, chăm sóc.

### **3.2. Tính toán các hệ thống trong vườn ươm thông minh**

#### **3.2.1. Tính toán hệ thống quan trắc khí tượng tự động tích hợp hệ thống điều khiển trung tâm**

Để giám sát, kiểm soát các yếu tố về môi trường, tiểu khí hậu nơi đặt vườn ươm thông minh, dự án tính toán lắp đặt hệ thống quan trắc khí tượng tự động bao gồm: Cảm biến đo nhiệt độ không khí, cảm biến đo độ ẩm của không khí và của đất; cảm biến đo lượng mưa, cảm biến đo cường độ ánh sáng, cảm biến đo tốc độ gió, hướng gió, cảm biến đo xurong muối, cảm biến đo áp suất không khí, bộ ghi và lưu trữ số liệu quan trắc. Toàn bộ các cảm biến được tích hợp với hệ thống điều khiển trung tâm thông qua tín hiệu Digital. Hệ thống thông quan trắc môi trường tự động được mô tả trên hình 3.2



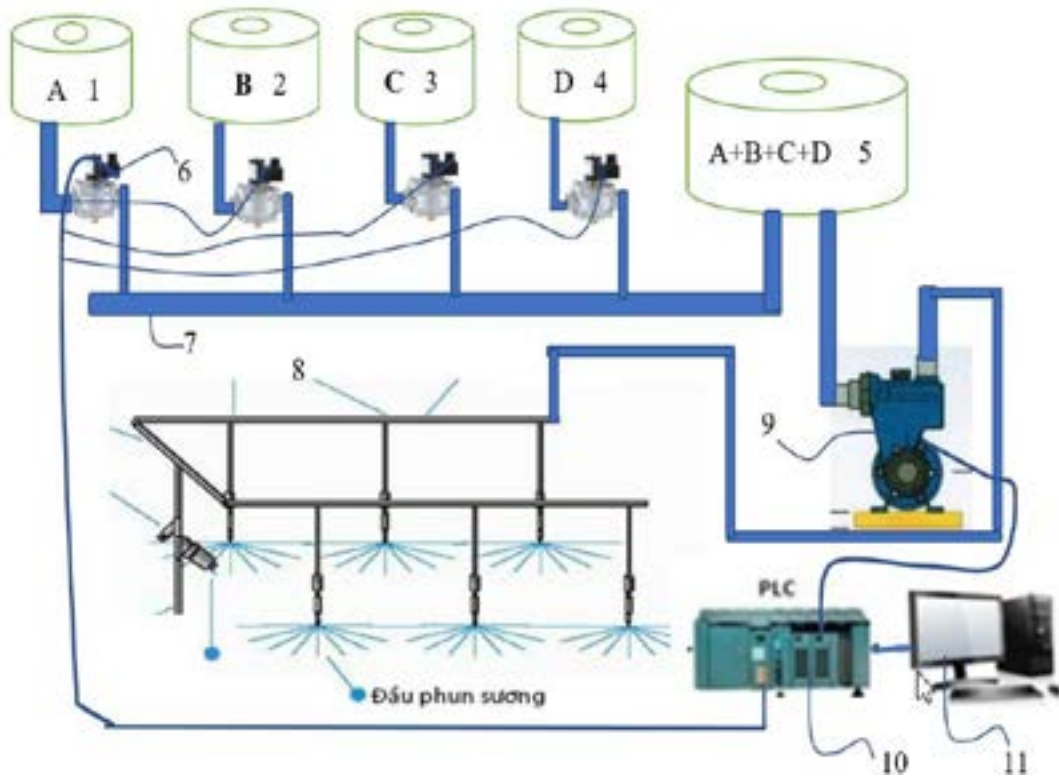
Hình 3.2: Hệ thống quan trắc môi trường tự động, tích hợp hệ thống điều khiển trung tâm vườn ươm thông minh

1- Đầu thu sét; 2- cảm biến đo gió; 3- Phin năng lượng mặt trời; 4- Cảm biến đo nhiệt độ; 5- Cảm biến đo cường độ ánh sáng; 6- Cảm biến đo độ ẩm không khí; 7- Hộp đặt CPU, nguồn; 8- Cảm biến đo lượng mưa; 9- Cảm biến đo độ ẩm của đất; 10- Hệ thống thiết bị tự động ghi số liệu khí tượng quan trắc.

### 3.2.2. Tính toán hệ thống tự động tưới vi lượng phân bón theo chương trình

Trong quá trình sinh trưởng và phát triển của cây giống sâm, nhu cầu về độ ẩm, phân bón khác nhau, thành phần các loại vi chất cũng khác nhau. Việc nghiên cứu xác định tại các thời điểm khác nhau cây giống

Sâm Ngọc Linh cần các vi chất, hàm lượng đã được thực hiện trong công nghệ chăm sóc cây sâm ngọc linh. Hệ thống tự động hòa trộn các vi lượng phân bón theo yêu cầu công nghệ đã được xác định được thể hiện trên hình 3.3.



Hình 3.3: Mô hình hệ thống tự động tưới vi lượng phân bón theo chương trình

1 - Bình chứa dung dịch phân bón vi lượng chất A; 2 - Bình chứa dung dịch phân bón vi lượng chất B; 3 - Bình chứa dung dịch phân bón vi lượng chất C; 4 - Bình chứa dung dịch phân bón vi lượng chất D; 5 - Bình chứa dung dịch sau khi đã hòa trộn các vi lượng; 6 - Van điện từ điều khiển tự động; 7 - Đường ống dẫn dung dịch vi chất; 8 - Dàn tưới phun tự động; 9 - Máy bơm nước; 10 – PLC điều khiển van điện từ và máy bơm nước; 11- Máy vi tính để nạp chương trình cho PLC

- Hoạt động của hệ thống hòa trộn vi lượng phân bón theo chương trình

+ Chương trình đã được nạp vào PLC bằng máy vi tính

+ Các van điện từ được kết nối với PLC

+ Động cơ bơm nước được kết nối với PLC

+ PLC điều khiển van điện từ mở để cho dung dịch vi chất trong bình chứa chất A chảy vào thùng hòa trộn 5, chương trình PLC điều khiển thời gian mở van, để đạt được

định lượng chất A đi vào thùng hòa trộn số 5

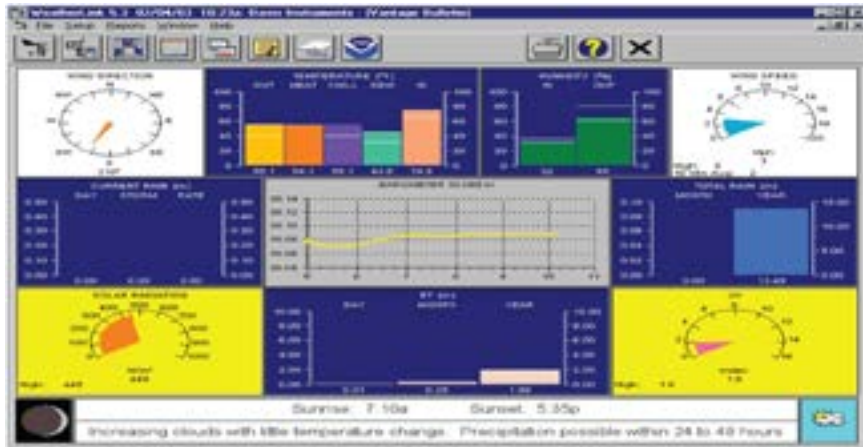
+ Tương tự như trong bình A, chương trình PLC điều khiển các van điện từ để cho chất B, C, D đi vào bình hòa trộn theo đúng định lượng

+ PLC điều khiển máy bơm để tưới phun các chất dinh dưỡng, phân bón cho cây sâm giống, tùy thuộc vào nhu cầu dưỡng chất, loại phân bón mà phun nhiều hay phun ít, phun sương mù hay tưới nhỏ giọt vào gốc cây.

**3.3. Chương trình điều khiển trung tâm trong vườn ươm thông minh**

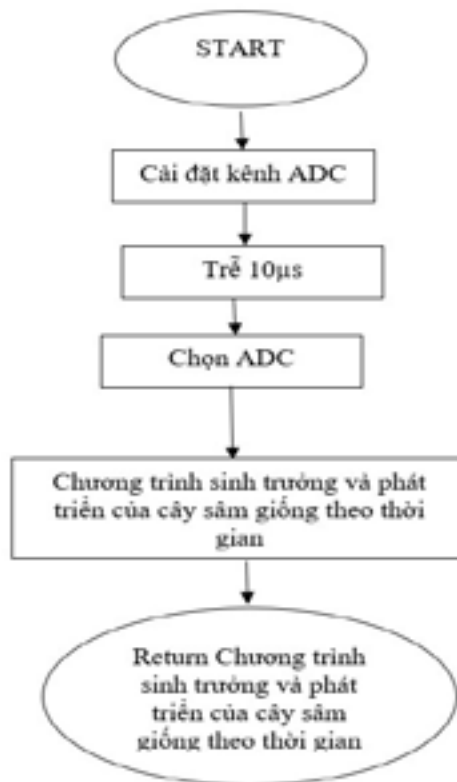
Toàn bộ hoạt động của vườn ươm thông minh được điều khiển bằng hệ thống điều khiển trung tâm, hệ thống điều khiển trung tâm tích hợp các cảm biến, hệ thống quan

khí tượng tự động, hệ thống tự động tưới vì lượng phân bón theo chương trình, hệ thống camera xử lý ảnh. Phần mềm điều khiển được thực hiện thông qua giao diện trên màn hình HMI

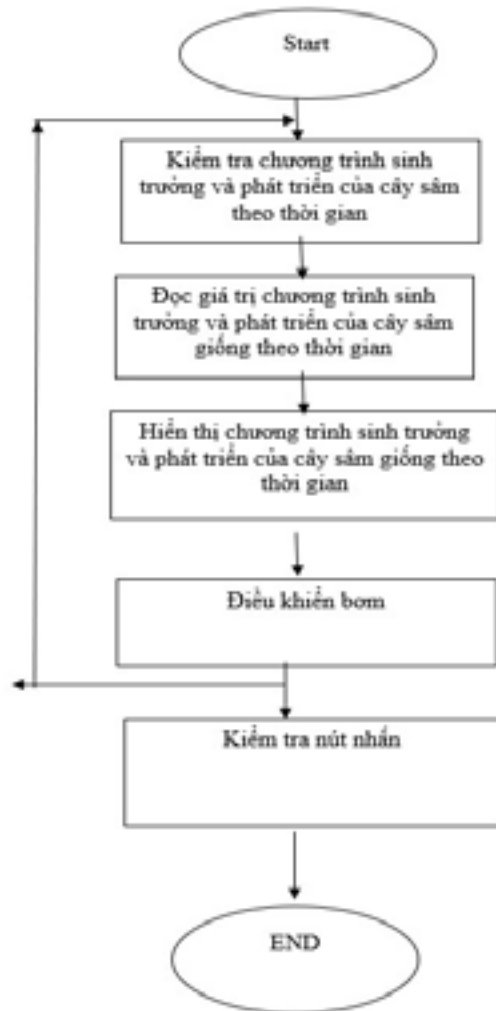


Hình 3.4. Giao diện phần mềm quan trắc khí tượng tự động tích hợp hệ thống điều khiển trung tâm

- Lưu đồ thuật toán điều khiển



- Lưu đồ thuật toán chương trình chính



### 3.4. Kết quả thử nghiệm vườn ươm thông minh sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh

#### 3.4.1. Kết quả sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh trên vườn ươm thông minh

Sau khi tính toán thiết kế, dự án tiến hành chế tạo, lắp đặt, hoàn thiện vườn ươm

thông minh sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh từ hạt, dự án tiến hành sản xuất thử nghiệm cây giống Sâm Ngọc Linh trên vườn ươm thông minh (hình 3.5).



Hình 3.5: Sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh trên vườn ươm thông minh

**3.4.2. Đánh giá tỷ lệ nảy mầm hạt và chất lượng cây giống sản xuất trên vườn ươm thông minh**

Tỷ lệ nảy mầm của hạt sâm và chất lượng cây giống Sâm Ngọc Linh được sản xuất trên vườn ươm thông minh được thể hiện trên bảng 3.1

**Bảng 3.1: Bảng so sánh tỷ nảy mầm và chất lượng cây giống Sâm Ngọc Linh được sản xuất trong vườn ươm thông minh với cây giống sâm sản xuất vườn ươm truyền thống**

TT	Các chỉ tiêu so sánh đánh giá	Vườn ươm thông minh	Vườn ươm truyền thống	Ghi chú
1	Tỷ lệ hạt nảy mầm	91 %	72%	Tăng 22%
2	Tỷ lệ cây giống đạt tiêu chuẩn xuất vườn	82%	54%	Tăng 38%
3	Chiều cao trung bình cây giống	15cm	8cm	Tăng 47%
4	Trọng lượng củ	30g	15g	Tăng 50%
5	Đường kính thân cây	3mm	1,5mm	Tăng 50%

Nhận xét: Cây giống Sâm Ngọc Linh được sản xuất trong vườn ươm thông minh cho tỷ lệ nảy mầm cao hơn, tỷ lệ cây giống xuất vườn cao hơn chất lượng tốt hơn cây giống sâm được sản xuất trong vườn ươm truyền thống.

**4. KẾT LUẬN**

Từ kết quả nghiên cứu đã trình bày ở trên, cho thấy vườn ươm thông minh đã tạo ra các yếu tố môi trường, khí hậu, điều kiện sinh trưởng, phát triển phù hợp nhất cho hạt giống sâm và cây giống Sâm Ngọc Linh. Kết quả sản xuất thử nghiệm cây giống sâm trên vườn ươm thông minh cho thấy tỷ lệ nảy mầm của hạt giống 91%, tỷ lệ cây giống đạt tiêu chuẩn xuất vườn 82%, chất lượng cây giống tốt.

**LỜI CẢM ƠN:** Bài báo này là sản phẩm của dự án ““Hoàn thiện qui trình sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh từ hạt trong vườn ươm thông minh phục vụ sản xuất tại tỉnh Kon Tum” mã số: SPQG.12.04.DA.07/21”, Xin trân trọng cảm ơn, Văn phòng các Chương trình khoa học và công nghệ quốc gia, Công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Đắk Tô và các nhà khoa học, các thành viên dự án đã hỗ trợ, giúp đỡ để hoàn thành bài báo này.

**5. TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Dương Văn Tài (2022), Kết quả tính toán thiết kế hệ thống quan trắc khí tượng tự động trong vườn ươm thông minh sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh từ hạt, Báo cáo chuyên đề Dự án khoa học và công nghệ cấp quốc gia
2. Dương Văn Tài (2023), Kết quả tính toán thiết kế hệ thống tưới vi lượng phân bón theo sinh trưởng và phát triển của cây sâm, Báo cáo chuyên đề Dự án khoa học và công nghệ quốc gia
3. Nguyễn Thành Chung (2024), Kết quả chế tạo, lắp đặt vườn ươm thông minh sản xuất cây giống Sâm Ngọc Linh từ hạt, Báo cáo chuyên đề dự án khoa học và công nghệ quốc gia
4. Nguyễn Thành Chung (2024), Kết quả sản xuất thử nghiệm cây giống Sâm Ngọc Linh trong vườn ươm thông minh, Báo cáo chuyên đề Dự án khoa học và công nghệ quốc gia.

**Ngày nhận bài:** 01/11/2024

**Người phản biện:** PGS.TS. Dương Văn Tài - Trường Đại học Lâm Nghiệp

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ TUỔI THU HÁI VÀ PHƯƠNG PHÁP LÀM KHÔ ĐẾN HIỆU SUẤT THU HỒI TINH DẦU SẢ HOA HỒNG**

**(*Cymbopogon martinii* (Roxburgh) W. Watson var. motia)**

TS. Nguyễn Thu Huyền<sup>1</sup>, Ths. Đào Văn Núi<sup>1</sup>, Ths. Lê Thị Thu<sup>1</sup>, KS. Cù Thị Hằng<sup>1</sup>,  
Ds Nguyễn Thị Nụ<sup>1</sup>, Ths. Nguyễn Bá Hưng<sup>1</sup>, KS. Nguyễn Xuân Khánh<sup>1</sup>,  
KS. Nguyễn Văn Dũng<sup>1</sup>, KS. Trần Đại Hải<sup>1</sup>.

**TÓM TẮT**

Tinh dầu sả hoa hồng dùng làm thuốc chống muỗi, côn trùng, chữa trị bệnh đau thấp khớp, đau lưng chống co giật gân và bệnh rụng tóc. Mục tiêu của nghiên cứu nhằm xác định độ tuổi thu hái và phương pháp làm khô, thời gian bảo quản để đánh giá hiệu suất chưng cất tinh dầu sả hoa hồng bằng phương pháp cất kéo hơi nước. Thời điểm thu hoạch sả hoa hồng khi phần lớn cây bắt đầu nở hoa đến nở hoàn toàn, sau đó tiến hành sơ chế làm khô bằng cách phơi nắng trực tiếp, phơi tán xạ và sấy khô sau đó tiến hành bảo quản sả hoa hồng sau 30, 60 và 90 ngày ở nhiệt độ phòng thí nghiệm 25°C trong bao bì PE dày 0,02 mm buộc kín tiến hành xác định hiệu suất thu hồi tinh dầu sả hoa hồng. Kết quả nghiên cứu cho thấy cây sả hoa hồng thu hái khi các chùm hoa bắt đầu nở, sả được làm khô bằng máy sấy đến độ ẩm <12% đạt tiêu chuẩn chất lượng sả đưa vào cất tinh dầu, tiến hành chưng cất tinh dầu ngay sau khi thu hái hoặc làm khô bằng cách sấy đạt hiệu suất thu hồi cao nhất sau 30 ngày bảo quản ở nhiệt độ phòng thí nghiệm.

**Từ khóa:** hiệu suất thu hồi tinh dầu, sả hoa hồng, tinh dầu

**THE EFFECT OF POST HARVEST TECHNOLOGY ON THE EFFICIENCY OF RECOVERY OF (*CYMBOPOGON MARTINII* (ROXBURGH) W. WATSON VAR. MOTIA)**

**ABSTRACT**

The essential oil of *Cymbopogon martinii* (Roxburgh) W. Watson var. motia is used as anti-mosquito and anti-insect, to treat rheumatism, back pain, prevent sprains and hair loss. The effect of pretreatment, drying and storage methods on efficiency of recovery of *Cymbopogon martinii*, postharvest was studied. The experiments used cut 3-5cm rate of *Cymbopogon martinii* and water: 10:1 in 120 minute boiling. Stem, leaf, flower of *Cymbopogon martinii*, was opening and were dried by sun, scattering, convection drier and were preserved at ambient temperature. The results showed that stem, leaf, flower of *Cymbopogon martinii* were opening then using Convection drier were good efficiency of recovery higher than other test and after 30 days at room temperature good efficiency of recovery.

**Keyword:** *Cymbopogon martinii* (Roxburgh) W. Watson var. motia, efficiency of recovery, essential oil

<sup>11</sup> Trung tâm Nghiên cứu trồng và chế biến cây thuốc Hà Nội - Viện Dược Liệu

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sả hoa hồng có tên khoa học là (*Cymbopogon martinii* (Roxburgh) W. Watson var. *motia*), là một trong số 55 loài thuộc chi sả (*Cymbopogon*), Họ Lúa (*Poaceae*). Sả có nguồn gốc ở vùng nhiệt đới và ôn đới ẩm của thế giới (Đỗ Tất Lợi, 2004). Sả hoa hồng có nguồn gốc ở các khu vực bán lục địa với khí hậu nóng ẩm thuộc các bang Madhya Pradesh, Maharashtra, Andhra, Pradesh và Kamataka của Ấn Độ. Hiện nay, sả hoa hồng đã được trồng ở nhiều nước Đông Nam Á (Indonesia, Thái Lan, Việt Nam), châu Mỹ (Brazil, Guatemala, Honduras) và châu Phi. Năm 1982, sả hoa hồng đã được nhập nội vào Việt Nam và được nghiên cứu đánh giá tại Văn Điển và Hải Phòng, kết quả cho thấy cây sinh trưởng, phát triển tốt và có triển vọng trồng với diện tích lớn. Sả hoa hồng trồng tại Việt Nam cũng cho hàm lượng tinh dầu geraniol khá cao (70-95%) (Lê Tùng Châu và cs, 1982).

Sả hoa hồng được sử dụng trong công nghiệp sản xuất nước hoa. Lá và hoa chứa tinh dầu có hương vị ngọt, được sử dụng trong sản xuất geraniol. Nó cũng được chưng cất thành tinh dầu palmarosa và được sử dụng trong điều trị bằng dầu thơm vì có tác dụng làm dịu để giảm bớt các căng thẳng thần kinh. Trong y dược, tinh dầu sả hoa hồng được dùng tắm màn chống muỗi sốt rét, vừa không độc hại cho người, vừa xua đuổi ruồi muỗi và côn trùng. Y học dân tộc cổ truyền Ấn Độ coi tinh dầu sả hoa hồng là loại thuốc chữa trị bệnh đau thấp khớp, đau lưng chống co giật gân và bệnh rụng tóc

(Đỗ Tất Lợi, 2004).

Ứng dụng tinh dầu sả hoa hồng được đánh giá cao bởi các ngành công nghiệp mỹ phẩm và nước hoa vì tinh dầu có mùi thơm dịu thu được từ chùy hoa và lá. Quá trình sinh tổng hợp và tích lũy tinh dầu và geraniol được nhận thấy là tăng lên khi bông chín, nhưng hàm lượng geranyl axetat (GA) lại giảm trong tất cả các phần của cây. Mặc dù lượng tinh dầu tổng số trong chùy hoa cao hơn trong lá nhưng hàm lượng geraniol trong lá lại cao hơn trong hoa. Những bông chín hoàn toàn với thu hoạch khi bông chín một phần và khi chín hoàn toàn là giai đoạn thu hoạch tốt nhất để thu được lượng tinh dầu tối đa với hàm lượng geraniol đạt cao nhất (Smitha G.R và cộng sự, 2015).

Bảo quản sả hoa hồng (*Cymbopogon martinii*) và Sả java (*C. Winterianus*), trong bóng râm hoặc ngoài trời được thực hiện thời điểm trong mùa hè và mùa mưa. Hàm lượng tinh dầu tăng tối đa 31,4% và 18,0% tương ứng với bảo quản sau 5 và 7 ngày, so với các loại tươi. Mức an toàn của việc bảo quản thay đổi tùy theo loài và điều kiện bảo quản. Bảo quản sả chanh hàm lượng tinh dầu giảm mạnh nhất khi phơi trực tiếp vào mùa hè trong khi đó phơi dưới bóng râm thì lượng tinh dầu không giảm. Nhiệt độ và độ ẩm đóng vai trò quan trọng đối với quá trình sinh tổng hợp và tích lũy tinh dầu trong quá trình bảo quản các loại sả (A.K Singh và cộng sự, 1994). Tuy nhiên ở Việt nam mới chỉ quan tâm nghiên cứu đến việc chọn tạo ra giống sả hoa hồng có chất lượng và năng suất cao

nhưng chưa có những nghiên cứu xác định thời điểm thích hợp để thu hoạch và cần lựa chọn cách sơ chế sau thu hoạch hợp lý để thu hồi được lượng tinh dầu cao. Chính vì vậy, chúng tôi tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của thời điểm thu hoạch và phương pháp sơ chế đến hiệu suất chưng cất tinh dầu sả hoa hồng phù hợp với điều kiện Việt Nam nhằm đưa ra yêu cầu kỹ thuật thu hái và bảo quản để thu nhận được lượng tinh dầu hiệu quả nhất.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Đối tượng nghiên cứu

Nguyên liệu sả hoa hồng được trồng tại vườn thực nghiệm của trung tâm Nghiên cứu trồng và chế biến cây thuốc Hà nội, thu hoạch vào thời điểm khô ráo, lựa chọn cây không bị thối hỏng, dập nát, sâu bệnh.

### 2.2 Bố trí thí nghiệm

Nguyên liệu sả hoa hồng được thu hái, chuyển về phòng thí nghiệm của Trung tâm và toàn bộ sả được sơ chế bằng cách cắt nhỏ (3-5 cm) theo tiêu chuẩn quốc gia (TCVN 13148:2020), tỷ lệ nước và nguyên liệu 10/1, thời gian cắt 120 phút (Nguyễn Ngọc Lan và cộng sự, 2020).

Thí nghiệm gồm các công thức chia theo độ tuổi:

CT1: Độ tuổi 1: phần lớn thân lá và hoa chưa nở;

CT2: Độ tuổi 2: phần lớn thân lá và khi hoa bắt đầu nở;

CT3: Độ tuổi 3: phần lớn thân lá và khi nở hoàn toàn;

CT4: Độ tuổi 4: phần lớn thân lá và khi quả chín và chuyển sang màu nâu

Tiến hành phân tích xác định độ ẩm, tro toàn phần, hàm lượng tinh dầu tổng số và hiệu suất thu hồi tinh dầu đợt 1: thu hái sau khi trồng 4 tháng và đợt 2: thu hái sau khi cắt đợt 1: 3 tháng

- Thí nghiệm tiến hành bảo quản sau khi làm khô bằng cách phơi nắng, phơi tán xạ và máy sấy tiến hành bảo quản sau thu hoạch, sau 30, 60, 90 ngày tại nhiệt độ phòng thí nghiệm 25°C trong bao bì PE dày 0,02 mm buộc kín. Đánh giá ảnh hưởng của thời gian bảo quản nguyên liệu đến hiệu suất thu hồi tinh dầu và phân tích thành phần chính trong tinh dầu sả hoa hồng:

CT5: hiệu suất thu hồi tinh dầu sau phơi nắng đến độ ẩm <12%, nhiệt độ phơi 32-35°C

CT6: hiệu suất thu hồi tinh dầu sau phơi tán xạ đến độ ẩm <12%, nhiệt độ phơi 30-32°C

CT7: hiệu suất thu hồi tinh dầu sau sấy bằng máy sấy Memmert (Đức) đến độ ẩm <12%, nhiệt độ sấy 50°C

### 2.3. Phương pháp đánh giá:

\* Phương pháp lấy mẫu: Phương pháp lấy mẫu được liệt kê theo Dược điển Việt Nam V

\* Phương pháp chưng cất tinh dầu theo TCVN 7039:2013 (ISO 6571:2008) về Gia vị và thảo mộc - Xác định hàm lượng dầu dễ bay hơi (phương pháp chưng cất bằng hơi nước) và Dược điển Việt Nam V, phụ lục 12.13).

Thí nghiệm sử dụng phương pháp chưng cất bằng hơi bão hòa. Tiến hành đưa nguyên liệu và nước vào nồi cất với tỷ lệ 10:1, thời gian cất kiệt được tính từ thời điểm sôi đến khi không còn thấy xuất hiện thêm tinh dầu trong dịch ngưng, khoảng 120 phút, dung

môi được sử dụng là nước và nước làm mát bình ngưng. Nhiệt độ sôi của hơi bão hòa trên 100°C.

\* Xác định độ ẩm: theo tiêu chuẩn được điển Việt Nam V Phụ lục 3: bằng thiết bị cân hàm ẩm, sấy đến độ ẩm không đổi

\* Xác định tro toàn phần: theo tiêu chuẩn được điển Việt Nam V phụ lục 5

\* Xác định hàm lượng tinh dầu sả hoa hồng tổng số theo: TCVN 13148: 2020

\* Xác định thành phần chính của tinh dầu Sả hoa hồng: theo phân tích bởi sắc ký khối phổ theo được điển Việt nam V, phụ lục 9

\* Xác định hiệu suất thu hồi tinh dầu: Hiệu suất thu hồi tinh dầu (Y) được tính theo khối lượng khô tuyệt đối được xác định theo công thức:

$$Y(\%) = \frac{m_{eo}}{m(1 - \alpha)} \times 100$$

Trong đó:  $m_{eo}$  - khối lượng tinh dầu (g);  $m$  - khối lượng nguyên liệu (g);  $\alpha$  - độ ẩm của nguyên liệu (%).

\* Xử lý số liệu: Xử lý số liệu bằng phần mềm Microsoft Excel 2010 và SPSS 16.0 (Statistical package for the Social Sciences): trung bình cộng các lần lặp và so sánh các công thức thí nghiệm sai khác nhau có ý nghĩa ở mức  $\alpha=0,05$ .

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Kết quả nguyên liệu sả hoa hồng

Sả hoa hồng được trồng tại vườn thực nghiệm của trung tâm Nghiên cứu trồng và chế biến cây thuốc Hà nội, lựa chọn cây không bị sâu bệnh, thối hỏng, dập nát, còn nguyên cành, hoa. Thu hái ngày cắt nhỏ (3-

5cm) và tiến hành phân loại ra các độ tuổi thu hái thu toàn bộ thân lá và khi phần lớn: hoa chưa nở; khi hoa bắt đầu nở; khi bông bắt đầu chín; khi bông nở hoàn toàn phân tích các chỉ tiêu: độ ẩm, tro toàn phần và hàm lượng tinh dầu tổng số, kết quả thể hiện bảng sau:

**Bảng 1. Chất lượng của sả hoa hồng nguyên liệu tươi**

TT	Chỉ tiêu	CT1	CT2	CT3	CT4
1	Độ ẩm (%)	52,2 <sup>a</sup>	51,4 <sup>a</sup>	51,1 <sup>a</sup>	51,2 <sup>a</sup>
2	Khối lượng (g)	3050 <sup>a</sup>	3048 <sup>a</sup>	3034 <sup>a</sup>	3037 <sup>a</sup>
3	Hàm lượng tinh dầu tổng số (%)	2,17 <sup>b</sup>	3,12 <sup>a</sup>	3,18 <sup>a</sup>	3,05 <sup>a</sup>
4	Tro toàn phần (%)	3,24 <sup>a</sup>	3,12 <sup>a</sup>	3,20 <sup>a</sup>	3,20 <sup>a</sup>

Các số có chữ giống nhau trong 1 hàng thì không sai khác nhau có ý nghĩa ở mức  $\alpha=0,05$

Qua bảng 1 cho thấy độ ẩm ban đầu của nguyên liệu tươi chiếm khoảng trên 50%. Hàm lượng tinh dầu ở các độ tuổi sả hoa hồng khác nhau cao nhất ở độ tuổi 2,3 và độ tuổi 2 khi hoa bắt đầu nở và độ tuổi 3

khi hoa nở hoàn toàn thích hợp dùng làm nguyên liệu thí nghiệm tiếp theo. Ở các độ tuổi khác nhau thì không có sự khác nhau về tro toàn phần, độ ẩm và khối lượng.

**Bảng 2. Tiêu chuẩn chất lượng của sả hoa hồng nguyên liệu sau làm khô**

TT	Chỉ tiêu	CT2	CT5	CT6	CT7
1	Độ ẩm (%)	51,4	11,2a	11,4a	11,1a
2	Khối lượng sau làm khô (g)	3048	1037a	1048a	1017a
3	Hàm lượng tinh dầu tổng số (%)	3,12	2,23b	2,41a	2,38a
4	Tro toàn phần (%)	3,12	3,32a	3,32a	3,21a

Các số có chữ giống nhau trong 1 hàng thì không sai khác nhau có ý nghĩa ở mức  $\alpha=0,05$

Qua bảng 2 cho thấy độ ẩm ban đầu của nguyên liệu tươi chiếm khoảng trên 50% và độ ẩm sau làm khô đạt <12%. Hàm lượng tinh dầu ở các độ tuổi sả hoa hồng khác nhau cao nhất ở thu hái tươi và giảm dần ở các

cách làm khô, thấp nhất làm khô bằng phơi trực tiếp: 2,23%. Sau khi làm khô thì chất lượng tinh dầu ở các cách làm khô không có sự khác nhau về tro toàn phần, độ ẩm và khối lượng sau làm khô.

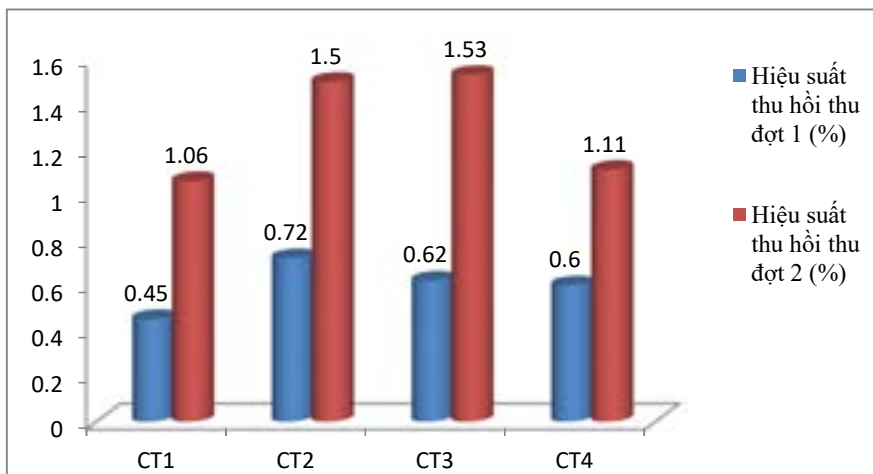


**Hình 1: Các độ tuổi thu hái của sả hoa hồng (độ tuổi 1,2,3,4 từ trái sang phải)**

### 3.2. Ảnh hưởng độ tuổi thu hái đến hiệu suất thu hồi tinh dầu sả hoa hồng

Hàm lượng tinh dầu thu nhận được khi chưng cất với tỷ lệ nước/nguyên liệu 10:1. Sau khi nước được đun sôi thì tinh dầu được hơi nước lôi cuốn bay lên và ngưng tụ bên phần nhánh chiết và sau 120 phút bốc hơi, lượng tinh dầu thu nhận giảm thì kết thúc quá trình chưng cất. Khi đun nóng hỗn hợp nước và nguyên liệu, nước có tác động

lên tế bào làm màng tế bào giãn nở và nước sẽ xuyên vào bên trong tế bào nơi chứa tinh dầu. Tế bào sẽ phình lên và vỡ ra giúp giải phóng tinh dầu ra bên ngoài. Nhiệm vụ tiến hành, chưng cất thu hồi tinh dầu sả hoa hồng 2 đợt khác nhau: đợt 1: sau khi trồng 4 tháng, đợt 2 sau khi thu đợt 1: 3 tháng.



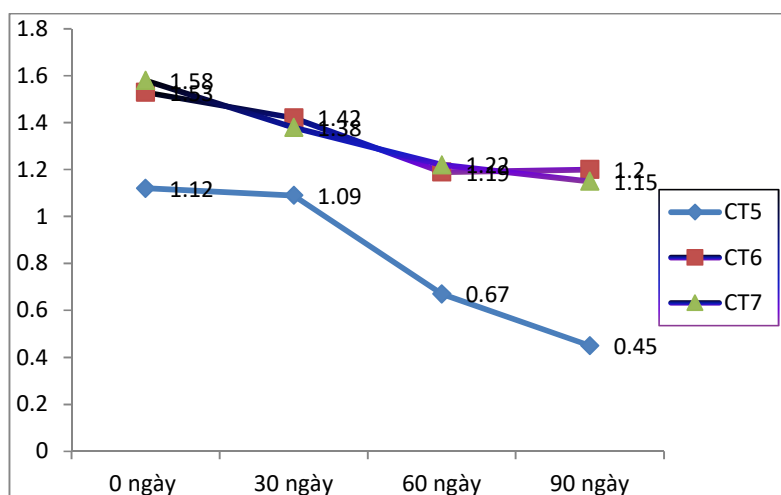
**Hình 2: Ảnh hưởng các độ tuổi thu hái đến hiệu suất thu hồi tinh dầu sả hoa hồng**

Dựa vào kết quả trên cho thấy 2 đợt thu hoạch có hiệu suất thu hồi khác nhau, thu hóa sả hoa hồng khi nụ hoa bắt đầu nở (độ tuổi 2) có hiệu suất thu hồi cao và thích hợp dùng để làm nguyên liệu cho các thí nghiệm tiếp theo.

Kết quả đánh giá độ tuổi thu hái của sả hoa hồng thu hái khi hoa bắt đầu nở tương đương với kết quả của Smitha G.R và cộng sự (2015) kết luận sả hoa hồng trồng tại Ấn Độ để lấy tinh dầu được thu hoạch khi bông chín một phần và khi chín hoàn toàn cho hàm lượng tinh dầu cao.

### 3.3 Ảnh hưởng thời gian bảo quản đến hiệu suất thu hồi tinh dầu sả hoa hồng

Sả hoa hồng sau khi thu hoạch lựa chọn cây không bị sâu bệnh, thối hỏng, dập nát, còn nguyên cành, đạt độ tuổi thu hái 2: hoa bắt đầu nở. Thu hái ngày nắng ráo làm khô bằng cách phơi trực tiếp, phơi tán xạ và sấy tiến hành bảo quản sau 30 ngày, 60 ngày, 90 ngày và chưng cất ngay sau khi làm khô (sau thu hoạch), kết quả đánh giá và so sánh hiệu suất thu hồi tinh dầu sả hoa hồng như sau:



**Hình 3: Ảnh hưởng thời gian bảo quản đến hiệu suất thu hồi tinh dầu sả hoa hồng**

Phương pháp làm khô ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi tinh dầu: làm khô bằng phơi nắng, hiệu suất thu hồi tinh dầu thấp hơn hơn so với phương pháp sấy và phơi tán xạ. Thời gian bảo quản nguyên liệu sả hoa hồng đã ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi tinh dầu được thể hiện ở hình 3, thời gian bảo quản càng dài thì hàm lượng tinh dầu tổng số giảm đồng nghĩa là hiệu suất thu hồi tinh dầu cũng giảm và có sự sai khác với làm khô bằng sấy và phơi tán xạ, sau 60 ngày và 90 ngày hiệu suất thu hồi tinh dầu giảm.

Như vậy, sả hoa hồng cần đưa vào tách thu hồi tinh dầu càng sớm càng tốt hoặc phơi tán xạ và sấy tách chiết tinh dầu sau 30 ngày làm khô. Theo kết quả nghiên cứu của tác giả Nguyễn Ngọc Lan và cộng sự (2020) đã sử

dụng nguyên liệu sả Java được thu nhận tại huyện Lâm Hà, tỉnh Lâm Đồng.

Lựa chọn sả hoa hồng tươi đạt độ tuổi thu hái, tiến hành chưng cất tinh dầu theo các bước trên, làm khô bằng máy sấy và bảo quản sau 30 ngày và tiến hành phân tích thành phần chính của tinh dầu Sả hoa hồng (bảng 3) được phân tích bởi sắc ký khối phổ kết quả thu được các hàm lượng chính gồm: geraniol (77,77%), gerenyl acetate (18,5%); caryophylete (2,3%), linalool (1,49%), alpha ocimene (1,17%)... Hầu như các chất chính trong tinh dầu sả hoa hồng đều có giá trị đạt chuẩn tương đương theo ISO 4277:2021 và tương đương và 1 số thành phần chính cao hơn tinh dầu sả hoa hồng chưng cất từ nguồn nguyên liệu tại vườn lưu trữ nguồn gen Hà Nội (Nam và cộng sự, 2022).

**Bảng 3. Thành phần chính của tinh dầu sả hoa hồng**

TT	Chỉ tiêu	Sả hoa hồng (%)	ISO 4277:2021(%)
1	Alpha Ocimene	1,17	0,2-2
2	Linalool	1,49	1,5-4
3	Geraniol	77,77	77-85
4	Citral	0,14	0,03-0,3
5	Geranyl acetate	18,50	5-13
6	Caryophylete	2,3	1-2,5
7	Beta –Myrcene	0,11	
8	Humulene	0,15	
9	Gama-Selinene	0,12	
10	Beta -Elemene	0,10	
11	Alpha -Pinene	0,28	
12	D-Limonene	0,09	

#### 4. KẾT LUẬN

Cây sả hoa hồng được thu hái thân lá và khi các chùm hoa bắt đầu nở, sả được cắt tinh dầu luôn và có thể làm khô bằng máy sấy đến độ ẩm <12% đưa vào chưng cất tinh dầu đạt hiệu suất thu hồi cao và chất lượng tinh dầu đảm bảo khi sả hoa hồng sấy bằng máy sấy 50°C bảo quản sau 30 ngày nhiệt độ phòng thí nghiệm 25°C trong bao bì PE dày 0,02 mm buộc kín.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Dược điển Việt Nam V, 2018, NXB Y học
2. Lê Tùng Châu, Phạm Văn Hiền, Nguyễn Văn Thuận, Phạm Kim Mãn, Nguyễn Hoàng Anh, Đặng Ngọc Bích, 1982, Kết quả bước đầu nhập nội sả motia CM182, Công trình nghiên cứu khoa học (1972-1986), Nxb Y học, trang 184-188.
3. Nguyễn Ngọc Lan, Nguyễn Quốc Duy, Trần Thị Thanh Ngọc, Khoa Kỹ thuật thực phẩm và môi trường, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, Tạp chí Công Thương - Các kết quả nghiên cứu khoa học và ứng dụng công nghệ, Số 21, tháng 8 năm 2020.
4. Đỗ Tất Lợi, 2004, Những cây thuốc và vị thuốc Việt Nam, Nhà xuất bản Y học.
5. Viện Dược liệu, 2005, “Kỹ thuật trồng và sử dụng cây thuốc ở Việt Nam”, Nxb Nông

Nghiệp, Hà Nội.

6. Nguyễn Xuân Nam, Trần Văn Lộc, Nguyễn Thị Thúy, Trịnh Thị Nga, Nguyễn Minh Khởi, Nguyễn Văn Khiêm, 2022, Đánh giá chất lượng tinh dầu sả từ các nguồn gen được lưu giữ tại Hà Nội, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam - Số 01(134)/2022
7. A. K. Singh, A. A. Naqvi, G. Ram & Kamla Singh, 1994, Effect of Hay Storage on Oil Yield and Quality in Three Cymbopogon Species (*C. winterianus*, *C. martinii* and *C. flexuosus*) during Different Harvesting Seasons, Journal of Essential Oil Research, Volume 6, 1994 - Issue 3, Published online: 28 Nov 2011.
8. Smitha G.R., Virendra S.Rana, 2015, Variations in essential oil yield, geraniol and geranyl acetate contents in palmarosa (*Cymbopogon martinii*, Roxb. Wats. var. motia) influenced by inflorescence development, Industrial Crops and Products, Volume 66, April 2015, Pages 150-160.

**Ngày nhận bài:** 10/10/2024

**Người phản biện:** TS. Nguyễn Đăng Minh Chánh - Viện Nghiên cứu và Phát triển Nông nghiệp Nafoods

**NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ SẤY THÍCH HỢP  
TRONG THIẾT BỊ SẤY NẤM MỐI BẰNG PHƯƠNG PHÁP  
BƠM NHIỆT KẾT HỢP SÓNG SIÊU ÂM**

TS. Lê Quang Huy<sup>1</sup>; GS.TS Nguyễn Hay<sup>2</sup>  
PGS.TS Lê Minh Nhật<sup>3</sup>; KS. Nguyễn Ngọc Vinh<sup>3</sup>

**TÓM TẮT**

Nấm mối là nguồn thực phẩm giàu chất dinh dưỡng. Trong loại nấm này có chứa hàm lượng lớn protein, carbohydrate, chất xơ và các vi chất như vitamin, axit amin, khoáng chất. Trong bài báo này, chúng tôi đã tiến hành thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ tác nhân sấy, tỉ lệ phát sóng siêu âm gián đoạn đến chi phí điện năng riêng, sự thay đổi màu sắc và hàm lượng protein của nấm mối sau khi sấy bằng phương pháp bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm. Kết quả cho thấy rằng: vùng nhiệt độ  $t = 40 \div 50^\circ\text{C}$  và tỉ lệ gián đoạn  $A = 0 \div 0,4$  sẽ tạo ra những tác động tích cực đến quá trình sấy nấm mối. Trên cơ sở đó, đã xây dựng được các phương trình hồi quy đánh giá ảnh hưởng đồng thời của các yếu tố đầu vào đến các chỉ tiêu đầu ra:  $Ar = 53,2275 - 0,0267833P - 1,86875t - 1,35833A + 0,000101333P^2 - 0,0425PA + 0,0189333t^2 + 0,0825tA + 9,39583A^2$ ;  $dE = 253,856 - 0,397383P - 10,1242t + 1,31667A + 0,00145533P^2 - 0,058PA + 0,118783t^2 + 27,5521A^2$ ;  $Pr = - 217,587 - 0,0391667P + 11,0675t + 88,5833A - 0,00111333P^2 + 0,0082Pt - 0,15PA - 0,135833t^2 - 1,15tA - 31,7708A^2$ . Bên cạnh đó nghiên cứu cũng đã xác định được một chế độ sấy tối ưu: nhiệt độ sấy  $t = 45,17^\circ\text{C}$ , công suất sóng siêu âm  $P = 144,02 \text{ W}$  và tỉ lệ gián đoạn  $A = 0,19$  ứng với chỉ tiêu đạt được là: chi phí điện năng riêng  $Ar = 5,31 \text{ kWh/kg}$ , sự thay đổi màu sắc  $dE = 11,54$  và hàm lượng protein  $Pr = 31,32 \text{ g/100g}$  chất khô.

**Từ khóa:** Bơm nhiệt, chi phí điện năng riêng, nấm mối, protein, sóng siêu âm, sự thay đổi màu sắc.

**EXPERIMENTAL STUDY TO DETERMINE THE APPROPRIATE DRYING MODE  
OF TERMITOMYCES ALBUMINOSUS DRYING EQUIPMENT BY USING THE  
HEAT PUMP COMBINED WITH ULTRASONIC WAVES**

**ABSTRACT**

*Termitomyces albuminosus* is a nutritious food source. This type of mushroom contains large amounts of protein, carbohydrates, fiber and micronutrients such as vitamins, amino acids, and minerals. In this paper, we conducted experiments to evaluate the effects of drying agent temperature, intermittent ultrasonic exposure on energy consumption, color changes and protein content of termite mushroom after drying by the heat pump drying method combined with ultrasonic waves. The results show that: the temperature range  $t = 40 \div 50^\circ\text{C}$  and interruption  $A = 0 \div 0.4$  will create positive effects on the termite mushroom drying

<sup>1</sup>Trường Cao đẳng Kỹ thuật Cao Thắng

<sup>2</sup>Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

<sup>3</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

process. On that basis, regression equations were built to evaluate the simultaneous effects of input factors on output indicators:  $Ar = 53,2275 - 0,0267833P - 1,86875t - 1,35833A + 0,000101333P^2 - 0,0425PA + 0,0189333t^2 + 0,0825tA + 9,39583A^2$ ;  $dE = 253,856 - 0,397383P - 10,1242t + 1,31667A + 0,00145533P^2 - 0,058PA + 0,118783t^2 + 27,5521A^2$ ;  $Pr = -217,587 - 0,0391667P + 11,0675t + 88,5833A - 0,00111333P^2 + 0,0082Pt - 0,15PA - 0,135833t^2 - 1,15tA - 31,7708A^2$ . In addition, the study determined the optimal drying mode: drying temperature  $t = 45.17^\circ\text{C}$ , ultrasonic power  $P = 144.02\text{ W}$  and intermittent ratio  $A = 0.19$  corresponding to the achieved targets: energy consumption  $Ar = 5.31\text{ kWh/kg}$ , color change  $dE = 11.54$  and protein  $Pr = 31.32\text{ g/100g dry matter}$ .

**Keywords:** Heat pump, energy consumption, xerula radicata, protein, ultrasound, color change.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nấm mối (*xerula radicata*) được đánh giá cao không chỉ bởi hương vị độc đáo mà còn nhờ giá trị dinh dưỡng, nó chứa nhiều chất dinh dưỡng đa vi lượng như protein, carbohydrate và chất xơ, cùng các vi chất như vitamin, axit amin và khoáng chất [1]. Chính vì vậy, nấm mối có thể đáp ứng nhu cầu dinh dưỡng cho những người theo chế độ ăn thuần chay, giúp họ duy trì một chế độ ăn uống cân bằng và lành mạnh. Thị trường thực phẩm từ nấm có tiềm năng trở thành một lựa chọn chính trong việc thay thế các sản phẩm động vật trong tương lai gần [2].

Tuy nhiên thời gian bảo quản của nấm mối tươi là tương đối ngắn, khoảng 5 ngày. Phương pháp hiệu quả nhất để tăng thời hạn sử dụng của nấm là sấy khô, nhằm tách ẩm ra khỏi vật liệu từ đó hạn chế sự phát triển của vi sinh vật gây hại. Sấy bơm nhiệt có sự hỗ trợ của sóng siêu âm là phương pháp sấy kết hợp được đánh giá có nhiều ưu điểm như giảm chi phí sấy nhưng vẫn giữ được chất lượng của sản phẩm [3 - 6].

Nghiên cứu này được thực hiện với mục

tiêu phân tích thực nghiệm các chế độ sấy khác nhau đối với nấm mối bằng phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm. Từ đó đánh giá các yếu tố tác động đến quá trình sấy như nhiệt độ tác nhân sấy, công suất và tỷ lệ phát sóng siêu âm để tìm ra chế độ sấy tối ưu. Kết quả nghiên cứu này là cơ sở khoa học để xây dựng quá trình sấy tối ưu cho các sản phẩm nông sản khác ứng dụng trong chế biến bảo quản và xuất khẩu.

## 2. VẬT LIỆU VÀ THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

### 2.1. Vật liệu

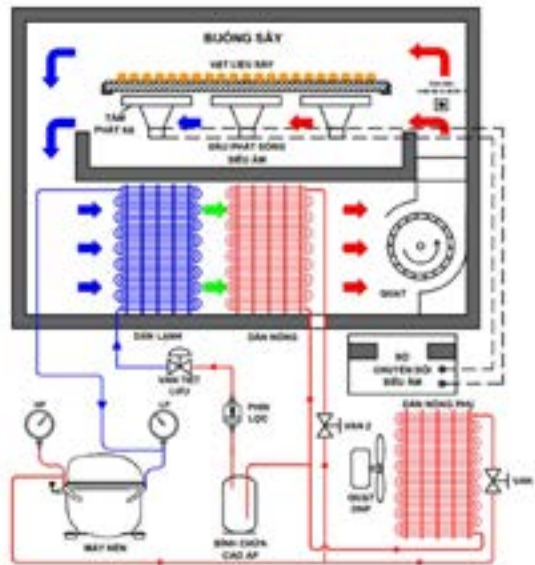
Vật liệu thí nghiệm là nấm mối tươi được trồng tại thành phố Bảo Lộc, tỉnh Lâm Đồng, Việt Nam.

Độ ẩm ban đầu của nấm được xác định bằng cân sấy ẩm:  $\omega_0 = 85,2\% \text{ kga/kg VLA}$ .

Độ ẩm yêu cầu của nấm sau khi sấy:  $\omega_2 = 12\% \text{ kga/kg VLA}$  [7].

### 2.2. Thiết bị thí nghiệm và dụng cụ đo

Thiết bị sử dụng trong nghiên cứu này là máy sấy bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm được thể hiện theo sơ đồ nguyên lý ở hình 1.



**Hình 1.** Sơ đồ nguyên lý hệ thống sấy

Các dụng cụ đo được sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm:

+ Cân sấy ẩm hãng Kett mẫu FD - 720, thang đo 3 ÷ 50 g, độ chính xác ± 0,5%.

+ Cân điện tử hãng Kendy mẫu WH - B20: giới hạn đo 10000 g, độ chính xác ± 0,1g.

+ Đồng hồ đo nhiệt độ – độ ẩm hãng Conotec mẫu Fox - 300A: thang đo -55,0 ÷ 99,9°C, 0 ÷ 100% RH, độ chính xác nhiệt độ ±1% rdg ± 1 digit và ẩm độ là ±3% rdg ± 1 digit.

+ Đồng hồ đo vận tốc gió hãng Lutron mẫu AM - 4203: thang đo 0,4 ÷ 25 m/s, độ chính xác: ± 2 % + 1 d

+ Đồng hồ đo điện năng tiêu thụ mẫu PZEM - 061, năng lượng đo 0 ÷ 9999 kWh.

+ Cảm biến đo khối lượng hãng CAS mẫu BCL - 20L, giới hạn đo 10 kg, với sai số ± 0,03 %kgf.

+ Máy đo màu hãng CHN SPEC mẫu CS -

10, phạm vi đo L\*: 1 – 100.

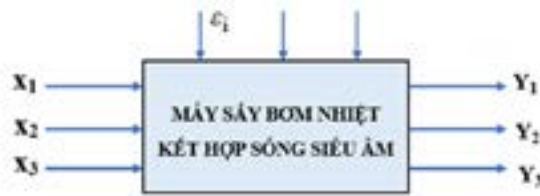
### 2.3. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.3.1. Phương pháp thực nghiệm đơn yếu tố.

Áp dụng phương pháp thực nghiệm đơn yếu tố để đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ tác nhân sấy, công suất và tỉ lệ gián đoạn sóng siêu âm đến các chỉ tiêu đầu ra đó là thời gian sấy, chi phí điện năng riêng Ar (kWh/kg), sự thay đổi màu sắc dE và hàm lượng protein Pr (g/ 100g chất khô).

#### 2.3.2. Phương pháp thực nghiệm đa yếu tố.

Áp dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm bậc II để nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời của ba yếu tố nhiệt độ tác nhân sấy, công suất và tỉ lệ gián đoạn sóng siêu âm đến các chỉ tiêu đầu ra. Ta tiến hành giải quyết bài toán hộp đen sau:



**Hình 2.** Mô hình bài toán hộp đen mô tả quá trình nghiên cứu

Các thông số đầu vào gồm:  $x_1$  là công suất bộ phát sóng siêu âm  $P$  (W) được kế thừa từ công trình nghiên cứu [8];  $x_2$  là nhiệt độ tác nhân sấy  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) và  $x_3$  là tỉ lệ phát sóng gián đoạn  $A$  được xác định thông qua thực nghiệm đơn yếu tố.

Các thông số đầu ra gồm:  $Y_1$  là chi phí điện năng riêng  $Ar$  (kWh/kg);  $Y_2$  là sự thay đổi màu sắc  $dE$  và  $Y_3$  là hàm lượng protein của nấm mỗi sau quá trình sấy  $Pr$  (g/100g chất khô)

### 2.3.3. Phương pháp nghiên cứu tối ưu tổng quát.

Áp dụng phương pháp tối ưu tổng quát để tối ưu hóa các thông số đầu vào nhằm xác

định một chế độ sấy phù hợp cho thiết bị sấy bơm nhiệt có hỗ trợ sóng siêu âm với mục tiêu là cân đối hợp lý giữa việc tiết kiệm chi phí sấy, giảm độ lệch màu của vật liệu và tăng tỉ lệ hàm lượng protein sản phẩm trong quá trình sấy.

## 2.4. Phương pháp xác định các thông số công nghệ của quá trình sấy

### 2.4.1. Phương pháp đo đạc

Các số liệu thực nghiệm trong nghiên cứu này sẽ được xác định theo công thức sau:

- Độ ẩm của nấm mỗi tại từng thời điểm quá trình sấy được xác định theo công thức (1):

$$\omega_t = 100 - \frac{m_0}{m_t} \times (100 - \omega_0) \quad (1)$$

Trong đó:  $\omega_0$  là độ ẩm ban đầu của nấm (%), kga/kg VLA);  $\omega_t$  là độ ẩm của nấm tại thời điểm  $t$  (%), kga/kg VLA),  $m_0$  là khối lượng nấm ban đầu (g) và  $m_t$  là khối lượng nấm tại

thời điểm  $t$  (g).

- Chi phí điện năng riêng của quá trình sấy được xác định theo công thức (2):

$$Ar = \frac{P}{m}, \text{kWh / kg} \quad (2)$$

Trong đó:  $P$  là điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy (kWh) và  $m$  là khối lượng của nấm trong một mẻ sấy (kg)

- Màu sắc của nấm sau khi sấy: được đo lường bằng thông số màu CIE Lab. Trong đó, giá trị  $L^*$  thể hiện độ sáng của nấm, dao động từ 0 đến 100, với 0 là màu đen và 100 là màu trắng;  $a^*$  thể hiện sự chuyển đổi từ

màu đỏ sang xanh lá cây;  $b^*$  cho biết sự chuyển đổi từ màu vàng sang xanh da trời. Mẫu tiêu chuẩn có các giá trị  $L^* = 92,58$ ;  $a^* = 2,31$  và  $b^* = 5,21$ . Sự chênh lệch tổng quát về màu sắc ( $dE$ ) giữa mẫu nấm sau khi sấy và mẫu tiêu chuẩn được xác định theo công thức (3):

$$dE = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

- Tỷ lệ phát sóng siêu âm gián đoạn được tính theo công thức (4):

$$A = \frac{T_{OFF}}{T_{ON} + T_{OFF}} \quad (4)$$

Trong đó:  $T_{ON}$  – thời gian phát sóng siêu âm;  $T_{OFF}$  – thời gian dừng phát sóng siêu âm.  
 Với  $A = 0$ : phát liên tục;  $A = 0,2$ : phát 60s dừng 15s,  $A = 0,4$ : phát 60s dừng 40s,  $A = 0,6$ : phát 60s dừng 90s,  $A = 0,8$ : phát 60s dừng 240s.

- Hàm lượng protein (g/100g ck): được xác định theo phương pháp AVA-KN-PP.HL/01 tại trung tâm kiểm nghiệm và tư vấn UDKH AVATEK.

#### 2.4.2. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được thu thập, lưu trữ và xử lý bằng phần mềm Statgraphics Centurion 19. Sử dụng phương pháp hồi quy phân tích phương sai (ANOVA) để xác định giá trị trị của các hệ số trong mô hình hồi quy đa thức. Kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số hồi quy theo các tiêu chí về thống kê (Student và Fisher).

### 2.5. Quy trình thực nghiệm

#### 2.5.1. Thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ tác nhân sấy đến các chỉ tiêu đầu ra.

Kế thừa công trình nghiên cứu [8] ta thấy mức công suất sóng siêu âm và vận tốc tác nhân sấy ảnh hưởng phù hợp nhất đến các thông số đầu ra của quá trình sấy nấm mỗi là  $P = 125$  W và  $v = 0,5$  m/s. Do đó, nhằm đánh giá vùng ảnh hưởng của nhiệt độ tác nhân sấy đến chi phí sấy và chất lượng nấm mỗi sau khi sấy. Tác giả tiến hành thực nghiệm sấy bơm nhiệt kết hợp công suất siêu âm 125 W và vận tốc TNS là 0,5 m/s với các mức nhiệt độ 35 – 40 – 45 – 50 – 55°C.

#### 2.5.2. Thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tỉ lệ phát sóng gián đoạn đến các chỉ tiêu đầu ra.

Để xác định vùng ảnh hưởng của tỉ lệ gián đoạn sóng siêu âm đến các chỉ tiêu đầu ra

của quá trình sấy, tác giả tiến hành thực nghiệm sấy ở mức nhiệt độ 45°C và công suất sóng siêu âm là 125 W với các tỷ lệ gián đoạn lần lượt là 0 – 0,2 – 0,4 – 0,6 – 0,8.

#### 2.5.3. Thực nghiệm đa yếu tố xác định đồng thời ảnh hưởng của các thông số đầu vào đến các chỉ tiêu đầu ra

Thực nghiệm được thiết lập ngẫu nhiên theo mô hình ma trận bậc II Box Benken, với số thí nghiệm được xác định theo công thức (5):  $N = 2k(k - 1) + n_0 = 2.3(3 - 1) + 3 = 15$  (5)

Trong đó:  $k$  là số yếu tố đầu vào nghiên cứu,  $n_0$  là số thực nghiệm lặp ở mức cơ sở.

Từ kết quả thực nghiệm đơn yếu tố và kế thừa công trình nghiên cứu [8]:

+ Công suất phát sóng siêu âm  $x_1$ :  $P = 100 \div 150$  W. Khoảng biến thiên:  $\Delta x_1 = 25$  W, Mức cơ sở:  $x_1^0 = 125$  W, Mức trên:  $x_1^+ = 150$  W, Mức dưới:  $x_1^- = 100$  W

+ Nhiệt độ tác nhân sấy  $x_2$ :  $t = 40 \div 50^\circ\text{C}$ . Khoảng biến thiên:  $\Delta x_2 = 5^\circ\text{C}$ , Mức cơ sở:  $x_2^0 = 45^\circ\text{C}$ , Mức trên:  $x_2^+ = 50^\circ\text{C}$ , Mức dưới:  $x_2^- = 40^\circ\text{C}$

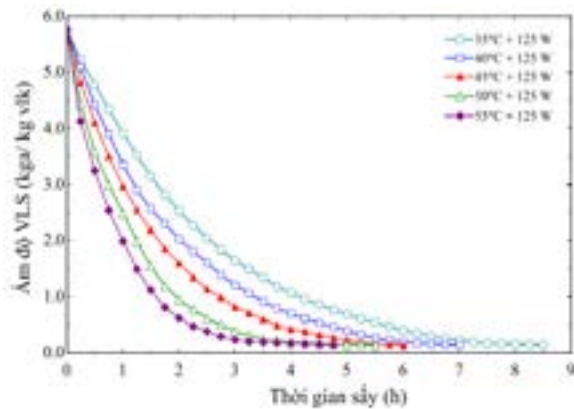
+ Tỷ lệ gián đoạn phát sóng siêu âm  $x_3$ :  $A = 0 \div 0,4$ . Khoảng biến thiên:  $\Delta x_3 = 0,2$ ; Mức cơ sở:  $x_3^0 = 0,2$ ; Mức trên:  $x_3^+ = 0,4$ ; Mức dưới:  $x_3^- = 0$ .

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Kết quả thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ tác nhân sấy đến các chỉ tiêu đầu ra.

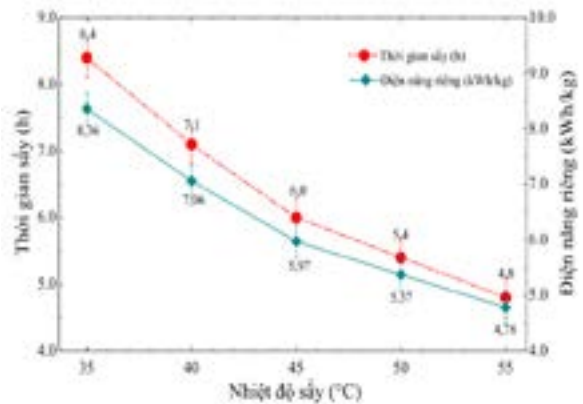
##### 3.1.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ tác nhân sấy đến chi phí điện năng riêng

Hình 3 cho thấy ảnh hưởng của nhiệt độ tác nhân sấy đến độ giảm ẩm của nấm mỗi theo thời gian ở các mức nhiệt độ khác nhau.



Hình 3. Đường cong sấy ở các mức nhiệt độ khác nhau

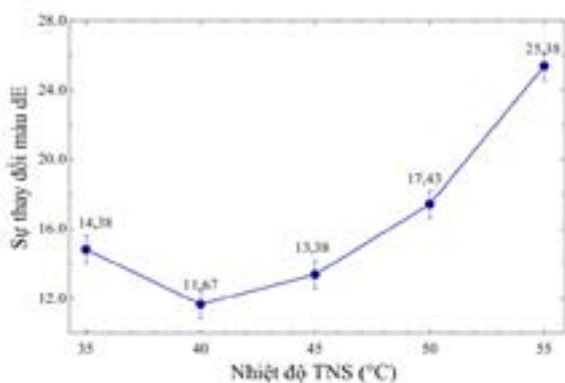
Từ kết quả thực nghiệm được thể hiện thông qua đồ thị hình 4 cho thấy, chi phí điện năng riêng có xu hướng giảm dần khi nhiệt độ sấy tăng. Chi phí điện năng riêng giảm mạnh nhất là từ mức nhiệt độ 35 ÷ 45°C, giúp tiết kiệm được 28,5 % chi phí sấy. Ở mức nhiệt độ từ 45 ÷ 55°C, chi phí điện năng riêng giảm từ 5,97 kWh/kg xuống 4,78 kWh/kg, tiết kiệm được 19,9



Hình 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến thời gian sấy và chi phí điện năng riêng

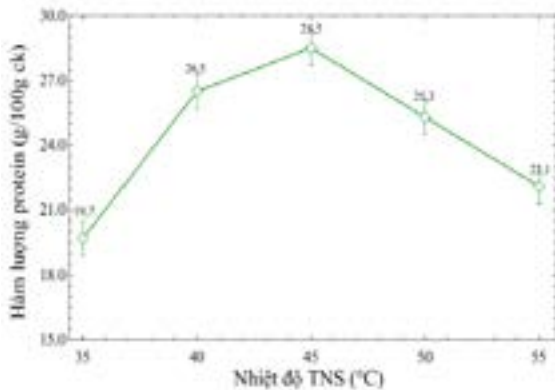
% năng lượng. Giải thích cho điều này là do chi phí điện năng riêng phụ thuộc vào thời gian sấy. Với cùng điều kiện sấy kết hợp với sóng siêu âm có công suất sóng siêu âm là 125 W, nhiệt độ sấy càng thấp, thời gian sấy càng kéo dài và chi phí điện năng riêng càng tăng.

### 3.1.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ tác nhân sấy đến sự thay đổi màu sắc của sản phẩm sấy



Hình 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến sự thay đổi màu sắc

Nhiệt độ tác nhân sấy là yếu tố ảnh hưởng đáng kể đến sự thay đổi màu sắc của nấm sau khi sấy. Đồ thị hình 5 cho thấy khi sấy bơm nhiệt kết hợp với sóng siêu âm ở dải nhiệt độ từ 35 ÷ 45°C độ lệch màu thay đổi không đáng kể từ 11,67 ÷ 14,38. Nhưng khi tiếp tục tăng nhiệt độ sấy lên



Hình 6. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hàm lượng protein

50 ÷ 55°C độ lệch màu có xu hướng tăng mạnh. Nguyên nhân là vì khi sấy ở nhiệt độ cao có thể làm phân hủy hoặc oxy hóa các sắc tố tự nhiên trong nấm, do đó màu sắc của nấm bị thay đổi nhiều so với mẫu tiêu chuẩn.

### 3.1.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ tác nhân

*sấy đến hàm lượng protein*

Từ kết quả thực nghiệm thể hiện thông qua hình 6 cho thấy ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hàm lượng protein thu được từ nấm mỗi sau khi sấy. Cụ thể, ở mức nhiệt độ 35°C hàm lượng protein thu được là 19,7 g/100g chất khô nhưng khi tăng nhiệt độ sấy thì hàm lượng protein thu được càng cao, ở mức nhiệt độ sấy 45°C thì hàm lượng protein thu được là cao nhất – 28,5 g/100g chất khô. Nguyên nhân dẫn đến điều này là do khi nhiệt độ tăng đóng vai trò như chất xúc tác cho các phản ứng tổng hợp nên protein [9]. Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng nhiệt độ sấy lên 50 ÷ 55°C thì hàm lượng protein thu được có xu hướng giảm do nhiệt độ cao làm tăng tính kỵ nước và sự kết tụ bề mặt, gây ra quá trình oxy hóa

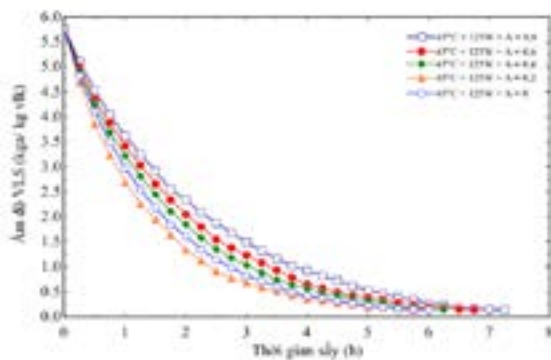
protein và làm thay đổi các đặc tính chức năng của protein [10].

Dựa vào các phân tích trên cho thấy, nhiệt độ tác nhân sấy là một trong những yếu tố quyết định đến chất lượng của nấm mỗi sau khi sấy. Với vùng nhiệt độ  $t = 40 \div 50^\circ\text{C}$  giúp lưu giữ được màu sắc, hàm lượng protein của nấm sau khi sấy là tốt nhất với thời gian và chi phí sấy phù hợp.

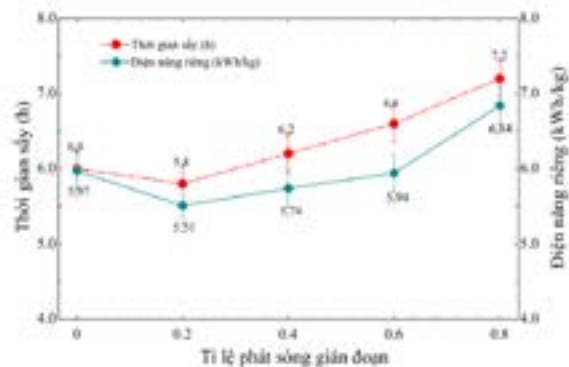
**3.2. Kết quả thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tỉ lệ phát sóng gián đoạn đến các chỉ tiêu đầu ra**

*3.2.1. Ảnh hưởng của tỉ lệ gián đoạn sóng siêu âm đến chi phí điện năng riêng*

Hình 7 cho thấy ảnh hưởng của tỉ lệ phát sóng siêu âm gián đoạn đến độ giảm ẩm của nấm mỗi theo thời gian ở các tỉ lệ gián đoạn khác nhau.



Hình 7. Đường cong sấy với các tỉ lệ gián đoạn khác nhau

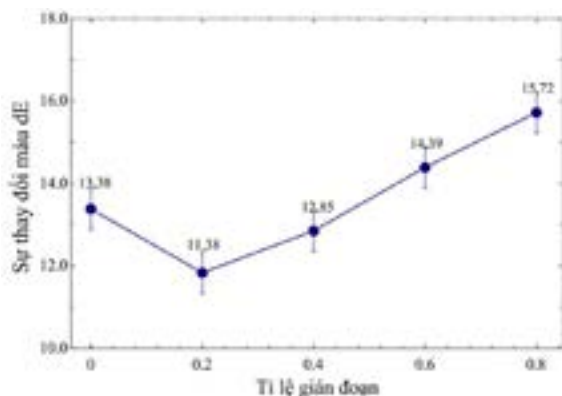


Hình 8. Ảnh hưởng của tỉ lệ phát sóng đến thời gian sấy và chi phí điện năng riêng

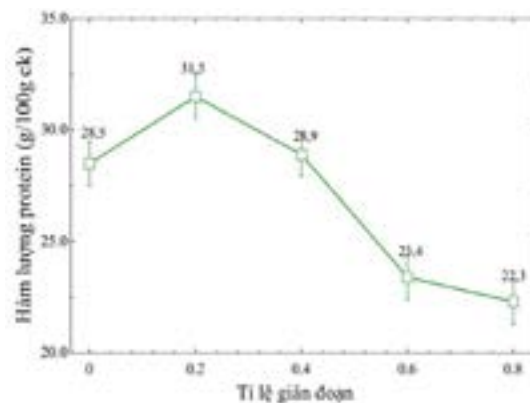
Từ kết quả đồ thị hình 8 cho thấy rằng ở tỉ lệ gián đoạn  $A = 0,2$  thời gian sấy là ngắn nhất. Do đó, tiết kiệm được điện năng tiêu thụ cho hệ thống bơm nhiệt và bộ phát sóng siêu âm, dẫn đến chi phí điện năng riêng giảm từ 5,97 kWh/kg xuống còn 5,51 kWh/kg, giảm 4,6%. Tuy nhiên nếu tiếp tục tăng tỉ lệ gián đoạn từ 0,4 lên 0,8 chi phí điện năng cũng sẽ tăng. Bởi vì, điện

năng tiêu thụ cho bộ phát sóng siêu âm đã giảm nhờ có sự gián đoạn nhưng thời gian sấy kéo dài, dẫn đến chi phí sấy cũng sẽ tăng. Điều này cũng phù hợp với nhận định của nghiên cứu [11].

*3.2.2. Ảnh hưởng của tỉ lệ gián đoạn sóng siêu âm đến sự thay đổi màu sắc của sản phẩm sấy*



Hình 9. Ảnh hưởng của tỉ lệ phát sóng gián đoạn đến sự thay đổi màu sắc



Hình 10. Ảnh hưởng của tỉ lệ phát sóng gián đoạn đến hàm lượng protein

Đồ thị hình 9 cho thấy vùng tỉ lệ gián đoạn ảnh hưởng phù hợp đến sự thay đổi màu sắc của nấm là  $A = 0 \div 0,4$ . Kết quả này có thể được giải thích như sau siêu âm là dạng sóng cơ khi lan truyền trong vật liệu, các dao động cơ học này có khả năng làm tăng nhiệt độ. Mặt khác, trong quá trình phát sóng gián đoạn, hiệu ứng nhiệt do năng lượng siêu âm truyền vào vật liệu sẽ bị ngắt quãng, điều này giúp hạn chế sự thay đổi về màu sắc [12]. Tuy nhiên, ở mức tỉ lệ gián đoạn từ  $0,6 \div 0,8$  độ lệch màu có chiều hướng tăng đồng nghĩa vật liệu sau khi sấy sẽ có màu sắc lệch nhiều so với ban đầu.

### 3.2.3. Ảnh hưởng của tỉ lệ gián đoạn sóng siêu âm đến hàm lượng protein

Dựa theo kết quả thực nghiệm được thể hiện thông qua hình 10 cho thấy với tỉ lệ gián đoạn  $A = 0 \div 0,4$  giúp lưu giữ tốt hàm lượng protein trong nấm sau quá trình sấy. Đặc biệt ở tỉ lệ gián đoạn  $A = 0,2$  hàm lượng protein được bảo toàn đạt 31,5

g/100g chất khô. Tuy nhiên khi tăng tỉ lệ gián đoạn  $A = 0,6 \div 0,8$  hàm lượng protein còn lưu giữ được có xu hướng giảm đáng kể. Kết quả này có thể được giải thích như sau: khi sấy có tỉ lệ gián đoạn lớn, thời gian nấm tiếp xúc với nhiệt dài, từ đó làm tổn thất hàm lượng protein trong nấm.

Từ các phân tích trên cho thấy, tỉ lệ phát sóng siêu âm gián đoạn là yếu tố quan trọng tác động đến quá trình sấy và vật liệu sau khi sấy. Cụ thể, ở vùng tỉ lệ phát sóng gián đoạn  $A = 0 \div 0,4$  giúp rút ngắn thời gian sấy, giảm chi phí điện năng riêng, lưu giữ được màu sắc và hàm protein của nấm môi tốt nhất.

### 3.3. Thực nghiệm xác định chế độ sấy thích hợp

Từ kết quả thực nghiệm cho ở bảng 1, sử dụng phần mềm Statgraphics Centurion 19 tiến hành phân tích phương sai, phân tích hồi quy đã tìm ra hàm hồi quy  $A_r$ ,  $dE$  và  $Pr$  với nhiệt độ sấy, công suất siêu âm, tỉ lệ phát sóng gián đoạn

**Bảng 1.** Ma trận kết quả thực nghiệm

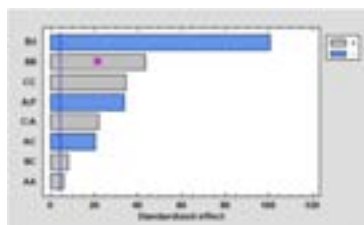
STT	Thông số đầu vào			Thông số đầu ra		
	P (W)	t (°C)	A	Ar (kWh/kg)	dE	Pr (g/100g ck)
1	125	45	0,2	5,51	11,83	31,5
2	125	45	0,2	5,47	11,87	31,5
3	125	45	0,2	5,50	11,65	31,1
4	100	40	0,2	7,07	13,85	29,6
5	150	40	0,2	6,50	11,54	28,7
6	100	50	0,2	5,49	20,13	23,8
7	150	50	0,2	5,06	17,13	27,0
8	100	45	0	5,81	13,56	27,2
9	150	45	0	5,74	12,28	29,7
10	100	45	0,4	6,55	15,89	30,6
11	150	45	0,4	5,63	13,45	30,1
12	125	40	0	6,99	11,96	26,5
13	125	50	0	5,37	17,43	25,3
14	125	40	0,4	7,15	14,36	30,4
15	125	50	0,4	5,86	19,67	24,6

3.3.1. Mô hình hồi quy chi phí điện năng riêng

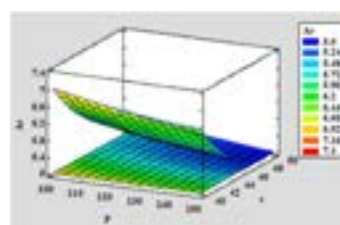
Mối quan hệ chi phí điện năng riêng với t, P, A được biểu diễn bởi hàm hồi quy:

$$Ar = 53,2275 - 0,0267833P - 1,86875t - 1,35833A + 0,000101333P^2 - 0,0425PA + 0,0189333t^2 + 0,0825tA + 9,39583A^2 \quad (6)$$

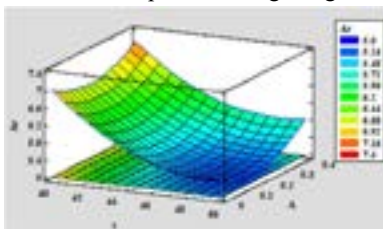
Hàm điều kiện:  $100 \leq P \leq 150$ ;  $40 \leq t \leq 50$ ;  $0 \leq A \leq 0,4$  ( $R^2 = 0,9988$ )



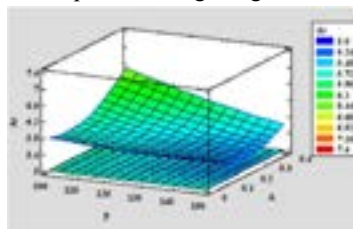
**Hình 11.** Ảnh hưởng các hệ số hồi quy đến hàm chi phí điện năng riêng Ar



**Hình 12.** Ảnh hưởng t, P đến hàm chi phí điện năng riêng Ar



**Hình 13.** Ảnh hưởng t, A đến hàm chi phí điện năng riêng Ar



**Hình 14.** Ảnh hưởng P, A đến hàm chi phí điện năng riêng Ar

Dựa đồ thị hình 11 – 14 cho thấy: hàm hồi quy (6) chịu ảnh hưởng bậc 1, bậc 2 bởi các biến độc lập gồm nhiệt độ tác nhân sấy, công suất sóng siêu âm, tỷ lệ gián đoạn và các thành phần tương tác giữa cặp thông số nhiệt độ, tỉ lệ gián đoạn và công suất siêu âm, tỉ lệ gián đoạn. Mức độ và thứ tự ảnh hưởng các thông số được trình bày cụ thể trên hình 11.

Nhiệt độ tác nhân sấy càng lớn thì chi phí điện năng cho quá trình sấy càng giảm vì rút ngắn thời gian sấy. Điều này được thể hiện thông qua đồ thị hình 12, 13.

Tương tự khi tăng tỉ lệ gián đoạn, chi phí điện năng sẽ giảm do rút ngắn thời gian sấy và giảm điện năng tiêu thụ từ bộ phát sóng siêu âm. Tuy nhiên khi tăng tỉ lệ gián đoạn vượt qua ngưỡng nào đó, ảnh hưởng tích cực của sóng siêu âm lên quá trình sấy sẽ giảm, từ đó thời gian sấy kéo dài dẫn đến chi phí

điện năng riêng lại tăng lên. Điều này được thể hiện thông qua đồ thị hình 13, 14.

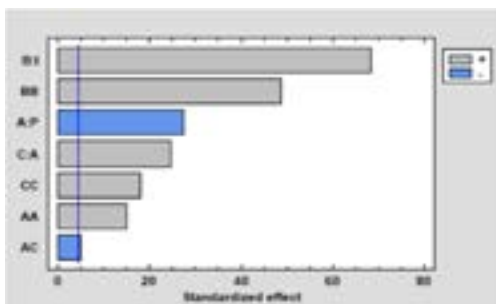
Khi công suất sóng siêu âm tăng, chi phí điện năng riêng sẽ giảm do rút ngắn thời gian sấy, tuy nhiên khi vượt qua ngưỡng nào đó, mức tiêu tốn điện năng bộ phát sóng càng cao trong khi hiệu quả hỗ trợ sấy càng giảm dẫn chi phí điện năng riêng lại tăng lên. Mối quan hệ này được biểu diễn trong đồ thị hình 13, 14.

### 3.3.2. Mô hình hồi quy sự thay đổi màu sắc của sản phẩm sau khi sấy

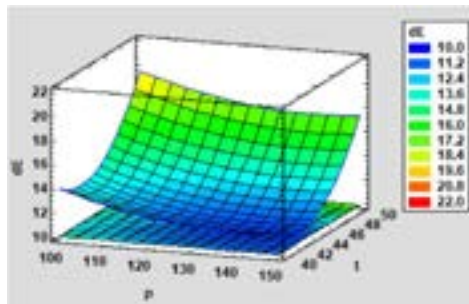
Mối quan hệ sự thay đổi màu sắc của sản phẩm sau khi sấy với  $t$ ,  $P$ ,  $A$  được biểu diễn bởi hàm hồi quy:

$$dE = 253,856 - 0,397383P - 10,1242t + 1,31667A + 0,00145533P^2 - 0,058PA + 0,118783t^2 + 27,5521A^2 \quad (7)$$

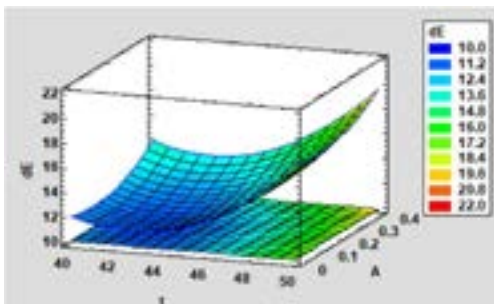
$$\text{Hàm điều kiện: } 100 \leq P \leq 150; 40 \leq t \leq 50; 0 \leq A \leq 0,4 \quad (R^2 = 0,9935)$$



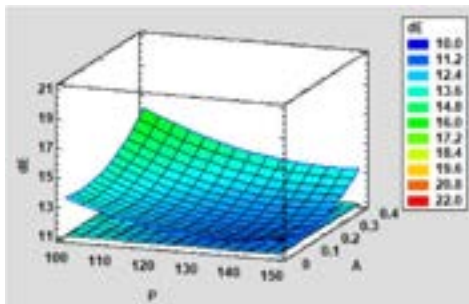
Hình 15. Ảnh hưởng các hệ số hồi quy đến hàm sự thay đổi màu sắc dE



Hình 16. Ảnh hưởng  $t$ ,  $P$  đến hàm sự thay đổi màu sắc dE



Hình 17. Ảnh hưởng  $t$ ,  $A$  đến hàm sự thay đổi màu sắc dE



Hình 18. Ảnh hưởng  $P$ ,  $A$  đến hàm sự thay đổi màu sắc dE

Căn cứ vào đồ thị hình 15 – 18 cho thấy: hàm hàm hồi quy (7) chịu ảnh hưởng bậc 1, bậc 2 bởi các biến độc lập gồm nhiệt độ tác nhân sấy, công suất sóng siêu âm, tỷ lệ gián đoạn và các thành phần tương tác giữa cặp thông số công suất siêu âm, tỷ lệ gián đoạn. Mức độ và thứ tự ảnh hưởng các thông số được trình bày trên hình 15.

Khi nhiệt độ t tăng, sự thay đổi màu sắc có chiều hướng giảm do rút ngắn thời gian vật liệu sấy tiếp xúc nhiệt. Tuy nhiên khi nhiệt độ tăng khi vượt qua ngưỡng nào đó, sự thay đổi màu sắc lại càng nhiều. Điều này được thể hiện thông qua đồ thị hình 16, 17.

Khi tăng công suất phát sóng siêu âm sự thay đổi màu sắc sẽ giảm, tuy nhiên khi tiếp tục tăng vượt qua ngưỡng nào đó, sự thay đổi

màu sắc lại càng nhiều. Điều này được thể hiện thông qua đồ thị hình 16, 18.

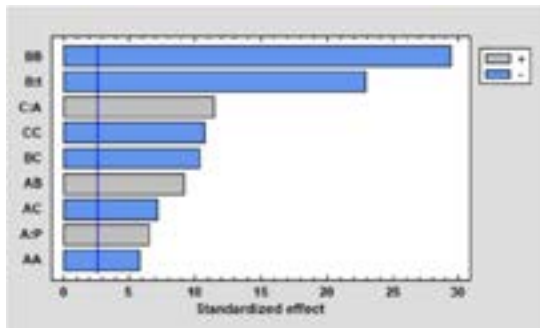
Từ đồ thị hình 17, 18 cho thấy ta cần phải giới hạn tỉ lệ gián đoạn trong vùng phù hợp để giúp màu sắc của sản phẩm sấy được lưu giữ tốt nhất.

### 3.3.3. Mô hình hồi quy hàm lượng protein

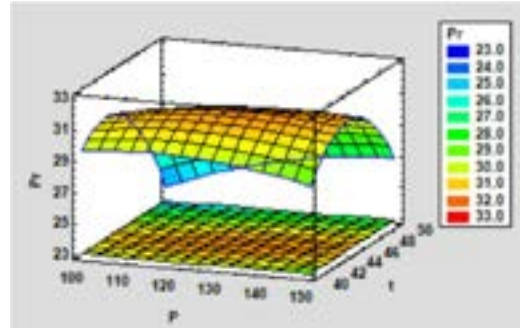
Mối quan hệ hàm lượng protein của nấm sau khi sấy với t, P, A được biểu diễn bởi hàm hồi quy:

$$Pr = - 217,587 - 0,0391667P + 11,0675t + 88,5833A - 0,00111333P^2 + 0,0082Pt - 0,15PA - 0,135833t^2 - 1,15tA - 31,7708A^2 \quad (8)$$

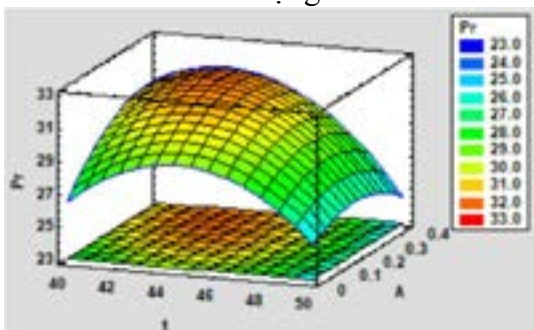
$$\text{Hàm điều kiện: } 100 \leq P \leq 150; 40 \leq t \leq 50; 0 \leq A \leq 0,4 \quad (R^2 = 0,9973)$$



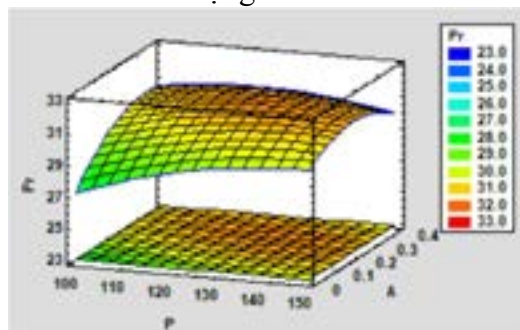
Hình 19. Ảnh hưởng các hệ số hồi quy đến hàm lượng Protein



Hình 20. Ảnh hưởng t, P đến hàm lượng Protein



Hình 21. Ảnh hưởng t, A đến hàm lượng Protein



Hình 22. Ảnh hưởng P, A đến hàm lượng Protein

Căn cứ vào đồ thị hình 19 – 22 cho thấy: hàm hồi quy (8) chịu ảnh hưởng bậc 1, bậc 2

bởi các biến độc lập gồm nhiệt độ tác nhân sấy, công suất sóng siêu âm, tỷ lệ gián đoạn

và các thành phần tương tác giữa cặp thông số công suất siêu âm, tỉ lệ gián đoạn; công suất siêu âm, nhiệt độ và nhiệt độ, tỉ lệ gián đoạn. Mức độ và thứ tự ảnh hưởng các thông số được thể hiện trên hình 19.

Theo chiều tăng của nhiệt độ đến một giới hạn cực đại cũng sẽ tác động giúp bảo tồn hàm lượng protein của nấm, bởi vì nhiệt độ sấy tăng là chất xúc tác cho các quá trình tổng hợp protein được diễn ra. Nhưng nếu tăng nhiệt độ sấy vượt qua điểm cực đại, lúc này hàm lượng protein của nấm sau khi sấy có chiều hướng giảm vì khi sấy ở nhiệt độ cao protein sẽ bị oxi hóa đồng thời cũng sẽ thay đổi cấu trúc và chức năng. Mối quan hệ này được biểu diễn trong đồ thị hình 20, 21.

Ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm khá phức tạp, phụ thuộc vào tỷ lệ gián đoạn, mối quan hệ của công suất sóng siêu âm đến hàm lượng protein có thể đồng biến hoặc nghịch biến.

### 3.3.4. Tối ưu hóa chi phí điện năng riêng, sự thay đổi màu sắc và hàm lượng protein

Kết quả giải bài toán tối ưu đa mục tiêu như sau:

- Hàm đa mục tiêu:  $dE \rightarrow \min$ ;  $Ar \rightarrow \min$ ;  $Pr \rightarrow \max$

- Hàm điều kiện:  $100 \leq P \leq 150$ ;  $40 \leq t \leq 50$ ;  $0 \leq A \leq 0,4$

- Các thông số tối ưu: Công suất sóng siêu âm  $P = 144,02$  W; nhiệt độ tác nhân sấy  $t = 45,17$  °C; tỉ lệ phát sóng gián đoạn  $A = 0,19$

- Các chỉ tiêu tối ưu: chi phí điện năng riêng:  $Ar = 5,31$  kWh/kg; sự thay đổi màu sắc  $dE = 11,54$ ; hàm lượng protein  $Pr = 31,32$  g/100g chất khô.

Để đánh giá mức độ tin cậy của mô hình tác giả tiến hành sấy thực nghiệm với cùng một chế độ tìm được ở trên, kết quả được ghi nhận ở bảng 2.

**Bảng 2:** Thông số đầu ra ở chế độ tối ưu

Thông số đầu ra	Ar (kWh/kg)	dE	Pr (g/g chất khô)
Giá trị dự đoán	5,31	11,54	31,32
Giá trị thực nghiệm	5,48	11,97	30,80

Theo kết quả ở bảng 2 ta thấy sai số của giá trị thông số đầu ra Ar (kWh/h), dE, Pr (g/100g ck) so với giá trị dự đoán lần lượt là 3,2 %; 3,7 % và 1,6 %. Sai số này theo tác giả là chấp nhận được. Sai số này có thể là do điều kiện và môi trường thí nghiệm, do thiết bị thí nghiệm và quá trình đo đạc.

## 4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày nghiên cứu thực nghiệm đánh giá sự ảnh hưởng của nhiệt độ sấy và tỉ lệ phát sóng gián đoạn đến các chỉ tiêu đầu ra là chi phí điện năng riêng, sự thay đổi màu sắc và hàm lượng protein của nấm sau khi

sấy. Từ đó làm cơ sở để xác định chế độ sấy thích hợp trong thiết bị sấy nấm môi bằng phương pháp bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm. Kết quả được thể hiện như sau:

$$Ar = 53,2275 - 0,0267833P - 1,86875t - 1,35833A + 0,000101333P^2 - 0,0425PA + 0,0189333t^2 + 0,0825tA + 9,39583A^2$$

$$\text{Hàm điều kiện: } 100 \leq P \leq 150; 40 \leq t \leq 50; 0 \leq A \leq 0,4 \quad (R^2 = 0,9988)$$

$$dE = 253,856 - 0,397383P - 10,1242t + 1,31667A + 0,00145533P^2 - 0,058PA + 0,118783t^2 + 27,5521A^2$$

Hàm điều kiện:  $100 \leq P \leq 150$ ;  $40 \leq t \leq 50$ ;  
 $0 \leq P \leq 0,4$  ( $R^2 = 0,9935$ )

$Pr = -217,587 - 0,0391667P + 11,0675t + 88,5833A - 0,00111333P^2 + 0,0082Pt - 0,15PA - 0,135833t^2 - 1,15tA - 31,7708A^2$

Hàm điều kiện:  $100 \leq P \leq 150$ ;  $40 \leq t \leq 50$ ;  
 $0 \leq P \leq 0,4$  ( $R^2 = 0,9973$ )

Sau khi tiến hành tối ưu hóa các thông số đầu vào, đã tìm ra một chế độ sấy phù hợp cho thiết bị sấy bơm nhiệt có hỗ trợ sóng siêu âm như sau: nhiệt độ sấy  $t = 45,17$  °C, công suất sóng siêu âm  $P = 144,02$  W và tỉ lệ gián đoạn  $A = 0,19$ . Ứng với chỉ tiêu đạt được là: chi phí điện năng riêng  $Ar = 5,31$  kWh/kg, sự thay đổi màu sắc  $dE = 11,54$  và hàm lượng protein:  $Pr = 31,32$  g/100g chất khô.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] S. Paloi et al., "Termite Mushrooms (Termitomyces), a Potential Source of Nutrients and Bioactive Compounds Exhibiting Human Health Benefits: A Review," *J. Fungi*, vol 9, no 1, 2023.

[2] Watson, J. Plant-Based Meat Market to Reach USD 30.92 Billion by 2026, Reports and Data 2019.

[3] Mianli Sun, Yongliang Zhuang, Ying Gu, Gaopeng Zhang, Xuejing Fan, Yangyue Ding, A comprehensive review of the application of ultrasonication in the production and processing of edible mushrooms: Drying, extraction of bioactive compounds, and post-harvest preservation, *Ultrasonics Sonochemistry*, vol 102, 2024.

[4] Zongyu Yang, Zhao Yang, Fei Yu, Zhichao Tao, Ultrasound-assisted heat pump intermittent drying of adzuki bean seeds: Drying characteristics and parameter

optimization. *Journal of Food Process Engineering*, vol 43, 7 July 2020.

[5] Hay Nguyen, Quang Huy Le, Thanh Dat Le and Van Kien Pham, Experimental Research to Determine the Effect of Ultrasound in Drying Bo Chinh Ginseng by Ultrasound-Assisted Heat Pump Drying Method, *Applied sciences*, vol 12, tháng 11.2022.

[6] Lê Quang Huy, Nguyễn Hay, Nguyễn Hữu Quyền, Ngô Thị Minh Hiếu, Lê Thanh Đạt, Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng công suất sóng siêu âm trong thiết bị sấy sâm bô chính bằng phương pháp bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm, *Tạp chí Năng lượng Nhiệt*, số 156, tháng 6.2021.

[7] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 10918:2015 (CODEX STAN 39-1981). Nấm khô. Tổng cục Tiêu chuẩn đo lường chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ, số 156, tháng 06.2021.

[8] Nguyễn Ngọc Vinh, Lê Minh Nhật, Lê Đình Trung, Lê Quang Huy. Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng công suất sóng siêu âm trong thiết bị sấy nấm mối bằng phương pháp bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm. *Tạp chí Khoa học công nghệ*, tập 60, số 8, tháng 08.2024.

[9] Ning Li, Francis T.C. Pan, Andrew W. Griffith, Melissa B. DellaTorre, Donal T. Manahan, Integration of physiological and gene expression analyses to reveal biomarkers for protein dynamic mechanisms regulating higher growth and survival among larval oyster families (*Crassostrea gigas*), *Aquaculture*, vol 577, 15 December 2023.

[10] Lionel Dumoulin, Nicolas Jacquet, Paul Malumba, Aurore Richel, Christophe Blecker, Dry and wet fractionation of plant proteins: How a hybrid process increases

yield and impacts nutritional value of faba beans proteins, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol 72, 2021.

[11] Nguyễn Hay, Lê Quang Huy, Lê Thanh Đạt, Ngô Thị Minh Hiếu. Nghiên cứu thực nghiệm xác định chế độ sấy thích hợp trong thiết bị sấy sâu bố chính bằng phương pháp bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, kỳ 2, số 24, tháng 12.2021.

[12] D Colucci et al, “On the effect of ultrasound-assisted atmospheric freeze-drying on the antioxidant properties of eggplant,” *Food Reviews International*, vol 106, pp. 580–588, April 2018.

**Ngày nhận bài:** 15/10/2024

**Người phản biện:** PGS.TS Chu Văn Thiện – Hội Cơ khí NNVN

## **ẢNH HƯỞNG CỦA XỬ LÝ NHIỆT ĐẾN MỘT SỐ TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA GỖ SA MỘC (*Cunninghamia lanceolata*)**

GS.TS. Phạm Văn Chương<sup>1</sup>, TS. Nguyễn Trọng Kiên<sup>1</sup>,  
TS. Nguyễn Thị Vĩnh Khánh<sup>1</sup>, TS. Lê Ngọc Phước<sup>1</sup>

### **TÓM TẮT**

Xử lý nhiệt là phương pháp được sử dụng để cải thiện một số tính chất của gỗ nhằm mở rộng phạm vi sử dụng và kéo dài tuổi thọ (tăng độ bền sinh học) của gỗ. Mặc dù phương pháp này thường làm giảm độ bền cơ học, nhưng một số tính chất như độ ổn định kích thước, khả năng chống hút nước được cải thiện đáng kể khi so sánh với gỗ chưa qua xử lý. Bài viết này trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của xử lý nhiệt đến một số tính chất vật lý của gỗ Sa mộc (*Cunninghamia lanceolata*). Các mẫu gỗ có kích thước (rộng x dày x dài: 20 x 20 x 25 mm) được xử lý qua hai giai đoạn. Giai đoạn thứ nhất, các mẫu gỗ được xử lý ở ba mức nhiệt độ (140 °C, 160 °C và 180 °C) với ba mức thời gian (2 giờ, 4 giờ và 6 giờ). Giai đoạn thứ 2, các mẫu gỗ sau khi làm nóng được xử lý biến tính ở ba mức nhiệt độ (140 °C, 160 °C và 180 °C) trong thời gian 12 giờ. Các mẫu sau khi xử lý nhiệt được ngâm nước trong thời gian 24 giờ và sau đó sấy khô. Quá trình ngâm nước - sấy khô được thực hiện với 7 chu kỳ. Các tính chất như: Khối lượng riêng, khả năng chống trương nở, hiệu lực chống hút nước đã được nghiên cứu và phân tích. Kết quả nghiên cứu cho thấy: khả năng chống trương nở (ASE), hiệu lực chống hút nước (WRE) của gỗ tốt nhất ở chế độ xử lý với nhiệt độ 180 °C trong thời gian 6 giờ; khối lượng riêng giảm dần khi tăng nhiệt độ và kéo dài thời gian xử lý.

**Từ khóa:** Hiệu lực chống hút nước, Khả năng chống trương nở, Sa mộc, Xử lý nhiệt

### **EFFECT OF THERMAL TREATMENT ON SELECTED PHYSICAL PROPERTIES OF SA MOC (*Cunninghamia lanceolata*) WOOD**

#### **ABSTRACT**

Thermal treatment is a method used to improve some properties of wood in order to extend the range of uses and extend the life (increase the biological durability) of wood. Although this method usually reduces the mechanical strength, some properties such as dimensional stability and water resistance are significantly improved when compared to untreated wood. In this article present the results of research on the influence of the thermal treatment on some physical properties of *Cunninghamia lanceolata* wood. Wood specimens (20x20x25 mm) were treated in two step. At first step, samples were heat treated in three different temperature (140 °C, 160 °C and 180 °C) for three different durations (2h, 4h and 6h). At second step, heat-treated samples were cured based on the first step treatment temperatures

<sup>1</sup>Trường Đại học Lâm nghiệp

(140 °C, 160 °C and 180 °C) for 12 hours. The treated samples were first soaked in water for 24 hours, and then oven drying. The soaking-drying cycles were repeated for seven times. Oven-dried density, anti-swelling efficiency (ASE) and water-repellency effectiveness (WRE) were analyzed. The data analysis indicated that the best anti-swelling efficiency value and water-repellency effectiveness were achieved at 180 °C in 6 hours, and the oven-dried density was lost due to the treatment.

**Keywords:** Anti-swelling efficiency (ASE), *Cunninghamia lanceolata*, Thermal treatment, Water-repellency effectiveness (WRE)

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xử lý nhiệt là phương pháp xử lý gỗ trong điều kiện môi trường có chất bảo vệ nhất định (không khí thường, hơi nước, khí tro,...) ở nhiệt độ từ 160 °C đến 260 °C. Gỗ sau khi được xử lý bằng phương pháp này có độ ổn định kích thước và khả năng chống chịu môi trường cao hơn so với gỗ không xử lý (D. P. Kamdem et al., 2002; D. Kocaefe et al., 2008). Xử lý nhiệt cho gỗ nói chung và biến tính nhiệt gỗ nói riêng là một giải pháp thân thiện với môi trường do trong quá trình xử lý không sử dụng hóa chất, vì thế phương pháp này đã được ứng dụng ở nhiều quốc gia trên thế giới, đặc biệt là ở các nước Châu Âu như Hà Lan, Phần Lan, Pháp, Đức, Latvia (B. Esteves và H. Pereira, 2009). Ở Việt Nam cũng đã có một số công trình nghiên cứu áp dụng phương pháp xử lý nhiệt để cải thiện độ ổn định kích thước, tăng độ bền tự nhiên của gỗ, như: “Nghiên cứu ảnh hưởng của xử lý nhiệt đến độ ổn định kích thước và màu sắc của gỗ keo lai” của Vu Mạnh Tường và Jian Li (2010); “Xử lý nhiệt cho gỗ Keo lá tràm đã qua xử lý chậm cháy” của Phạm Văn Chương và Vũ Mạnh Tường (2013), “Nâng cao độ ổn định kích thước cho gỗ Keo tai tượng” của Trần Văn Chứ (Tran Van Chu, 2013), “Ảnh hưởng của xử lý thủy - nhiệt đến một số

tính chất vật lý của gỗ Bạch đàn” của Nguyễn Văn Diễn và Phạm Văn Chương (2014), “Nâng cao khả năng chịu nước của gỗ Keo lai khi xử lý trong điều kiện có khí Ni tơ bảo vệ” của Trần Văn Chứ và Vũ Mạnh Tường (2015), “Khả năng chống nấm mục trắng của gỗ Sa mộc được xử lý bằng phương pháp nhiệt - cơ” của Nguyễn Thị Tuyên và cộng sự (Nguyen Thi Tuyen et al., 2023), “Ảnh hưởng của chế độ xử lý nhiệt - cơ đến tính chất vật lý và cơ học của gỗ Sa mộc” của Nguyễn Thị Tuyên và cộng sự (Nguyễn Thị Tuyên và cộng sự, 2022). Các kết quả nghiên cứu đều cho thấy, tính ổn định kích thước, độ bền tự nhiên của gỗ đều được cải thiện rõ rệt. Tuy có những ưu điểm nêu trên, công nghệ xử lý nhiệt cho gỗ cũng có những nhược điểm, như: giảm độ bền cơ học, giảm khối lượng riêng của gỗ khi nhiệt độ quá cao (lớn hơn 200 °C).

Sa mộc (*Cunninghamia lanceolata*) là cây thường xanh gỗ lớn thân thẳng đơn trục, tán hình tháp; vỏ màu nâu xám có các vết nứt dọc. Cành mọc vòng và trải đều trên thân cây, phân cành thấp. Sa mộc phát triển thích hợp ở các vùng có lượng mưa hàng năm từ: 900 - 2350 mm, độ ẩm tương đối hàng tháng trên 80%, nhiệt độ thích hợp từ: 16 °C - 19 °C, độ cao so với mực nước biển trên 1500 m. Sa mộc là loài cây ưa sống ở các vùng ít gió, nhiều sương mù; loại đất có độ pH từ 4,7 - 6,4 và tỷ lệ C:N từ 6,8 - 16,0.

Ở Việt Nam, Sa mộc được trồng và phát triển tương đối tốt ở các vùng Bắc Hà, Sa Pa tỉnh Lào Cai và một số vùng thuộc tỉnh Hà Giang, Cao Bằng, Lạng Sơn. Sa mộc là loài cây phát triển tương đối nhanh, tăng trưởng về đường kính đạt khoảng 1,2 – 1,4 cm/năm. Hiện nay Sa mộc chỉ được sử dụng chủ yếu ở dạng gỗ tròn, làm nhà nông thôn, nông cụ,... Để nâng cao giá trị kinh tế, giá trị sử dụng của gỗ Sa mộc (dạng gỗ tròn, gỗ xẻ, ván ghép...), nghiên cứu này áp dụng công nghệ xử lý nhiệt nhằm nâng cao độ ổn định kích thước, hạn chế cong vênh khi sử dụng ở dạng gỗ xẻ và các chi tiết đồ mộc.

## II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu nghiên cứu

Gỗ Sa mộc 15 tuổi khai thác ở huyện Bắc Hà, tỉnh Lào Cai. Xẻ phơi theo dạng ván xẻ xuyên tâm, sau đó cắt thành các mẫu

gỗ thí nghiệm: 35 mẫu/ serie thí nghiệm (30 mẫu xử lý và 05 mẫu đối chứng) có kích thước 20 x 20 x 25 mm và sấy trong tủ sấy ở nhiệt độ  $103 \pm 2$  °C để đạt độ ẩm 12 – 15%; xác định khối lượng của từng mẫu trước khi xử lý nhiệt.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Bước 1: Các mẫu gỗ được xử lý qua 2 giai đoạn: (1) Giai đoạn 1: gia nhiệt cho gỗ với các mức nhiệt độ và thời gian khác nhau; mục đích của giai đoạn này là hình thành phenol phân tử lượng thấp từ lignin và aldehyde từ hemicellulose. (2) Giai đoạn 2: là giai đoạn xử lý biến tính, các mẫu gỗ sau khi được làm nóng ở nhiệt độ cao tiếp tục được duy trì trong 12 giờ; mục đích giai đoạn này là tạo phản ứng đa tụ giữa phenol và aldehyde để hình thành hợp chất kỵ nước. Thông số chế độ xử lý nhiệt được thể hiện như Bảng 1.

**Bảng 1. Thông số chế độ xử lý nhiệt cho gỗ Sa mộc**

<b>Giai đoạn 1: Xử lý gia nhiệt cho gỗ</b>									
Nhiệt độ (°C)	140			160			180		
Thời gian (giờ)	2	4	6	2	4	6	2	4	6
<b>Giai đoạn 2: Xử lý biến tính</b>									
Nhiệt độ (°C)	140			160			180		
Thời gian (giờ)	12								

Bước 2: Các mẫu gỗ sau khi xử lý được sấy khô kiệt trong tủ sấy thí nghiệm, sau đó tiến hành đo kích thước và cân khối lượng của từng mẫu.

Bước 3: Ngâm mẫu trong nước với thời gian 24 giờ, đo lại kích thước và cân lại khối lượng từng mẫu để tính khả năng chống trương nở và hiệu lực chống hút nước.

Bước 4: Lặp lại các bước 2 và bước 3 thêm 6 lần (chu kỳ 7 lần lặp) để đánh giá chính xác mức độ ổn định kích thước và khả năng kháng nước của gỗ sau khi xử lý nhiệt.

### 2.3. Các chỉ tiêu đánh giá

- Tồn hao khối lượng riêng: Được đánh giá bằng cách so sánh giữa khối lượng riêng của gỗ không xử lý và gỗ được xử lý ở các

chế độ khác nhau. Đồng thời so sánh giữa mẫu có xử lý ngâm nước - sấy khô 7 chu khối lượng riêng của gỗ sau khi xử lý kỳ.

nhưng không ngâm nước sấy khô so với

- Khả năng chống trương nở được xác định theo công thức (1.1):

$$ASE(\%) = \frac{a_1 - a_2}{a_2} \times 100 \quad (1.1)$$

Trong đó: ASE (%) – khả năng chống trương nở/ dẫn nở

$a_1$  - độ trương nở thể tích trung bình của mẫu đối chứng, %;

$a_2$  - độ trương nở thể tích trung bình của mẫu đã xử lý, %.

Độ trương nở thể tích ( $a_i$ ) được tính theo công thức (1.2):

$$a_i = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100\% \quad (1.2)$$

Trong đó:  $V_1$  – thể tích mẫu sau khi ngâm nước,  $\text{cm}^3$ ;

$V_2$  - thể tích mẫu sau khi sấy khô kiệt,  $\text{cm}^3$ .

- Hiệu lực chống hút nước (WRE) được xác định theo công thức (1.3):

$$WRE(\%) = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100 \quad (1.3)$$

Trong đó: WRE (%) – hiệu lực chống hút nước

$T_1$  – độ hút nước trung bình của mẫu đối chứng, %;

$T_2$  - độ hút nước trung bình của mẫu đã xử lý, %.

Độ hút nước ( $T_i$ ) được tính theo công thức (1.4):

$$T_i = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (1.4)$$

Trong đó:  $W_1$  – khối lượng mẫu sau khi ngâm nước, g;

$W_2$  – khối lượng mẫu sau khi sấy khô kiệt, g.

### III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Tổn hao khối lượng riêng của gỗ sau khi xử lý nhiệt

Khối lượng riêng phản ánh hàm lượng vật chất trong vách tế bào gỗ, là một chỉ tiêu quan trọng để đánh giá và phân

hạng chất lượng gỗ. Đồng thời, khối lượng riêng cũng là chỉ số quan trọng có liên quan chặt chẽ đến độ bền cơ học của gỗ.

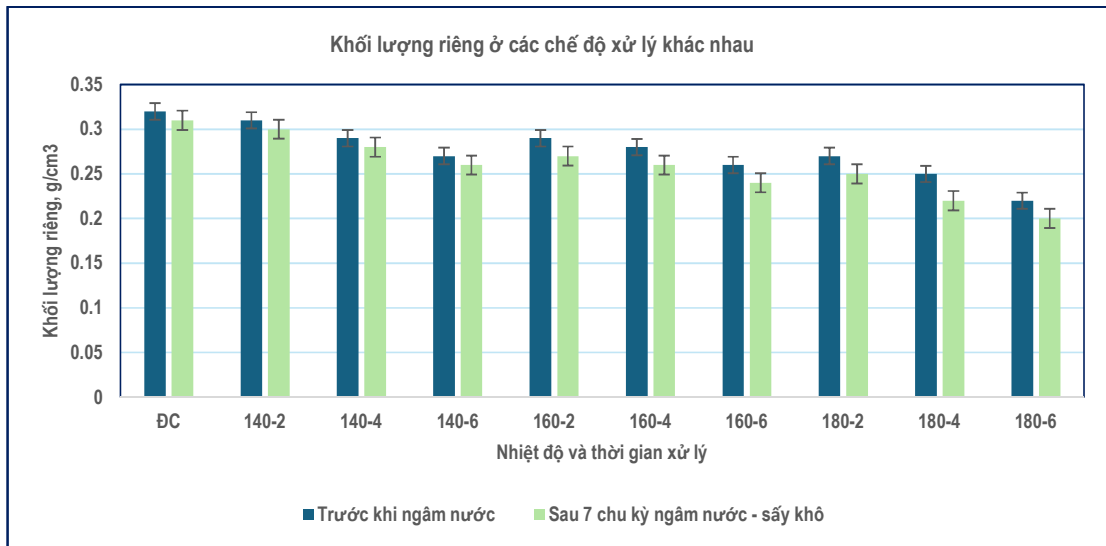
Kết quả kiểm tra khối lượng riêng của gỗ xử lý ở các chế độ khác nhau được thể hiện như Bảng 2 và Hình 1.

**Bảng 2. Khối lượng riêng của gỗ Sa mộc ở các chế độ xử lý,  $\text{g/cm}^3$**

Khối lượng riêng ( $\text{g/cm}^3$ )	Chế độ xử lý (nhiệt độ - thời gian)									
	ĐC	140-2	140-4	140-6	160-2	160-4	160-6	180-2	180-4	180-6
Trước khi ngâm nước	0,32	0,31	0,29	0,27	0,29	0,28	0,26	0,27	0,25	0,22

	(0,01)	(0,01)	(0,02)	(0,01)	(0,02)	(0,02)	(0,01)	(0,02)	(0,01)	(0,02)
Sau 7 chu kỳ ngâm nước – sấy khô	0,31	0,3	0,28	0,26	0,27	0,26	0,24	0,25	0,22	0,21
	(0,02)	(0,01)	(0,01)	(0,02)	(0,02)	(0,01)	(0,02)	(0,01)	(0,02)	(0,02)

Ghi chú: - ĐC là mẫu đối chứng; trị số trong ngoặc đơn (...) là độ lệch chuẩn



Hình 1. Khối lượng riêng của gỗ Sa mộc ở các chế độ xử lý khác nhau

Kết quả Bảng 2 cho thấy nhiệt độ và thời gian xử lý ảnh hưởng rõ nét đến khối lượng thể tích của gỗ; khi tăng nhiệt độ và thời gian xử lý tổn thất khối lượng riêng tăng. Cụ thể: (1) ở mức thời gian xử lý 2 giờ, tổn thất khối lượng riêng là 3,13%, 9,38% và 15,63% (tương ứng với nhiệt độ 140 °C, 160 °C và 180 °C); (2) ở mức thời gian xử lý 4 giờ, tổn thất khối lượng riêng là 9,38%, 12,50% và 21,88% (tương ứng với nhiệt độ 140 °C, 160 °C và 180 °C); và ở mức thời gian xử lý 6 giờ, tổn thất khối lượng riêng là 15,63%, 18,75% và 31,25% (tương ứng với nhiệt độ 140 °C, 160 °C và 180 °C). Ở cùng một chế độ xử lý, khối lượng riêng của gỗ trước khi ngâm nước đều lớn hơn khối lượng riêng của gỗ sau 7 chu kỳ ngâm nước – sấy khô. Ảnh hưởng của nhiệt độ

đến tổn thất khối lượng riêng là lớn hơn so với ảnh hưởng của thời gian xử lý.

Nguyên nhân khi nhiệt độ xử lý tăng, thời gian xử lý dài các chất chiết suất có phân tử lượng thấp trong gỗ bị loại ra ngoài (bay hơi), hemicellulose và lignin bị nhiệt phân hình thành các chất trung gian phân tử lượng thấp một phần bị bay hơi thoát ra ngoài (đặc biệt là thành phần polysaccharide).

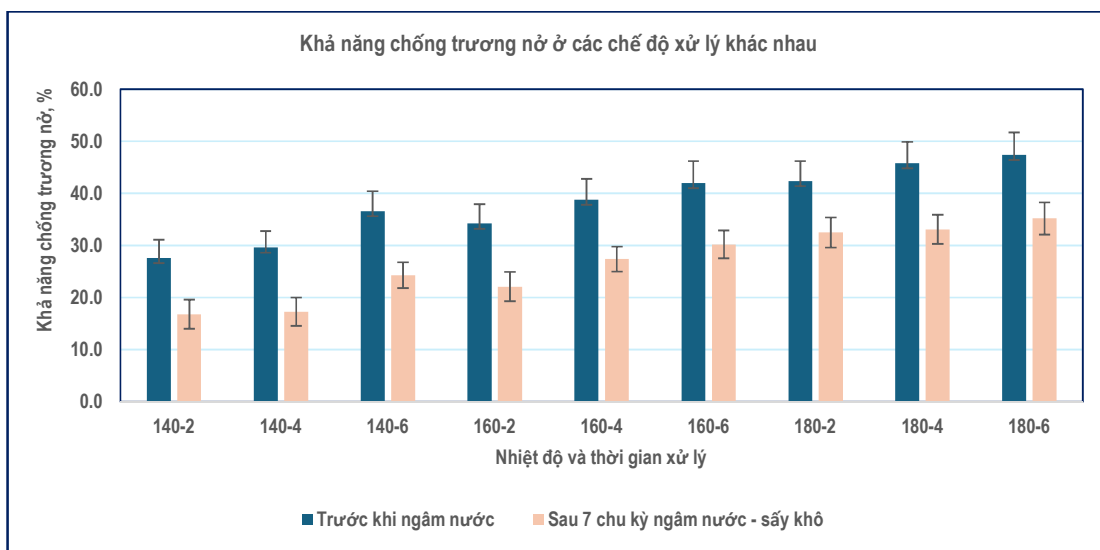
### 3.2. Khả năng chống trương nở của gỗ sau khi xử lý nhiệt (ASE)

Khả năng chống trương nở đánh giá độ ổn định kích thước của gỗ. Khả năng chống trương nở cao thì gỗ càng ổn định, mức độ cong vênh, biến dạng, co rút, dẫn nở nhỏ.

Kết quả kiểm tra khả năng chống trương nở của gỗ xử lý ở các chế độ khác nhau được thể hiện như Bảng 3 và Hình 2.

**Bảng 3. Khả năng chống trương nở của gỗ Sa mộc ở các chế độ xử lý, %**

ASE (%)	Chế độ xử lý (nhiệt độ - thời gian)								
	140-2	140-4	140-6	160-2	160-4	160-6	180-2	180-4	180-6
Trước khi ngâm nước	27,6 (3,5)	29,6 (3,2)	36,6 (3,8)	34,2 (3,7)	38,8 (4,0)	42,0 (4,2)	42,4 (3,8)	45,8 (4,1)	47,4 (4,3)
Sau 7 chu kỳ ngâm nước – sấy khô	16,8 (2,8)	17,3 (2,7)	24,3 (2,5)	22,1 (2,8)	27,4 (2,4)	30,2 (2,7)	32,5 (2,9)	33,1 (2,8)	35,2 (3,1)



**Hình 2. Khả năng chống trương nở của gỗ Sa mộc ở các chế độ xử lý khác nhau**

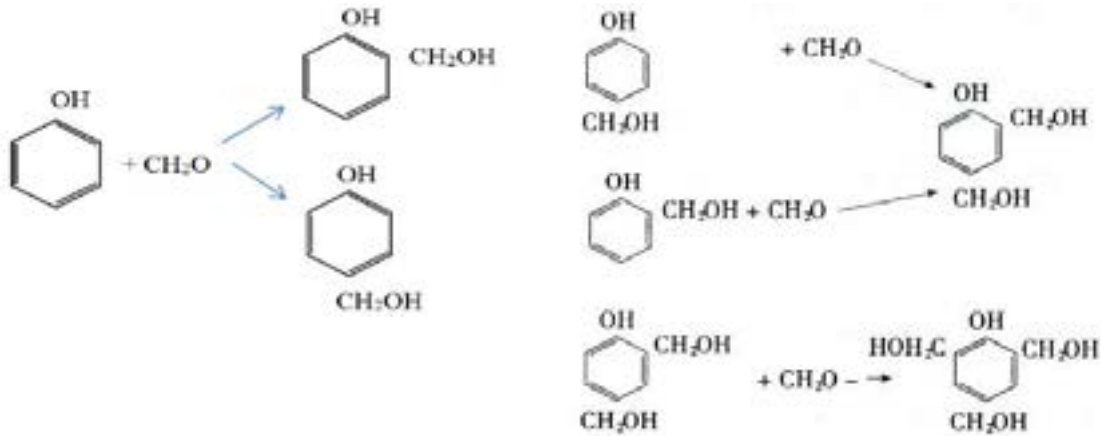
Kết quả Bảng 3 cho thấy nhiệt độ và thời gian xử lý ảnh hưởng rõ nét đến khả năng chống trương nở của gỗ; khi tăng nhiệt độ và thời gian xử lý khả năng chống trương nở tăng rõ rệt. Cụ thể: (1) ở mức thời gian xử lý 2 giờ, khả năng chống trương nở là 27,6%, 34,2% và 42,4% (tương ứng với nhiệt độ 140 °C, 160 °C và 180 °C); (2) ở mức thời gian xử lý 4 giờ, khả năng chống trương nở là 29,6%, 38,8% và 45,8% (tương ứng với nhiệt độ 140 °C, 160 °C và 180 °C); và ở mức thời gian xử lý 6 giờ, khả năng chống trương nở là 36,6%, 42,0% và 47,4% (tương ứng với nhiệt độ 140 °C, 160 °C và 180 °C). Ở cùng một chế

độ xử lý, khối lượng riêng của gỗ trước khi ngâm nước đều lớn hơn khối lượng riêng của gỗ sau 7 chu kỳ ngâm nước – sấy khô. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến khả năng chống trương nở là lớn hơn so với ảnh hưởng của thời gian xử lý.

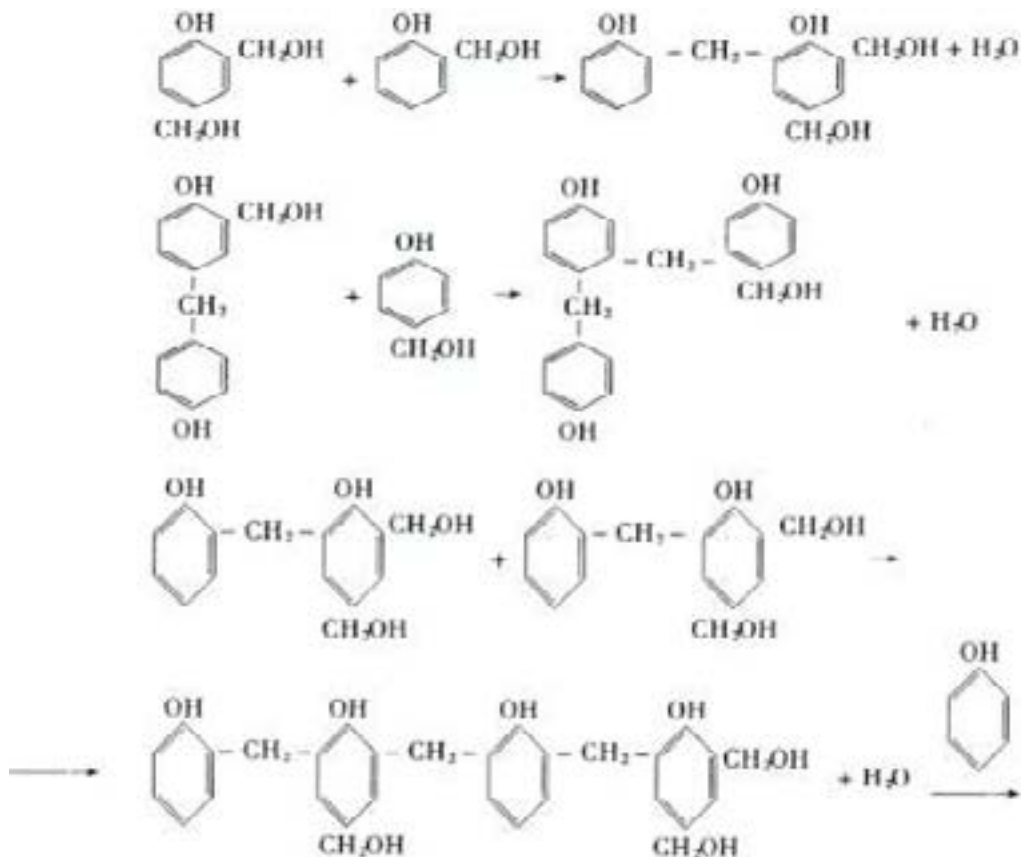
Nguyên nhân khi nhiệt độ xử lý tăng, thời gian xử lý dài lignin bị nhiệt phân mạnh và tạo ra một lượng lớn phenol phân tử lượng thấp; hemicellulose bị nhiệt phân và tạo ra aldehyde. Sau đó phenol phản ứng với aldehyde tạo thành nhựa phenol – formaldehyde là một polyme có khả năng kháng nước rất tốt. Cụ thể:

- Giai đoạn 1: hình thành metylol phenol  $C_7H_8O_2$  ở các vị trí ortho và para
- Giai đoạn 2: Phản ứng trùng hợp của metylol phenol  $C_7H_8O_2$  bao gồm phản ứng cộng của  $C_7H_8O_2$  và phản ứng của metylol phenol với phenol phân tử lượng thấp;

những phản ứng này đều là thông qua liên kết ( $-CH_2-$ ) hoặc liên kết ( $-CH_2-O-CH_2-$ ) từ tiểu phân tử liên kết thành đại phân tử (Phạm Văn Chương và Nguyễn Trọng Kiên, 2013).



- Giai đoạn 3: Các sản phẩm trung gian (polyme) tiếp tục phản ứng trùng ngưng để tạo thành nhựa phenol – formaldehyde



**3.3. Hiệu lực chống hút nước của gỗ sau khi xử lý nhiệt (WRE)**

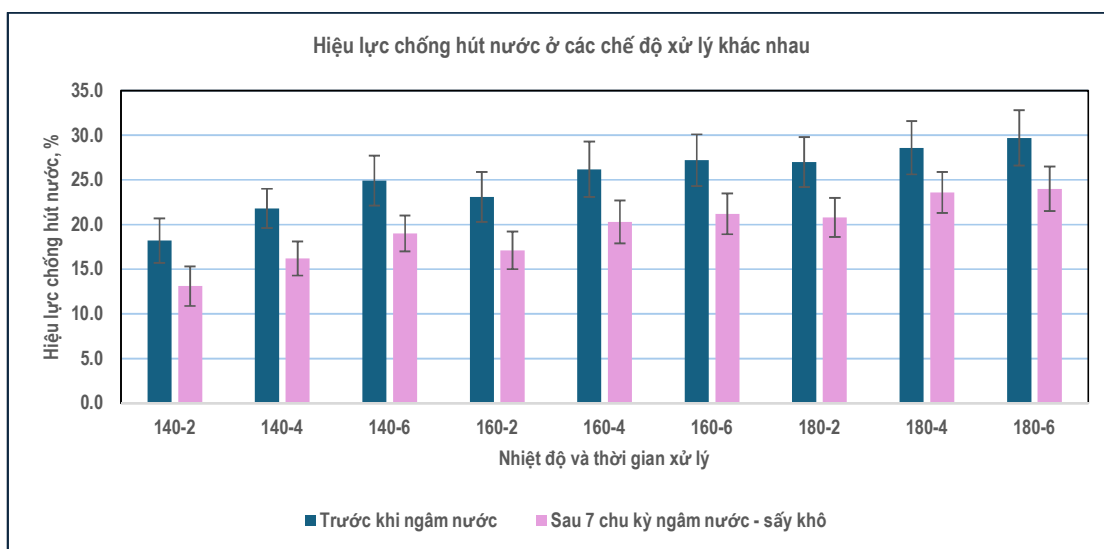
Hiệu lực chống hút nước đánh giá khả năng hút nước, hút ẩm của gỗ. Khả năng chống hút nước cao tức là khả năng kỵ nước của gỗ tốt, độ ẩm thăng bằng của gỗ thấp trong quá trình sử dụng. Điều này

không những hạn chế sự cong vênh mà còn nâng cao độ bền tự nhiên của gỗ (chống nấm mốc, nấm mục và côn trùng).

Kết quả kiểm tra hiệu lực chống hút nước của gỗ xử lý ở các chế độ khác nhau được thể hiện như Bảng 4 và Hình 3.

**Bảng 4. Hiệu lực chống hút nước của gỗ Sa mộc ở các chế độ xử lý, %**

WRE (%)	Chế độ xử lý (nhiệt độ - thời gian)								
	140-2	140-4	140-6	160-2	160-4	160-6	180-2	180-4	180-6
Trước khi ngâm nước	18,2 (2,5)	21,8 (2,2)	24,9 (2,8)	23,1 (2,8)	26,2 (3,1)	27,2 (2,9)	27,0 (2,8)	28,6 (3,0)	29,7 (3,1)
Sau 7 chu kỳ ngâm nước – sấy khô	13,1 (2,2)	16,2 (1,9)	19,0 (2,0)	17,1 (2,1)	20,3 (2,4)	21,2 (2,3)	20,8 (2,2)	23,6 (2,3)	24,0 (2,5)



**Hình 3. Hiệu lực chống hút nước của gỗ Sa mộc ở các chế độ xử lý khác nhau**

Kết quả Bảng 4 cho thấy nhiệt độ và thời gian xử lý ảnh hưởng rõ nét đến hiệu lực chống hút nước của gỗ; khi tăng nhiệt độ và kéo dài thời gian xử lý hiệu lực chống hút nước tăng rõ rệt. Cụ thể: (1) ở mức thời gian xử lý 2 giờ, hiệu lực chống hút nước là 18,2%, 23,1% và 27,0% (tương ứng với nhiệt độ 140 °C, 160 °C và 180 °C); (2) ở mức thời gian xử lý 4 giờ, hiệu lực chống hút nước là 21,8%, 23,1% và 28,6%

(tương ứng với nhiệt độ 140 °C, 160 °C và 180 °C); và ở mức thời gian xử lý 6 giờ, hiệu lực chống hút nước là 24,9%, 27,2% và 29,7% (tương ứng với nhiệt độ 140 °C, 160 °C và 180 °C). Ở cùng một chế độ xử lý, hiệu lực chống hút nước của gỗ trước khi ngâm nước đều lớn hơn hiệu lực chống hút nước của gỗ sau 7 chu kỳ ngâm nước – sấy khô. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu

lực chống hút nước lớn hơn so với ảnh hưởng của thời gian xử lý.

Nguyên nhân: hiệu lực chống hút nước cao của gỗ biến tính nhiệt chủ yếu là do sự phân hủy hemicellulose và lignin ở nhiệt độ cao, điều đó đã làm giảm ái lực của gỗ đối với nước và ẩm. Các nhóm OH bị loại bỏ đã làm giảm tính ưa nước của gỗ (Darius Albrektas et al. (2020). Việc giảm và mất nhóm OH cũng liên quan đến những thay đổi về độ hút ẩm và năng lượng bề mặt (làm ướt) của gỗ, góc tiếp xúc giữa gỗ và nước tăng, giảm các vị trí hấp phụ chính của cellulose với nước. Đồng thời xử lý nhiệt làm tăng liên kết chéo trong các polyme thành tế bào, hạn chế khả năng trương lên để chứa các phân tử nước đã hấp thụ tại thành tế bào; mô đun đàn hồi của thành tế bào tăng làm giảm mức độ chứa nước. Quá trình xử lý nhiệt hình thành nhựa phenol – formaldehyde trong gỗ, đây chính là chất kỵ nước có tác động ngăn cản quá trình thẩm thấu nước vào trong vách tế bào.

#### 4. KẾT LUẬN

Xử lý nhiệt độ cao nhằm mục đích ổn định kích thước với nhiệt độ từ 140 °C đến 180 °C (chế độ thermo-S) đã ảnh hưởng rõ nét đến một số tính chất vật lý của gỗ Sa mộc (khả năng chống trương nở, hiệu lực chống hút nước và khối lượng riêng). Kết quả nghiên cứu cho thấy, khả năng chống trương nở đạt tới 47,4 %, hiệu lực chống hút nước đạt tới 29,7% ở chế độ 180 °C và thời gian xử lý 6 giờ; tuy nhiên ở chế độ này khối lượng riêng của gỗ giảm tới 31,25%. Nhiệt độ và thời gian là những nhân tố tác động đến sự thay đổi tính chất vật lý của gỗ, tuy nhiên mức độ ảnh hưởng của nhiệt độ là lớn hơn. Gỗ Sa mộc sau khi

xử lý đã hạn chế được cong vênh, biến dạng, nứt nẻ; hiệu lực chống hút nước tăng làm giảm độ ẩm thăng bằng trong quá trình sử dụng, hạn chế được sự co ngót, dẫn nở của gỗ, đồng thời tăng khả năng chống nấm và côn trùng phá hoại.

Để áp dụng vào sản xuất thực tiễn cần tiếp tục nghiên cứu lựa chọn thông số công nghệ phù hợp tùy thuộc vào từng mục đích sử dụng sản phẩm; sao cho vừa có thể tăng tính ổn định kích thước nhưng độ bền cơ học của gỗ sau khi xử lý vẫn ở mức độ cho phép trong ứng dụng cụ thể.

#### Tài liệu tham khảo

1. B. Esteves và H. Pereira, 2009. Wood modification by heat treatment: A review. *Journal of Bioresources* 4(1), 370 – 404.
2. Trần Văn Chứ và Vũ Mạnh Tường (2015). Ảnh hưởng của xử lý nhiệt đến khả năng chịu ẩm của gỗ Keo lai. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* (262), 128 - 132.
3. Tran Van Chu (2013). Improvement of Dimensional Stability of Acacia mangium Wood by Heat Treatment: A Case Study of Vietnam, *Journal of Forest Science* 29(2), 109 - 115.
4. Phạm Văn Chương và Vũ Mạnh Tường (2013). Ảnh hưởng của xử lý nhiệt đến một số tính chất vật lý của Keo lá tràm đã xử lý chậm cháy. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* (2), 87-92.
5. Phạm Văn Chương và Nguyễn Trọng Kiên (2013). Keo dán gỗ, Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội.

6. Darius Albrektas et al. (2020). The influence of thermal modification on the resistance to water impact properties and strength of wood use. *Journal of Wood research* 65(3), 353-364.
  7. Nguyễn Văn Diễm và Phạm Văn Chương (2014). Ảnh hưởng của xử lý thủy - nhiệt đến một số tính chất vật lý của gỗ Bạch đàn. *Tạp chí Khoa học và công nghệ Lâm nghiệp* (1), 56-64.
  8. D. P. Kamdem, A. Pizzi, và A. Jermannaud (2002). Durability of heat - treated wood. *European Journal of Wood and Wood Products* 60(1), 1 – 6.
  9. D. Kocafe, J. L. Shi, D. Q. Yang, và M. Bouazara (2008). Mechanical properties, dimensional stability, and mold resistance of heat - treated jack pine and aspen. *Forest Products Journal* 58(6), 88 - 93.
  - 10 Vu Manh Tuong và Jian Li (2010). . Effect of heat treatment on the change in color and dimensional stability of *Acacia hybrid* wood. *Journal of Bioresources* 5(2), 1257 - 1267
  - 11 Nguyễn Thị Tuyên, Phạm Văn Chương và Nguyễn Việt Hưng (2022). Ảnh hưởng của chế độ xử lý nhiệt – cơ đến tính chất vật lý và cơ học của gỗ Sa mộc. *Tạp chí Khoa học và công nghệ Lâm nghiệp* (7), 101-111. <https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.2022.7.101-111>
  - 12 Nguyen Thi Tuyen et. Al (2023). . Resistance of *Cunninghamia lanceolata* Wood Against White-rot Fungi by Using Thermo-Mechanical Treatment. *Journal of Agriculture and Crops* 9(2), 178-186.
- Ngày nhận bài :** 5/12/2024  
**Người phản biện :** PGS.TS Chu Văn Thiện  
– Hội Cơ khí NNVN

## NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG NHIỆT ĐỘ MÔI TRƯỜNG ĐẾN HIỆU SUẤT CỦA BƠM NHIỆT (ATW) ĐUN NƯỚC NÓNG

ThS. Nguyễn Văn Thái<sup>1</sup>, ThS. Lê Thành Niên<sup>2</sup>  
ThS. Nguyễn Thuận Hải Đăng<sup>1</sup>  
ThS. Trần Văn Thuận<sup>3</sup>

**TÓM TẮT:** Bài báo này giới thiệu hiệu suất (COP) bơm nhiệt ATW để đun nước nóng. Bơm nhiệt sử dụng không khí của môi trường là nguồn nhiệt (heat source). Ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường tới COP của bơm nhiệt đã được nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm. Hệ thống này có công suất máy nén là 750 W, lượng nước cần gia nhiệt là 160 lít, nhiệt độ nước nóng yêu cầu là 50 oC. Kết quả thực nghiệm cho thấy nhiệt độ không khí của môi trường dao động từ 28 oC đến 32 oC thì hệ số COP của hệ thống bơm nhiệt đun nước nóng đạt 2,5 đến 3,2.

**Từ khóa:** Hiệu suất nhiệt; bơm nhiệt; nước nóng; hệ thống water chiller; nhiệt thải.

### THE STUDY EFFECT OF ENVIRONMENTAL TEMPERATURE ON PERFORMANCE OF HEAT PUMP WATER HEATER ATW

**ABSTRACT:** This paper presented the performance (COP) of the heat pump ATW to heat hot water. The heat pumps use the air of the medium was the heat source. The effect of the ambient temperature on the COP of the heat pump was studied theoretical and experimental. The electrical power of heat pump is 750 W, the capacity of storage tank is 160 liters and the required temperature of hot water is 50 oC. Experimental results show that the ambient air temperature ranges from 28 oC to 32 oC, the COP of hot water heat pump system also increases from 2,5 to 3,2.

**Keywords:** thermal efficiency; heat pump; hot water; water chiller system; waste heat.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, cùng với sự phát triển kinh tế và xã hội, các dịch vụ du lịch như nhà hàng, khách sạn, trung tâm thương mại cao cấp được xây dựng ngày càng nhiều, nhu cầu về sử dụng nước nóng trong sinh hoạt ngày càng tăng cao. Việc sản xuất nước nóng đã

và đang áp dụng nhiều phương pháp, trong đó phương pháp dùng bơm nhiệt để gia nhiệt nước nóng nhằm đáp ứng nhu cầu sử dụng của con người đang dành sự quan tâm hơn cả. Ở nhiều nước trên thế giới, việc sử dụng nhiệt ở giàn nóng của bơm nhiệt để đun nước nóng cung cấp cho các hộ gia

<sup>1</sup>Khoa KTCN Điện –Điện Tử, Trường Đại học SPKT Vĩnh Long

<sup>2</sup>Trung tâm đánh giá kỹ năng nghề, Trường Cao đẳng Kỹ nghệ II

<sup>3</sup>Khoa Điện – Điện lạnh, Trường Cao đẳng Nghề Vĩnh Long

đình đặc biệt cho tòa nhà chung cư, trung tâm thương mại, bệnh viện,... vừa góp phần tiết kiệm năng lượng vừa giảm khí nóng thải ra môi trường làm tăng nhiệt độ bầu khí quyển, đặc biệt vào những ngày nắng nóng. Các nhà khoa học trên thế giới cũng đã và đang đẩy mạnh các nghiên cứu, ứng dụng và sử dụng các hệ thống tiết kiệm, có hiệu quả năng lượng và nhấn mạnh đến ảnh hưởng của biến đổi khí hậu do cạn kiệt năng lượng và ô nhiễm môi trường. Trong đó nhiều nghiên cứu [1, 2] trên các nước ở các châu lục đã thực sự có tính ứng dụng cao khi sử dụng các hệ thống tiết kiệm năng lượng cho bơm nhiệt cấp nước nóng. Wei Chena và các cộng sự [3] đã nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống bơm nhiệt cấp nước nóng tận dụng nguồn nhiệt thải từ nước tắm 30 °C đến 40 °C. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng hiệu suất của hệ thống bơm nhiệt cấp nước nóng này hoạt động ổn định trong bất cứ mùa nào của điều kiện thời tiết. Hệ số COP của hệ thống đạt 4,97 tương ứng với nhiệt độ ngưng tụ là 51,5 °C và nhiệt bay hơi là 11,68 °C.

Ở nước ta rất ít có công trình nghiên cứu và công bố về lĩnh vực này. An [4] đã nghiên cứu chế tạo bơm nhiệt đun nước nóng gia dụng sử dụng môi chất R404A và kết quả cho thấy hệ thống bơm nhiệt có khả năng cung cấp 50 lít nước nóng với điện năng tiêu thụ là 0,272 kWh cho 1 kWh nhiệt làm nóng nước, bằng khoảng 27% điện năng tiêu thụ của các thiết bị sản xuất nước nóng bằng điện trở có cùng công suất. Do đó vấn đề nghiên cứu tận dụng nhiệt thải để nâng cao hiệu suất hệ thống bơm nhiệt đun nước nóng nhằm mục đích tiết kiệm năng lượng là hết sức cần thiết. Bài báo này, trình bày nghiên cứu ảnh hưởng nhiệt độ của môi trường đến hiệu suất của bơm nhiệt đun nước nóng.

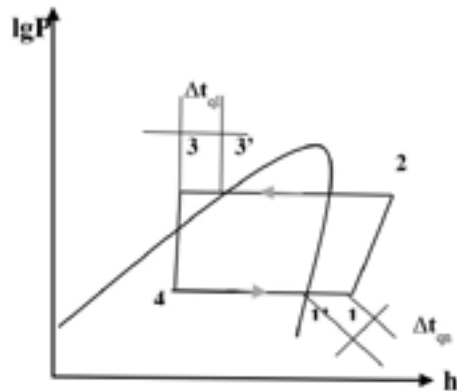
## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Bài toán yêu cầu đặt ra: Nhiệt độ nước đầu vào là 29 °C, nhiệt độ nước đầu ra là 50 °C,

thời gian gia nhiệt là 1 giờ. Lượng nước cần dùng là 160 lít/ ngày. Máy nén có công suất là 1HP, sử dụng môi chất lạnh R22.

Các nội dung cần tính toán cho chu trình bơm nhiệt đun nước nóng ATW là:

- Thiết kế hệ thống lạnh (thiết kế dàn nóng, dàn lạnh, bình nước nóng, ống mao).
- Thời gian gia nhiệt.



**Hình 1.** Đồ thị  $lgP-h$  của chu trình bơm nhiệt

Theo tài liệu [4] [5] và [6] có thể tính các đại lượng đặc trưng cho chu trình dựa trên các công thức sau đây:

Năng suất lạnh riêng của chu trình:

$$q_o = h_{1'} - h_4, \text{ kJ/kg} \quad (1)$$

Năng suất nhiệt ngưng tụ riêng:

$$q_k = h_2 - h_3, \text{ kJ/kg} \quad (2)$$

Công nén riêng:

$$l = h_2 - h_1, \text{ kJ/kg} \quad (3)$$

Năng suất dàn lạnh:

$$Q_o = m \times q_o = \frac{\lambda \times V_{h'}}{v_1} \times q_o, \text{ kW} \quad (4)$$

Năng suất nhiệt dàn ngưng:

$$Q_k = m \times q_k, \text{ kW} \quad (5)$$

Thông số các điểm nút chu trình giới thiệu trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số tại các điểm nút chu trình

Điểm	Nhiệt độ [C]	Áp suất [bar]	Enthalp [kJ/kg]	Thể tích riêng [m <sup>3</sup> /kg]
1'	5	5,8	406,65	1,7429
1	10	5,8	410,06	1,7551
2	81	20,7	441,52	1,7551
3	53	20,7	265,97	1,2160
4	5	5,8	265,97	1,0216

Diện tích trao đổi nhiệt của dàn ngưng tụ được tính như sau:

$$F_k = \frac{Q_k}{k_k \times \Delta t_{tb}}, m^2 \quad (6)$$

Trong đó:  $Q_k$  là nhiệt lượng truyền cho nước của thiết bị ngưng tụ, kW;  $k_k$  là hệ số truyền nhiệt của thiết bị ngưng tụ, W/(m<sup>2</sup>K) (được xác định bằng tính toán nhiệt tại thiết bị ngưng tụ);  $\Delta t_{tb}$  là độ chênh nhiệt độ trung bình logarit và được tính như sau:

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}\right)}, K \quad (7)$$

Trong đó:  $\Delta t_{max}$  là độ chênh nhiệt có giá trị lớn ở hai đầu của dàn ngưng tụ, K;  $\Delta t_{min}$  là độ chênh nhiệt có giá trị nhỏ ở hai đầu của dàn ngưng tụ, K.

Diện tích trao đổi nhiệt của dàn bay hơi được tính như sau:

$$F_o = \frac{Q_o}{k_o \times \Delta t_{tb}}, m^2 \quad (8)$$

Trong đó:  $Q_o$  là năng suất lạnh, kW;  $k_o$  là hệ số truyền nhiệt của thiết bị bay hơi, W/(m<sup>2</sup>K) (được xác định bằng tính toán nhiệt tại thiết bị bay hơi);  $\Delta t_{tb}$  là độ chênh nhiệt độ trung bình logarit và được tính tương tự như công thức (7), với  $\Delta t_{max}$  là độ chênh nhiệt có giá trị lớn ở hai đầu của dàn bay hơi, K;  $\Delta t_{min}$  là độ chênh nhiệt độ có giá trị nhỏ ở hai đầu của dàn bay hơi, K.

Nhiệt lượng cần thiết để gia nhiệt nước:

$$Q_{đun} = M \times C_p(t_{nn} - t_{bd}), kJ \quad (9)$$

$$\tau = \frac{Q_{đun}}{Q_k}, \text{ giây} \quad (10)$$

Trong đó: M là lượng nước cần gia nhiệt, lít;  $C_p$  là nhiệt dung riêng của nước, J/(kgK);  $t_{bd}$  là nhiệt độ nước ban đầu, °C;  $t_{nn}$  là nhiệt độ nước nóng ra sau khi gia nhiệt, °C;  $\tau$  là thời gian gia nhiệt, giây.

Đối với quá trình đun nước ổn định thì tính thời gian đun nước theo công thức (10). Tuy nhiên đây là quá trình đun nước không ổn định nên tính theo công thức trên chỉ là gần đúng. Thời gian đun do đó sẽ được xác định thực tế qua mỗi lần thử nghiệm.

Hệ số sử dụng năng lượng của hệ thống được định nghĩa là tỷ số giữa năng lượng nhiệt truyền cho nước và tổng điện năng tiêu thụ cho máy nén ( $P_e$ ).

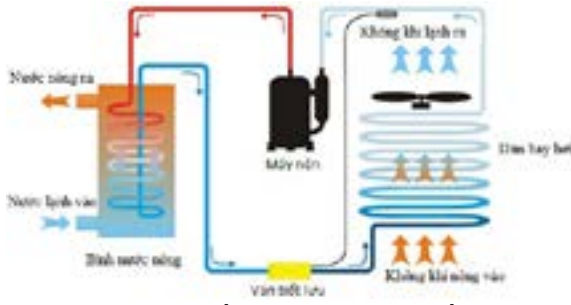
$$COP = \frac{Q_k}{P_e} \quad (11)$$

Nhiệt lượng truyền cho nước  $Q_k$  được xác định bằng tốc độ thay đổi nhiệt độ của nước trong bình trong hệ kín (bỏ qua tổn thất nhiệt qua vỏ bình và đường ống dẫn), giá trị của lượng nhiệt truyền cho nước được xác định bằng công thức (9) còn điện năng tiêu thụ đun nước nóng sẽ được xác định thực tế qua mỗi lần thử nghiệm.

### 3. THIẾT LẬP MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM

#### 3.1. Mô tả hệ thống

Hệ thống thí nghiệm bơm nhiệt có thể cung cấp nước nóng đến 50 °C. Hệ thống sử dụng chu trình bơm nhiệt có máy nén 1 Hp với môi chất R22, loại môi chất này được lựa chọn vì nó có khả năng hoạt động ở nhiệt độ ngưng tụ cao, trên 70 °C, đáp ứng được yêu cầu của một hệ thống bơm nhiệt cấp nước nóng.



**Hình 2.** Sơ đồ nguyên lý hệ thống bơm nhiệt đun nước nóng

Dàn bay hơi của hệ thống bơm nhiệt, với nhiệm vụ trao đổi nhiệt với môi trường. Dàn ngưng tụ của hệ thống bơm nhiệt, với nhiệm vụ gia nhiệt làm nóng nước trong bình chứa, được chọn là ống xoắn bằng đồng và được đặt bên trong bình chứa nước nóng. Bộ phận tiết lưu ở đây được lựa chọn là dạng ống mao. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống bơm nhiệt với những lựa chọn về cấu tạo như trên được trình bày trong hình 2

**Bảng 2.** Thông số kỹ thuật của các bộ phận của hệ thống bơm nhiệt sau khi tính toán

	đồng - Đường kính ống: 8 mm - Tổng chiều dài: 9,0 m - Đường kính vòng tròn xoắn: 0,3 m - Số lượng vòng tròn: 10
Ống mao	- Vật liệu chế tạo: Ống đồng - Đường kính ống: 2 mm - Chiều dài: 50 cm
Bình chứa nước nóng	- Thể tích bình chứa: 160 lít - Đường kính: 0,45 m - Chiều cao: 1 m - Cách nhiệt bông thủy tinh tấm dày 30 mm

Tên bộ phận	Thông số kỹ thuật
Máy nén	- Hãng sản xuất: Toshiba - Model: PH156X3CS-8KUC1 - Kiểu máy nén: kín - Môi chất lạnh: R22 - Nguồn điện: 220 V- 1 pha-50/60hz
Dàn bay hơi	- Kiểu dàn: trao đổi nhiệt kiểu không khí - Vật liệu chế tạo: ống đồng cánh nhôm - Đường kính ống: 10 mm - Diện tích: 10,9 m <sup>2</sup>
Dàn ngưng tụ	- Kiểu dàn: ống xoắn - Diện tích: 0,22 m <sup>2</sup> - Vật liệu chế tạo: ống



**Hình 3.** Mô hình thí nghiệm hệ thống bơm nhiệt đun nước nóng

### 3.2. Phương pháp thực nghiệm

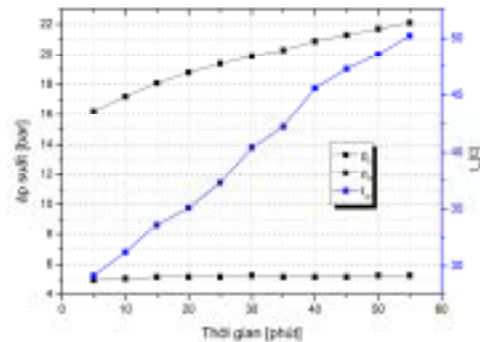
Các thông số cần ghi nhận trong quá trình cần đo đạc bao gồm: nhiệt độ nước thải vào thiết bị bay hơi và nhiệt độ nước thải ra thiết bị bay hơi được bằng đo bằng 2 cảm

biến nhiệt độ của bộ điều khiển Ewelly (độ chính xác  $\pm 0,5$  °C) đặt ở 2 vị trí: bên dưới (cách đáy bình 100 mm), bên trên (cách đỉnh bình 100 mm), hai đồng hồ áp suất  $p_k$  và  $p_o$  được gắn vào đầu hút và đầu đẩy của máy nén để xác định áp suất bay hơi và áp suất ngưng tụ của chu trình. Nhiệt độ nước nóng trong bình được đo bằng 3 cảm biến nhiệt độ của bộ điều khiển Ewelly (độ chính xác  $\pm 0,5$  °C) đặt ở 3 vị trí: bên dưới (cách đáy bình 100 mm), bên trên (cách đỉnh bình 100 mm) và ở giữa bình.

Điện năng tiêu thụ của thiết bị (máy nén) được đo bằng đồng hồ đo điện kWh để xác định công suất tiêu thụ điện của hệ thống. Hệ thống bơm nhiệt cũng được trang bị role áp suất cao (đặt ở 23 bar), và các thiết bị quá dòng, thiết bị quá nhiệt cho máy nén. Các đường ống đồng dẫn môi chất được bọc cách nhiệt cao su xốp dày 10 mm để giảm tổn thất nhiệt đường ống.

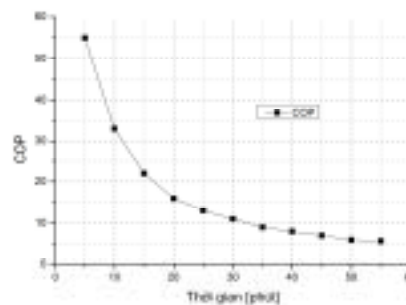
Để xác định lượng nhiệt cho nước tức thời cũng như để xác định COP tức thời các giá trị đo được thu thập thường xuyên sau mỗi khoảng thời gian 5 là phút. Hệ thống bơm nhiệt đun nước nóng ATW đã được thử nghiệm ở chế độ vận hành khởi động. Nước lạnh được điền đầy vào bình chứa nước nóng và có nhiệt độ đồng đều. cho máy chạy và đọc lần lượt các giá trị nhiệt độ, áp suất, điện năng tiêu thụ ở từng thời điểm cách nhau 5 phút cho đến khi nước nóng đạt 50 °C thì rơ le nhiệt độ ngắt máy nén. Xả hết nước, nạp nước lạnh mới cho chảy qua liên tục để loại bỏ quán tính nhiệt của thiết bị đến khi đạt được trạng thái ổn định. Thí nghiệm được thực hiện lặp lại 10 lần để lấy giá trị trung bình. Các thí nghiệm được thực hiện trong điều kiện nhiệt độ nước ban đầu là 29 °C.

#### 4. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN



**Hình 4.** Sự thay đổi của áp suất bay hơi, áp suất ngưng tụ và nhiệt độ nước nóng theo thời gian

Hình 4 thể hiện áp suất ngưng tụ ( $p_k$ ) tăng lên gần như tuyến tính theo thời gian và nhiệt độ nước nóng ( $t_{nn}$ ) trong bình, áp suất bay hơi ( $p_o$ ) hầu như không đổi trong suốt quá trình thí nghiệm

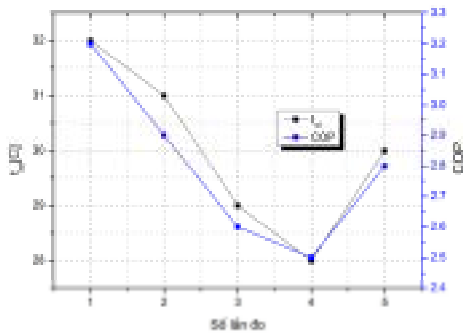


**Hình 5.** Sự thay đổi của COP theo thời gian

Hình 5 thể hiện hệ số sử dụng năng lượng COP tức thời ban đầu biến động mạnh do chu trình của thiết bị làm việc chưa ổn định. Do độ chênh nhiệt độ ngưng tụ và nhiệt độ nhiệt độ nước trong bình chứa nước nóng giảm dần nên hệ số COP ban đầu lớn nhất sau đó giảm dần. Hệ số COP trung bình của hệ thống thí nghiệm ở chế độ khởi động đạt 2,5 đến 3,2 phù hợp với các tính toán lý thuyết.

Hình 6 cho thấy hiệu suất của bơm nhiệt (ATW) phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường. Khi nhiệt độ môi trường không khí thứ tự các lần đo lần 1, lần 2, lần 3, lần 4 giảm lần lượt là 32 °C, 31 °C, 29 °C và 28 °C thì

COP của bơm nhiệt cũng giảm lần lượt là 3,2, 2,9, 2,6 và 2,5. Ở lần đo thứ 5 khi nhiệt độ môi trường không khí tăng lên 30 °C thì COP của bơm nhiệt cũng tăng theo và đạt được là 2,8.



Hình 6. Sự thay đổi của COP theo nhiệt độ môi trường

#### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã khẳng định các kết quả liên quan đến hệ thống bơm nhiệt cấp nước nóng tận dụng nhiệt thải dàn nóng điều hòa; đã thiết kế chế tạo thành công hệ thống bơm nhiệt cấp nước nóng kiểu không khí (ATW) để gia nhiệt 160 lít nước từ 29 °C đến 50 °C. Hệ số COP trung bình của hệ thống dao động từ 2,5 đến 3,2. Đây là lần đầu tiên ở Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long công nghệ này được thực hiện thành công tại khoa Điện – Điện tử có thể ứng dụng để cung cấp nước nóng cho các hộ gia đình và phát triển cho tòa nhà, trung tâm thương mại, bệnh viện góp phần tiết kiệm năng lượng một cách hiệu quả.

Quá trình chạy thực nghiệm để làm nóng nước ta thu được COP<sub>tb</sub> của hệ số bơm nhiệt đạt 2,5 đến 3,2 khi nhiệt độ môi trường dao động từ 28 °C đến 32 °C từ đây ta thấy được khi dùng bơm nhiệt để gia nhiệt nước nóng sẽ vượt trội hơn so với các phương pháp gia nhiệt khác như nấu củi, than, gas...

Giá trị COP hệ thống bơm nhiệt cấp nước nóng phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường, khi nhiệt độ môi trường tăng thì giá trị COP sẽ tăng theo và ngược lại giá trị COP sẽ

giảm khi nhiệt độ môi trường giảm.

Đối với Việt Nam có kiểu khí hậu nhiệt đới gió mùa thì nhiệt độ môi trường của nước ta không quá thấp cho nên nếu sử dụng hệ thống bơm nhiệt kiểu không khí sẽ đem lại hiệu quả rất cao.

Xây dựng mô hình giảng dạy học tập cho ngành Công nghệ kỹ thuật Nhiệt tại trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật Vĩnh Long cho thấy đây là một hướng nghiên cứu tiềm năng trong tương lai khi mà yêu cầu về tiết kiệm năng lượng trong các thiết bị điện nói chung và thiết bị sản xuất nước nóng nói riêng ngày một trở nên cấp bách.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R.J. Moffat, "Describing the uncertainty in experimental results," *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 1, 1988, pp. 3-17.
- [2] Yaxiu Gu and Huqiu Deng, "The Feasibility Analysis of Wastewater source heat pumps using the urban Wastewater heat", *Research Journal and Applied Science, Engineering and Technology*, 4 (18), 2012.
- [3] Chen, Wei, Lianga, Shiqiang, et al., Investigation on the thermal performance and optimization of a heatpump water heater assisted by shower waste water. *Elsevier, Energy and Buildings* 64, 172–181, 2013.
- [4] Nguyễn Đức Lợi. *Bơm nhiệt*. NXB Giáo dục Việt Nam, 2014.
- [5] Nguyễn Đức Lợi. *Hướng dẫn thiết kế hệ thống lạnh*. NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội 2005.
- [6] Nguyễn Nguyên An. *Nghiên cứu chế tạo bơm nhiệt đun nước nóng gia dụng*. Tạp chí Năng Lượng Nhiệt, 20-NLN, 109, 1/2013.

Ngày nhận bài: 20/9/2024

Người phản biện: TS. Trần Như Khuyên  
- Học viện Nông nghiệp VN



Máy lu  
lên sân  
kết tinh  
muối



Tờ thu  
gom  
vận  
chuyển  
muối

Các thiết bị cơ giới hóa sản xuất muối  
do công ty cổ phần thiết bị chuyên dùng Việt Nam thiết kế chế tạo



Vườn ươm thông minh sản xuất cây giống nấm ngọc linh do công ty cổ phần thiết bị chuyên dùng Việt Nam thiết kế chế tạo, lắp đặt và chuyển giao công nghệ

**VINATAXI**

A MEMBER OF

*Số số một*  
**(028) 38 111 111****AN TOÀN - CHẤT LƯỢNG - TẬN TÂM**

Công ty Taxi Việt Nam chân thành cảm ơn Quý khách hàng đã ủng hộ và đồng hành cùng công ty chúng tôi trong suốt thời gian qua. Chúng tôi luôn nỗ lực hết mình nhằm đem tới Quý khách dịch vụ vận chuyển hoàn hảo, chuyên nghiệp, an toàn và thoải mái nhất.



Vinataxi luôn nỗ lực cải tiến kỹ thuật, đưa về những dòng xe TOYOTA 4 chỗ và 7 chỗ đời mới nhằm mang lại sự tiện nghi cho Quý hành khách. Với đội ngũ tài xế nhiều kinh nghiệm, luôn được trao dồi, nâng cao nghiệp vụ luôn đảm bảo mọi chuyến xe là một trải nghiệm tốt nhất.

**CÔNG TY TAXI VIỆT NAM (VINATAXI)****Lô IV - 15B đường số 4, KCN Tân Bình,  
P. Tây Thạnh, Q. Tân Phú, Tp.HCM****(028) 38.155.152****vinataxi.vn****/congytaxivietnam**