

# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, MÔ PHỎNG BỘ PHẬN CHUYỂN ĐỔI NĂNG LƯỢNG KHÍ SINH HỌC THÀNH NĂNG LƯỢNG NHIỆT

DESIGN RESEARCH, SIMULATION OF THE PARTS OF BIOGAS ENERGY CONVERSION INTO HEAT ENERGY

Lê Xuân Trường<sup>1</sup>, Triệu Văn Lụa<sup>1</sup>,  
Hoàng Văn Thuận<sup>1</sup>, Phạm Thị Minh Huệ<sup>2,\*</sup>

## TÓM TẮT

Bộ phận chuyển đổi năng lượng khí Biogas thành năng lượng nhiệt được lắp đặt trong hệ thống thiết bị sấy sử dụng năng lượng khí sinh học SBOG - 150 đã chuyển đổi có hiệu quả năng lượng khí sinh học thành nhiệt năng thông qua thiết bị trao đổi nhiệt, đáp ứng được yêu cầu để sấy nông sản, thực phẩm góp phần xây dựng nền nông nghiệp bền vững. Lò đốt khí gas gồm mô đốt kiểu lồng xoắn và buồng lửa đặt ở dưới buồng sấy. Bộ phận đốt được sử dụng với mục đích tạo ra khí nóng có nhiệt độ thích hợp dùng làm tác nhân sấy với năng suất tỏa nhiệt cao, tiết kiệm nhiên liệu, có cấu tạo đơn giản, dễ vận hành và bảo dưỡng. Khí thải không màu, chứa ít bụi, hàm lượng CO thấp giảm thiểu ô nhiễm môi trường. Nhiên liệu sử dụng là khí Biogas được sinh ra trong hệ thống xử lý chất thải chăn nuôi hạ được chi phí giá thành cho quá trình sấy, góp phần tiết kiệm năng lượng hóa thạch và đảm bảo nguồn an ninh năng lượng cho tương lai.

**Từ khóa:** Thiết kế, mô phỏng, mô đốt, biogas, khí sinh học.

## ABSTRACT

Biogas energy conversion unit into thermal energy is installed in the SBOG - 150 biogas energy system which effectively converted the biogas energy into thermal energy through the equipment heat exchange, meeting the requirements for drying agricultural products, contributing to building sustainable agriculture. The gas burner consists of a twisted cage burner and a combustion chamber located under the drying chamber. The combustion unit is used for the purpose of creating hot air with the right temperature for use as a drying agent with high heat output, fuel economy with a simple structure, easy to operate and maintain. Colorless smoke, low dust content, low CO content minimizes environmental pollution. Fuel used is biogas produced in the animal waste treatment system, which reduces the cost of drying, contributes to save fossil energy and ensure energy security for the future.

**Keywords:** Design, simulation, the burner, biogas.

<sup>1</sup>Lớp Cơ khí - K10, khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>2</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: Phamthiminhhue@hau.edu.vn

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở nước ta, biogas được tạo ra xuất phát từ mục tiêu chủ yếu là xử lý các chất thải chăn nuôi để giảm thiểu ô nhiễm môi trường. Lượng khí sinh ra chủ yếu dùng để đun nấu, thắp sáng đèn mạng, sưởi ấm cho gia súc, gia cầm vào mùa đông hoặc ở trang trại lớn chuyển sang dùng máy phát điện,... Nguồn năng lượng này khi sử dụng không hết được

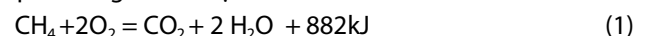
xả trực tiếp ra môi trường, hoặc đốt cháy tự do gây lãng phí một nguồn năng lượng rất lớn. Nguyên nhân chủ yếu là chưa tạo ra được các loại thiết bị chuyển đổi năng lượng phù hợp cả về phương diện kỹ thuật và kinh tế. Trong khi đó, ở hầu hết các vùng sản xuất nông nghiệp, nhu cầu năng lượng để làm khô nông sản rất lớn nhưng vẫn phải sử dụng nguồn năng lượng hóa thạch như than đá, dầu mỏ,...

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế bộ phận chuyển đổi năng lượng khí sinh học thành năng lượng nhiệt để sấy nông sản thực phẩm nhằm sử dụng nguồn năng lượng tái tạo có hiệu quả để có thể triển khai áp dụng rộng rãi vào trong sản xuất, nâng cao nhận thức và ứng dụng cho khu vực nông nghiệp, nông thôn Việt Nam.

## 2. CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA QUÁ TRÌNH CHÁY BIOGAS

Nhiên liệu sử dụng để đốt cháy trong buồng đốt là khí được tạo ra từ hầm Biogas. Thành phần của nhiên liệu khí sinh học bao gồm CH<sub>4</sub> khoảng 50 - 70% và CO<sub>2</sub> khoảng 30 - 40%, còn lại là các thành phần của các tạp chất khác như H<sub>2</sub>S, N<sub>2</sub> [2, 6].

- Khí cháy metan có ngọn lửa lơ nhợt, không có khói bụi với phản ứng sinh nhiệt như sau:



- Nhiệt lượng tỏa ra khi cháy hoàn toàn một đơn vị khối lượng khí sinh học từ 4700 - 6500kcal/m<sup>3</sup> [1, 2].

Từ đó ta có thể xác định được thành phần khối lượng của các chất (là số kg của chất đó có trong một kg nhiên liệu và ký hiệu bằng các chữ cái tương ứng với chất đó) theo công thức:

$$m_i = \sum \frac{M_i}{M} \cdot \%M \quad (2)$$

Trong đó: i - tương ứng là chất thứ i

m<sub>i</sub> - thành phần khối lượng của chất i

M<sub>i</sub> - phân tử khối của chất i

M - phân tử khối của hợp chất là:

C	H	S	N	O	A
0,5725	0,183	0,047	0,03	0,1665	0,001

Trong đó: C, H, S, N, O là các nguyên tố hoá học, A là thành phần nước.

- Nhiệt trị của nhiên liệu.

$$Q_c = 23.277 \text{ (kJ/kg nl)}.$$

$$Q_t = 19.157 \text{ (kJ/kg nl)}.$$

- Xác định lượng không khí khô thực tế.

Ta gọi: L là lượng không khí khô thực tế để cháy hết 1kg nhiên liệu.

$L_o$  là lượng không khí khô lý thuyết để cháy hết 1kg nhiên liệu.

Hệ số không khí thừa của buồng đốt  $\alpha_{bd}$ :

$$\alpha_{bd} = \frac{L}{L_o}. \text{ Ta thấy khi } \alpha_{bd} \text{ càng lớn thì khả năng cung}$$

cấp oxy càng tốt nhưng nhiệt độ buồng đốt lại giảm dần tới quá trình cháy không tốt. Đối với lò đốt lấy khói thì  $\alpha_{bd} = 1,2 \div 1,3$  [3, 7]. Ta chọn  $\alpha_{bd} = 1,2$ .

Ta có:  $L = \alpha_{bd} \cdot L_o = 1,2 \cdot 12,385 = 14,862 \text{ (kg kk/kg nl)}$ .

- Khối lượng hơi nước chứa trong khí nóng sau buồng đốt.

Hơi nước chứa trong khí nóng gồm: nước trong nhiên liệu bốc hơi, nước do phản ứng cháy hydro, nước do không khí mang vào. Khối lượng hơi nước sau buồng đốt  $G_a$  khi đốt cháy 1kg nhiên liệu.

$$G_a = (9H + A) + \alpha_{bd} \cdot L_o \cdot d_o \tag{3}$$

$$G_a = (9,0,183 + 0,001) + 1,2 \cdot 12,385 \cdot 0,0217 = 1,97 \text{ (kg ẩm/ kg nl)}.$$

Vậy khối lượng hơi nước chứa trong khí nóng sau buồng hoà trộn.

$$G_a = (9H + A) + \alpha L_o d_o = (9,0,183 + 0,001) + 31,12,385 \cdot 0,0217 = 9,98 \text{ (kg ẩm/kg nl)}.$$

- Khối lượng khí khô sau buồng đốt  $L_{k'}$ .

Khối lượng khí khô sau buồng đốt bằng tổng khối lượng không khí khô  $\alpha_{bd} \cdot L_o$  và khối lượng nhiên liệu trừ đi thành phần tro và hơi nước do phản ứng cháy 9H và nước trong nhiên liệu (A).

$$L_{k'} = (\alpha_{bd} \cdot L_o + 1) - \{Tr + (9H + A)\} = (1,2 \cdot 12,385 + 1) - \{0 + (9,0,183 + 0,001)\} = 14,215 \text{ (kg kk/kg nl)}.$$

- Xác định lượng chứa ẩm của khí sau buồng đốt  $d'$ .

Lượng chứa ẩm của khí là số kg hoặc gam hơi nước chứa trong 1 kg khí khô.

Từ công thức ta có:

$$d' = \frac{G_{a'}}{L_{k'}} = \frac{1,977}{14,215} = 0,139 \text{ (kg ẩm/kg kk)}. \tag{4}$$

- Xác định entanpy của khí nóng sau buồng đốt  $I'$ .

Entanpy của khí nóng được tính cho 1 kg khí khô

$$I' = \frac{Q_c \eta_{bd} + C_{nl} t_{nl} + \alpha_{bd} L_o I_o}{L_{k'}} = \frac{23277 \cdot 0,8 + 0,12 \cdot 34 + 1,2 \cdot 12,385 \cdot 89,73}{14,215} = 1404,1 \text{ (kJ/ kgkk)} \tag{5}$$

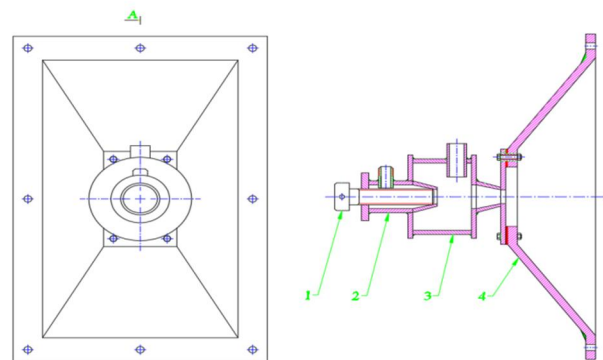
### 3. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ MỎ ĐỐT

#### 3.1. Nguyên lý cấu tạo mỏ đốt

Tốc độ và chất lượng cháy của nhiên liệu khí, chiều dài ngọn lửa và nhiệt độ sản phẩm cháy phụ thuộc vào tốc độ và chất lượng hòa trộn càng tốt thì sự cháy xảy ra càng nhanh, cháy càng hoàn toàn, ngọn lửa ngắn hơn và nhiệt độ ngọn lửa cũng cao hơn. Như vậy, nhiên liệu cháy tạo ra nhiệt để truyền cho các vật gia công trong lò được bắt đầu từ giai đoạn tạo ra sự hòa trộn giữa khí đốt và không khí. Bộ phận này được gọi là thiết bị đốt (mỏ đốt). Mỏ đốt được sử dụng với mục đích tạo ra khí nóng có nhiệt độ cao. Khi nhiệt độ khí nóng càng cao thì hiệu suất nhiệt càng lớn [4, 5].

Ở mỏ đốt khí và không khí không hòa trộn trước trong thiết bị (thường gọi là mỏ đốt lồng ống) chúng chủ yếu hòa trộn trong buồng lò, thì thời gian cháy hoàn toàn nhiên liệu lâu hơn và ngọn lửa có hình dáng rõ ràng hơn. Để nhiên liệu cháy hoàn toàn cần có  $n = 1,1 \div 1,2$ .

Qua việc thu thập thông tin, các tài liệu tham khảo trong và ngoài nước và tìm hiểu ý kiến của các chuyên gia có kinh nghiệm về vấn đề đang nghiên cứu nghiên. Chúng tôi lựa chọn mỏ đốt có dạng lồng ống như hình 1.



Hình 1. Sơ đồ mỏ đốt lồng ống có dòng xoáy

- 1- kính quan sát ngọn lửa;      2- ống dẫn khí gas;
- 3- ống dẫn không khí;          4- ống điều chỉnh lưu lượng gas.

Nguyên lý cấu tạo: kính quan sát ngọn lửa (1) dùng để quan sát kiểm tra quá trình cháy của nhiên liệu, ống điều chỉnh lưu lượng (4) thay đổi lượng ra của nhiên liệu được điều chỉnh bằng tay. Lượng không khí vào cũng được thay đổi nhờ thay đổi ống dẫn khí gas 2 (do bắt ren).

Trong mỏ đốt này nhờ cấu trúc riêng của mỏ đốt mà không khí được chuyển động quay. Nhiên liệu Biogas vào phần đầu của mỏ đốt có tốc độ lớn, song gặp dòng không khí xoáy nên chúng bị chia nhỏ. Bề mặt tiếp xúc giữa chúng được tăng lên làm cho hỗn hợp được hòa trộn tốt hơn để hỗn hợp khí cháy đồng đều và vùng nhiệt độ cao hơn.

Loại mỏ đốt này làm việc với hệ số tiêu hao không khí  $n = 1,1$ , chiều dài ngọn lửa gấp khoảng  $7 \div 10$  lần đường kính miệng ra của hỗn hợp. Tốc độ của hỗn hợp tại miệng ra của mỏ đốt thường từ  $15 \div 40$  (m/s). Nếu tốc độ của hỗn hợp là 40 (m/s) thì áp suất của khí và không khí cần đạt  $4,9 \div 6,9 \text{ kN/m}^2$ .

### 3.2. Tính toán mỏ đốt

Như trên đã nêu, mỏ đốt lồng ống gồm hai bộ phận chủ yếu (đường ống dẫn khí và đường ống dẫn gió), vì vậy việc tính toán mỏ đốt chủ yếu là xác định kích thước miệng ra của các ống phun khí và gió. Ống phun khí thường có cấu trúc hình trụ hoặc côn. Để tăng cường quá trình hòa trộn giữa không khí và khí đốt nhóm nghiên cứu đã lắp thêm vào đầu ống phun khí một ống loe hình trụ gọi là ống phun. Mỏ đốt lắp thêm ống lavan cho ngọn lửa có kích thước cố định và dài hơn ngọn lửa ở mỏ đốt thông thường. Việc tính toán mỏ đốt chủ yếu là tính đường kính ống phun khí đốt dựa vào các thông số đã biết như: lưu lượng khí, áp suất tĩnh của khí trước mỏ đốt, sau tính tiếp đường dẫn không khí và thiết kế mỏ đốt yêu cầu [4, 5].

Các thông số đã có:

Lượng khí đốt  $G_k = 0,92(\text{m}^3/\text{h}) = 0,72(\text{kg}/\text{h}) = 2.10^{-4}(\text{kg}/\text{s})$ .

Khối lượng riêng của khí ở ĐKTC  $\delta_k^\circ = 0,783(\text{kg}/\text{m}^3)$ .

Nhiệt độ của khí  $t_k = 30^\circ\text{C}$

Hằng số khí  $R = 475(\text{Nm}/\text{kg.K})$ .

Hệ số  $k = 1,3$ .

Áp suất tĩnh của khí trước mỏ đốt  $p_t = 4071(\text{N}/\text{m}^2)$ .

Áp suất của môi trường lò  $p_{mt} = 98(\text{kN}/\text{m}^2)$ .

\* Đường kính miệng ống phun khí đốt

- Khối lượng riêng của khí được xác định theo công thức:

$$\rho_k = \delta_1 \frac{k+1}{2} \cdot \frac{G_k}{G_{th}} = \frac{p_{th}}{R \cdot T_k} \cdot \frac{k+1}{2} \quad (6)$$

Trong đó:

$\delta_1$  - khối lượng riêng của khí trong mỏ đốt ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$G_k$  - lượng khí qua miệng ống phun ( $\text{kg}/\text{s}$ )

$G_{th}$  - lượng khí khi chuyển động đạt giá trị tốc độ tới hạn ( $\text{kg}/\text{s}$ )

$p_{th}$  - áp suất tới hạn của khí ( $\text{N}/\text{m}^2$ ); ở đây  $p_{th} = p_t + p_{mt}$

Vậy nên ta có được:

$$\rho_k = \frac{p_t + p_{mt}}{R \cdot (273 + t_k)} \cdot \frac{k+1}{2} = \frac{4071 + 98 \cdot 10^3}{475 \cdot (273 + 30)} \cdot \frac{1,3+1}{2} = 0,735(\text{kg}/\text{m}^3) \quad (7)$$

Chọn tỷ số giữa đường kính ống dẫn khí đốt và đường kính miệng ra của đầu ống phun khí:  $d_1/d_2 > 2$  nghĩa là giữa ống dẫn khí và ống phun có chuyển tiếp từ từ thì có thể bỏ qua tổn thất áp suất trong mỏ đốt và khi đó tốc độ chuyển động của khí ở miệng ra của mỏ đốt được xác định theo công thức:

$$\omega_k = \sqrt{\frac{2p_u}{\rho_k}} \quad (8)$$

$$\text{Vậy nên: } \omega_k = \sqrt{\frac{2 \cdot 4071}{0,375}} = 105(\text{m}/\text{s}).$$

Vậy đường kính miệng ra của đầu ống phun khí được xác định theo công thức:

$$d_o = \sqrt{\frac{4G_k}{\pi \omega_k \rho_k}} \quad (9)$$

$$d_o = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 105 \cdot 0,735}} = 2 \cdot 10^{-3}(\text{m}) = 2\text{mm}$$

❖ Đường kính miệng phun hỗn hợp khí đốt và không khí

Tiết diện miệng ống phun hỗn hợp khí đốt và không khí được xác định theo công thức:  $F_{hh} = F_k + F_{kk}$  ( $\text{m}^2$ ) (10)

Trong đó:

$F_{hh}$  tiết diện của miệng ống phun hỗn hợp,  $\text{m}^2$ .

$F_k$  tiết diện của miệng ống phun khí,  $\text{m}^2$ .

$F_{kk}$  tiết diện miệng ống phun không khí,  $\text{m}^2$ .

Tiết diện miệng ống phun không khí phụ thuộc vào loại nhiên liệu và tỷ số  $\frac{F_{kk}}{F_k}$ . Theo bảng quan hệ giữa nhiên liệu

và tỷ số  $\frac{F_{kk}}{F_k}$  [6].

Ta có:  $\frac{F_{kk}}{F_k} = 9$  hay  $F_{kk} = 9 \cdot F_k$

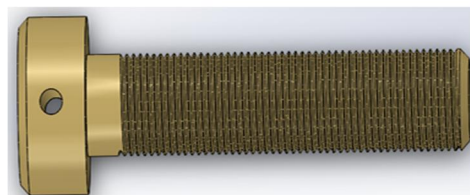
Thay vào công thức trên ta được:  $F_{hh} = F_k + 9F_k = 10 \cdot F_k$

Đường kính miệng ống phun hỗn hợp là:

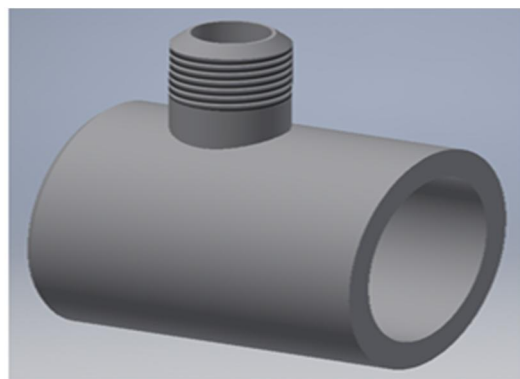
$$d_{hh} = \sqrt{10} d_o = \sqrt{10} \cdot 2 \approx 6\text{mm}$$

### 3.3. Mô phỏng mô hình 3D bộ phận chuyển đổi khí sinh học thành năng lượng nhiệt

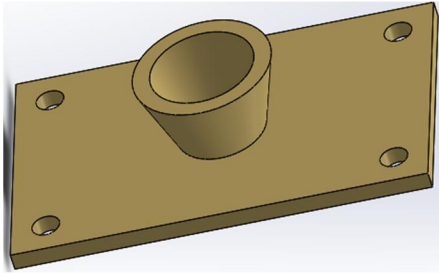
Trên cơ sở đó nhóm nghiên cứu đã dùng phần mềm Solid word để mô phỏng các chi tiết trong kết cấu mỏ đốt gồm các chi tiết cơ bản như vít chỉnh lưu, hộp dẫn ga, dẫn khí, mặt bích như hình 2 ÷ 5.



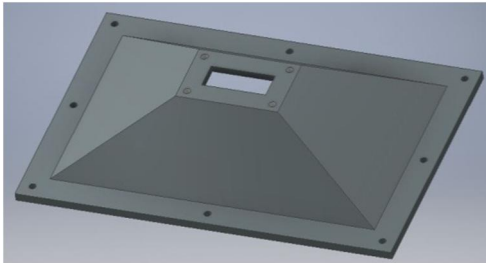
Hình 2. Mô phỏng vít chỉnh lưu



Hình 3. Mô phỏng 3D hộp dẫn Gas

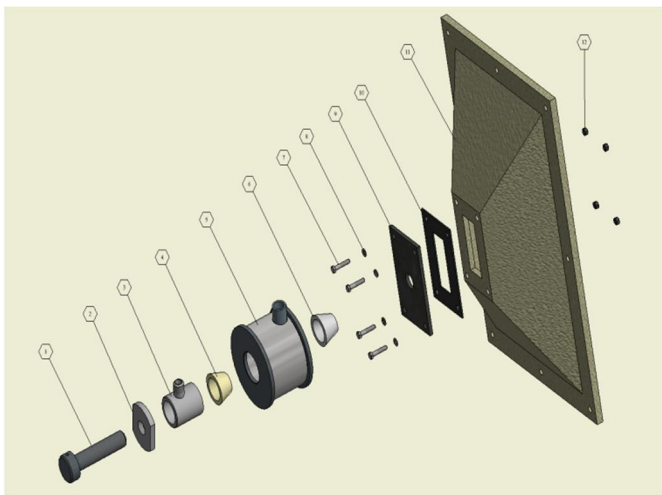


Hình 4. Mô phỏng thực tế Chi tiết dẫn chỉnh độ lệch mẫu



Hình 5. Mô phỏng hình ảnh mặt bích

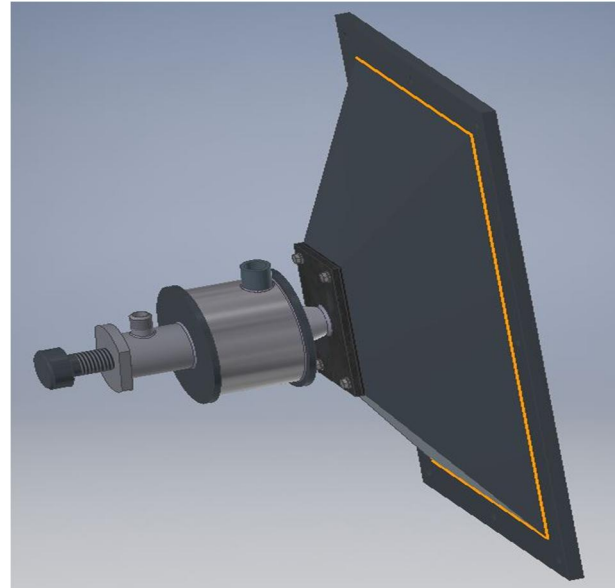
Từ mô hình 2D, 3D của các chi tiết nhóm nghiên cứu đã thiết kế mô hình trên bộ phận đầu đốt được lắp ghép từ các bộ phận như trên hình 6.



Hình 6. Hình ảnh bản vẽ phân rã bộ phận đầu đốt

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 1- Vít chỉnh lưu | 7- Bulong $M_5$  |
| 2- Bạc ren       | 8- Đệm           |
| 3- Hộp dẫn ga    | 9- Mặt bích      |
| 4- Lông xoáy     | 10- Đệm dẫn      |
| 5- Hộp dẫn khí   | 11- Mặt bích 2   |
| 6- Lông xoáy 2   | 12- Đai ốc $M_5$ |

Trên cơ sở đó đã xây dựng mô hình 3D tổng thể trên máy tính bộ phận mô đốt như hình 7.



Hình 7. Hình ảnh mô phỏng bộ phận đầu đốt

#### 4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở nghiên cứu, tìm hiểu thực tiễn ứng dụng của công nghệ khí sinh học trong nước cũng như trên toàn thế giới đã giới thiệu được nguyên lý của mô đốt, quá trình cháy và lựa chọn, tính toán được các thông số cơ bản của bộ phận mô đốt chuyển đổi năng lượng.

Đã thiết kế, xây dựng các bản vẽ 2D,3D bộ phận mô đốt chuyển đổi năng lượng khí sinh học thành năng lượng nhiệt.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Dự án chương trình khí sinh học cho ngành chăn nuôi Việt Nam (2010), Báo cáo tổng kết, Tổ chức phát triển Hà Lan - Việt Nam

[2]. Bùi Hải, 2008. *Tính toán thiết kế thiết bị trao đổi nhiệt*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội

[3]. Phạm Thị Minh Huệ, 2008 - 2009. *Đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ Giáo dục & đào tạo mã số B2008 -21-10 "Nghiên cứu ứng dụng năng lượng khí sinh học làm khô nông sản thực phẩm trong điều kiện đồng bằng sông Hồng"*. Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên, Hưng Yên.

[4]. Nguyễn Quang Khải, 2009. *Nghề sản xuất khí sinh học*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.