

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BẾP KHÍ HÓA SINH KHỐI PHỤC VỤ CHO NHU CẦU DÂN SINH Ở CÁC VÙNG NÔNG THÔN VÀ MIỀN NÚI

ĐỖ TUẤN ANH¹, PHẠM VĂN TỈNH¹
TRẦN VĂN TƯỜNG¹, HOÀNG HÀ¹, ĐÌNH BÁ BÁCH¹
ĐẶNG THỊ TỔ LOAN¹

¹ Trường Đại học Lâm nghiệp

Tóm tắt:

Bếp khí hóa sinh khối (gọi tắt là bếp dân sinh – BDS) là một giải pháp hiệu quả trong việc chuyển đổi năng lượng từ các nguồn sinh khối như gỗ và phụ phẩm từ gỗ (củi, cành, lá) thành khí cháy, giúp tiết kiệm nhiên liệu và giảm thiểu khí thải độc hại, BVMT. Thông qua phương pháp tổng quan tài liệu và thực nghiệm, nghiên cứu tập trung vào việc thiết kế, tính toán hiệu suất của bếp khí hóa sinh khối nhằm phục vụ nhu cầu dân sinh ở các vùng nông thôn và miền núi. Quá trình thiết kế và chế tạo bếp được thực hiện dựa trên các công thức, thông số kỹ thuật cụ thể, bao gồm đường kính, chiều cao, thời gian tiêu thụ nhiên liệu và lưu lượng không khí. Các thử nghiệm thực tế cho thấy bếp khí hóa sinh khối đạt hiệu suất nhiệt 21,9% so với bếp truyền thống (BTT) là 16,8%, phù hợp với điều kiện sống và thói quen sử dụng của người dân. Ngoài ra, bếp được thiết kế để các phần tách rời có thể xếp chồng vào nhau, giúp giảm diện tích khi đóng gói, vận chuyển hoặc khi không sử dụng. Qua đó, góp phần phát triển và áp dụng công nghệ thân thiện với môi trường, nâng cao chất lượng cuộc sống, bảo vệ sức khỏe cộng đồng.

Từ khóa: Khí hóa sinh khối, bếp khí hóa, hiệu suất nhiệt, năng lượng tái tạo, nông thôn miền núi.

Ngày nhận bài: 4/11/2024; Ngày sửa chữa: 3/12/2024;
Ngày duyệt đăng: 20/12/2024.

1. Đặt vấn đề

Theo Báo cáo của tổ chức Y tế thế giới (WHO) có khoảng 2,1 tỷ người trên toàn cầu (1/3 dân số) nấu ăn bằng BTT như bếp kiềng, bếp lò kém hiệu quả (WHO, 2021). Hầu hết những người này đều sống ở những khu vực nông thôn miền núi ở những quốc gia đang phát triển. Những loại nhiên liệu phổ biến được sử dụng

DESIGN AND PERFORMANCE CALCULATION OF BIOMASS GASIFICATION STOVES FOR DOMESTIC USE IN RURAL AND MOUNTAINOUS AREAS

Abstract:

Biomass gasification stoves are an efficient solution for converting energy from biomass sources such as wood and wood by-products (firewood, branches, leaves) into combustible gas, helping to save fuel and reduce harmful emissions, thereby protecting the environment. Through literature reviews and experimental methods, this research focuses on designing and calculating the efficiency of biomass gasification stoves to meet the residential needs in rural and mountainous areas. The design and manufacturing process of the stove is carried out based on specific formulas and technical specifications, including diameter, height, fuel consumption time, and airflow rate. Practical tests show that biomass gasification stoves achieve a thermal efficiency of 21.9% compared to 16.8% for traditional stoves, suitable for the living conditions and usage habits of the people. Additionally, the stove is designed so that the detachable parts can be stacked, reducing space when packing, transporting, or when not in use. This contributes to the development and application of environmentally friendly technology, improving the quality of life and protecting public health.

Keywords: Biomass gasification, gasification stove, thermal efficiency, renewable energy, rural mountainous areas.

JEL Classifications: O13, O44, P18.

như dầu hỏa, sinh khối (gỗ, phân động vật, chất thải nông lâm nghiệp) và than gây ra tình trạng ô nhiễm không khí trong nhà. Hậu quả là gây ra 3,2 triệu ca tử vong năm 2020, trong đó có khoảng 237 nghìn trẻ em dưới 5 tuổi. Phụ nữ và trẻ em là những người thường xuyên làm việc nhà như nấu ăn, kiếm củi. Vì vậy, họ là những người đầu tiên chịu ảnh hưởng của những tác động không tốt của loại ô nhiễm này.



Tại những quốc gia đang phát triển, các loại BTT vẫn được sử dụng phổ biến. BTT như bếp 3 chân (dùng gạch, đá), bếp kiềng, bếp lò đều kém hiệu quả trong việc chuyển đổi năng lượng thành nhiệt và làm tăng lượng tiêu thụ nhiên liệu sinh khối lên mỗi năm và phải mất hàng giờ mỗi ngày để thu gom nhiên liệu (UNDP-WHO, 2009).

Ở Việt Nam, theo số liệu của Tổng cục thống kê năm 2023, dân số trung bình khu vực nông thôn, miền núi là 62,1 triệu người, chiếm 61,9% (TCTK, 2023). Phần lớn trong số đó vẫn đang sử dụng BTT làm thiết bị đun nấu, sưởi ấm hàng ngày với những nhiên liệu sinh khối sẵn có. BTT không chỉ có hiệu suất thấp, tốn nhiên liệu mà còn sinh ra nhiều khói và khí thải độc hại, gây ra các vấn đề về hô hấp và ô nhiễm môi trường.

Nguồn nhiên liệu sinh khối ở Việt Nam rất phong phú, bao gồm gỗ, rơm rạ, vỏ trấu và các phụ phẩm nông lâm nghiệp khác. Trong đó, gỗ củi là loại nhiên liệu lâu đời, được sử dụng phổ biến trong các hộ gia đình. Theo số liệu từ Tổng cục thống kê, từ 2019-2023, sản lượng gỗ trung bình khoảng 22 triệu m³ và sản lượng củi trung bình khoảng 560 m³. Trong năm 2023, sản lượng gỗ đạt 24,9 nghìn m³, sản lượng củi đạt 801 ste (khoảng 560,7 m³) (TCTK, 2023). Đây là nguồn sinh khối rất lớn, do đó, việc tận dụng tốt nguồn sinh khối này là một giải pháp tiềm năng để giảm sự phụ thuộc vào các nguồn nhiên liệu hóa thạch đang dần cạn kiệt, góp phần vào phát triển năng lượng tái tạo bền vững. Tuy nhiên, việc đốt củi không kiểm soát còn góp phần vào tình trạng phá rừng và suy giảm nguồn tài nguyên thiên nhiên.

Công nghệ khí hóa sinh khối là một giải pháp tiên tiến hiện nay, giúp cải thiện hiệu suất sử dụng nhiên liệu, giảm thiểu lượng khí thải, giúp cải thiện sức khỏe công đồng và BVMT. Công nghệ này mang lại hiệu quả trong việc chuyển đổi năng lượng từ các nguồn sinh khối như gỗ, rơm rạ, vỏ trấu và các phụ phẩm khác thành khí cháy. Quá trình này diễn ra trong một môi trường thiếu oxy, tạo ra các chất khí cháy như carbon monoxide (CO), hydrogen (H₂) và methane (CH₄) có thể được sử dụng làm nhiên liệu sạch. Nhờ vào khả năng tận dụng các phụ phẩm sinh khối, công nghệ khí hóa còn góp phần giảm thiểu lượng chất thải và tạo ra năng lượng tái tạo bền vững.

Trong bối cảnh trên, nghiên cứu và phát triển các loại bếp cải tiến sử dụng công nghệ khí hóa sinh khối là một hướng đi quan trọng để giải quyết các vấn đề về năng lượng và môi trường. Mô hình thiết kế của bếp khí hóa cần đảm bảo tận dụng nguồn nhiệt một cách triệt để từ các nguồn sinh khối, hạn chế khí phát thải ra môi trường đồng thời dễ dàng lắp ráp, vận hành, có thể tiếp cận nhanh chóng đến người dân.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Tổng quan tài liệu

Phương pháp này bao gồm việc thu thập và phân tích các tài liệu chuyên khảo và những nghiên cứu trước đây về lĩnh vực khí hóa sinh khối. Các tài liệu này bao gồm các công trình nghiên cứu về nhiên liệu sinh khối, công nghệ chuyển hóa năng lượng và công nghệ khí hóa từ nguồn đáng tin cậy như các tạp chí khoa học, sách giáo khoa và báo cáo kỹ thuật.

Việc kế thừa tài liệu giúp xây dựng phần tổng quan của nghiên cứu và cung cấp cơ sở lý thuyết cho việc thiết kế và tính toán bếp. Trên thế giới, có thể kể đến các công trình nghiên cứu về thiết kế bếp cải tiến như công trình của nhóm tác giả A.T. Kole (2022) (Adem Tibesso Kole, 2022) và nhóm nghiên cứu của U.M. Lahai (2022) (Umar Museheeh Lahai, 2022) đã đưa ra những khuyến nghị giải pháp cho việc thiết kế, phát triển kiểu bếp sinh khối từ trên xuống (Top-lit Down-Draft); nhóm nghiên cứu của S.U. Yunusa (2022) (Yunusa, Mensah et al., 2024) đã nghiên cứu chế tạo bếp với hai cửa hút gió tự nhiên, nhóm tác giả M. Barbour (2021) (Michael Barbour, 2021) đã nghiên cứu phát triển bếp sử dụng nguồn gió cưỡng bức và nhóm tác giả J.I. Orisaeye (2018) (Orisaleye, Adefuye et al., 2018) đã đưa ra những nghiên cứu thiết kế bếp sử dụng kết hợp cả 2 nguồn gió trên.

Một số nghiên cứu tập trung vào phương pháp cấp liệu cho bếp như công trình của nhóm tác giả A. Gupta (2020) (Ankit Gupta, 2020) thiết kế bếp cấp liệu theo chu kỳ, hay nhóm tác giả H. Kumar (2019) (Kumar and Panwar, 2019) và nhóm tác giả I. Osei (2020) (Osei, Kemausuor et al., 2020) thiết kế bếp cấp liệu liên tục.

Những nghiên cứu trên đã chỉ ra những lợi ích đáng kể của bếp sinh khối cải tiến đối với sức khỏe và môi trường. Tuy nhiên, tỷ lệ sử dụng các mô hình bếp cải tiến còn hạn chế ở các nước đang phát triển đặc

biệt tại các khu vực nông thôn, miền núi. Điều này đã được ghi nhận trong một số nghiên cứu của nhóm tác giả A. Karanja (2020) (Karanja and Gasparatos, 2020) tại Kenya, nơi chỉ có 38,5% số hộ gia đình đã sử dụng bếp cải tiến. Tương tự, ở Ghana, nhóm tác giả K.L. Dickinson (2019) (Dickinson, Piedrahita et al., 2019) đã chỉ ra tỷ lệ sử dụng bếp cải tiến còn thấp. Nguyên nhân được cho là người dùng đã quen với BTT, việc tiếp cận và hiểu rõ những ưu điểm, lợi ích của bếp cải tiến còn hạn chế, ngoài ra chi phí đầu tư bếp, các yêu cầu cao hơn về kỹ thuật nhóm bếp, sử dụng bếp cũng là những nguyên nhân dẫn đến bếp sinh khối cải tiến ít được áp dụng.

Ở Việt Nam, vấn đề ứng dụng công nghệ khí hóa sinh khối đã được quan tâm nhiều hơn trong những năm gần đây. Một số nghiên cứu thiết kế bếp nổi bật như công trình của nhóm tác giả nghiên cứu Hoàng Ngọc Đồng, Nguyễn Văn Quốc Cường thuộc trường Đại học Bách khoa và Đại học Đà Nẵng (2015) (Hoàng Ngọc Đồng, 2015), đã ứng dụng công nghệ khí hóa sinh khối để thiết kế ra lò khí hóa từ trấu, mùn cưa. Nhóm tác giả Lê Đức Dũng, Vũ Văn Nam (2015) (Lê Đức Dũng, 2015) đã nghiên cứu phát triển mô hình bếp cải tiến đun khí hóa trấu giúp nâng cao hiệu suất, giảm phát thải CO và bụi (Lê Đức Dũng, 2015). Năm 2017, tác giả Hoàng Ngọc Đồng đã đưa ra một số kết quả nghiên cứu thiết kế bếp khí hóa sinh khối quy mô hộ gia đình sử dụng từ trấu và phụ phẩm nông nghiệp (Hoàng Ngọc Đồng, 2017) với hiệu suất cao và chi phí nhiên liệu thấp.

Dựa vào những nghiên cứu trước đây, có thể phân tích và đánh giá hiệu suất của bếp khí hóa bị ảnh hưởng bởi các thông số như độ ẩm nhiên liệu, thiết kế bếp và loại nhiên liệu sử dụng.

Các công thức và mô hình toán học được sử dụng để tính toán các thông số kỹ thuật của bếp như đường kính, chiều cao, thời gian tiêu thụ nhiên liệu và lưu lượng không khí. Các công thức này giúp đảm bảo rằng bếp khí hóa được thiết kế theo các tiêu chuẩn khoa học và đạt được hiệu suất cao nhất có thể.

2.3. Nghiên cứu thực nghiệm

Phương pháp bao gồm việc kiểm tra hiệu suất nhiệt của bếp khí hóa sinh khối thông qua các thí nghiệm đun sôi nước. Quá trình thí nghiệm được thực hiện theo các bước sau:

- Chuẩn bị nước: Đo và ghi lại khối lượng nước cần thiết. Lượng nước thường được sử dụng là 2-3 lít, phổ biến cho các hộ gia đình ở Việt Nam.

- Thiết lập bếp: Đặt nồi lên bếp và đổ lượng nước đã đo vào nồi. Đảm bảo bếp được thiết lập đúng cách và trong điều kiện chuẩn.

- Bắt đầu đun sôi: Bật bếp và bắt đầu ghi thời gian. Ghi lại nhiệt độ ban đầu của nước.

- Ghi lại thông số: Theo dõi và ghi lại thời gian cần thiết để nước đạt tới nhiệt độ sôi (100°C). Đo và ghi lại lượng nhiên liệu đã sử dụng trong quá trình đun sôi (nếu bếp sử dụng nhiên liệu như củi, gas).

Các thí nghiệm này được thực hiện theo hai giai đoạn: Khởi động lạnh năng lượng cao (Cold start) và khởi động nóng năng lượng cao (Hot start). Các thông số đo lường bao gồm nhiệt độ nước, thời gian đun, khối lượng nước còn lại, khối lượng nhiên liệu tiêu thụ và khối lượng tro than. Dữ liệu thu được từ các thí nghiệm này được sử dụng để tính toán hiệu suất nhiệt và đánh giá tính hiệu quả của các mẫu bếp thiết kế.

Trong quá trình thực nghiệm, cần tuân thủ nghiêm ngặt các biện pháp an toàn để đảm bảo an toàn cho người thực hiện và môi trường xung quanh:

- Chấp hành các nguyên tắc về phòng cháy, chữa cháy.

- Nghiêm túc chấp hành các bước thực hiện và quy trình thực hiện.

- Sử dụng dụng cụ bảo hộ như găng tay chịu nhiệt, khẩu trang, đảm bảo rằng ngọn lửa và tro than được dập tắt hoàn toàn sau khi hoàn thành thí nghiệm.

- Vệ sinh nơi thí nghiệm và kiểm tra kỹ trước khi rời đi.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Tính toán và thiết kế bếp dân sinh

Các thông số cơ bản của bếp được tính toán dựa trên các tài liệu tham khảo (Belonio, 2005, Getahun, Tessema et al., 2019):

Năng lượng cần thiết: Được tính dựa trên các khảo sát nhu cầu đun nấu hàng ngày của hộ gia đình 4 - 5 người. Giá trị năng lượng cần để nấu 5 lít nước trong 15 phút, 1kg gạo trong 30 phút, 1kg thịt trong 45 phút, 1kg rau trong 15 phút được tính theo công thức:

$$Q_n = \frac{M_f \cdot E_s}{T} \quad (1)$$



Trong đó: Q_n - Năng lượng cần thiết (Kcal/h),
 M_f - Khối lượng thức ăn để nấu (kg),
 E_s - Khối lượng riêng (Kcal/kg),
 T - Thời gian nấu (h).

Suất tiêu hao nhiên liệu trong 1 giờ - Lượng nhiên liệu cần thiết để bếp hoạt động trong quá trình nấu nướng, được tính theo công thức:

$$F_{CR} = \frac{Q_n}{H_{VF} \cdot \eta_g} \quad (2)$$

Trong đó, F_{cr} - tỷ lệ tiêu thụ nhiên liệu (kg/h),
 Q_n - năng lượng nhiệt cần thiết (Kcal/h),
 H_{VF} - giá trị nhiệt của nhiên liệu (Kcal/kg),
 η_g - hiệu suất lò khí hóa (%).

Đường kính bếp: Là đường kính của mặt cắt ngang nơi gỗ được đốt cháy. Đường kính này phụ thuộc vào lượng nhiên liệu tiêu thụ mỗi đơn vị thời gian (F_{cr}) và tỷ lệ khí hóa cụ thể (S_{gr}) của gỗ, và nó được xác định bằng phương trình:

$$D = \left(\frac{1.27 \cdot F_{cr}}{S_{gr}} \right)^{0.5} \quad (3)$$

Trong đó: D - Đường kính bếp (m),
 F_{cr} - tốc độ tiêu thụ nhiên liệu (kg/h),
 S_{gr} - tốc độ khí hóa riêng của vật liệu sinh khối (50-210 kg/m².h).

Tốc độ khí hóa riêng của các vật liệu sinh khối khác nhau nằm trong khoảng 40-210 kg/m².h.

Chiều cao của bếp:

$$H = \frac{S_{gr} \cdot T}{\rho} \quad (4)$$

Trong đó, H - Chiều cao của bếp, (m), T - Thời gian cần thiết tiêu thụ gỗ (h) và ρ - Khối lượng riêng của gỗ (kg/m³).

Thời gian tiêu thụ gỗ: Đây là tổng thời gian cần thiết để khí hóa hoàn toàn gỗ bên trong bếp:

$$T = \frac{\rho_g \cdot V_r}{F_{cr}} \quad (5)$$

Trong đó, T - Thời gian cần thiết để tiêu thụ gỗ (h),
 V_r - thể tích của bếp (m³),
 ρ_g - Khối lượng riêng của gỗ (kg/m³),
 F_{cr} là tốc độ tiêu thụ gỗ (kg/h).

Lưu lượng không khí cần cho quá trình khí hóa:

$$A_{fr} = \frac{\varepsilon \cdot F_{cr} \cdot S_A}{\rho_k} \quad (6)$$

Trong đó: A_{fr} - Lưu lượng khí, (m³/h)
 ε - hệ số không khí thừa (0,3 - 0,4),

F_{cr} - Tỷ lệ tiêu thụ gỗ (kg/h),
 S_A - tỷ lệ thành phần không khí so với gỗ,
 ρ_k - Khối lượng riêng không khí (kg/m³).

Tốc độ không khí bề mặt. Đây là tốc độ của luồng không khí trong lớp nhiên liệu. Tốc độ của không khí trong lớp gỗ sẽ tạo ra các dòng không khí, có thể ảnh hưởng lớn đến quá trình khí hóa. Tốc độ không khí phụ thuộc vào đường kính của bếp (D) và lưu lượng không khí (A_{fr}). Công thức tính:

$$V_s = \frac{4 \cdot A_{fr}}{\pi \cdot D^2} \quad (7)$$

Trong đó, V_s - Vận tốc không khí bề mặt (m/s),
 A_{fr} - Lưu lượng không khí (m³/h),
 D - Đường kính bếp (m).

Độ ẩm nhiên liệu - đây là yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất cháy và quá trình khí hóa. Độ ẩm cao có thể làm giảm nhiệt độ cháy, tạo ra nhiều khói và giảm hiệu suất chuyển đổi năng lượng. Mẫu nhiên liệu được đặt vào lò sấy và sấy ở nhiệt độ từ 105°C đến 110°C cho đến khi khối lượng mẫu không thay đổi. Độ ẩm được xác định theo công thức:

$$M_c = \frac{m - m_k}{m} \cdot 100 \quad (8)$$

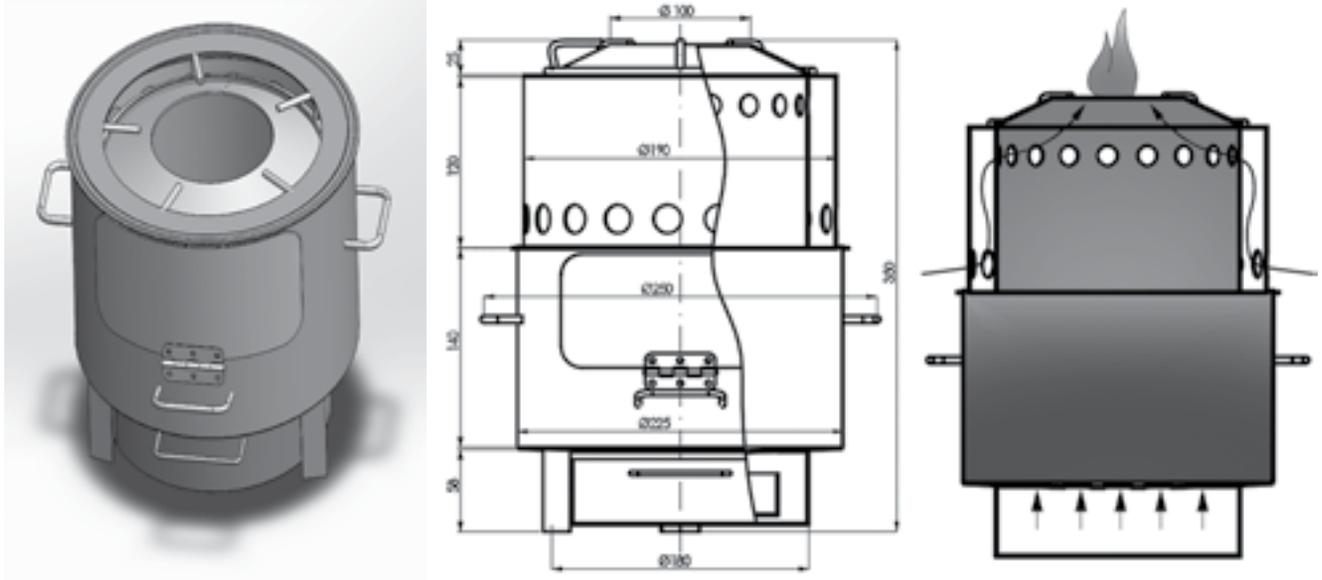
Trong đó: m - Khối lượng mẫu nhiên liệu ban đầu (kg),

m_k - khối lượng mẫu nhiên liệu sau khi sấy khô (kg).

Quá trình thiết kế chi tiết bếp BDS được thực hiện bằng phần mềm SolidWorks. Bếp có kích thước tổng thể D250xH350mm, gồm 2 phần chính là buồng đốt và buồng khí hóa.

Buồng khí hóa có kích thước D225x120x1,5mm, có cửa cấp liệu 120x70mm, mặt đáy khí hóa có các rãnh thoát tro rộng 20mm. Buồng tro kích thước D180x30x1mm được hàn kín với đáy buồng khí hóa, có cửa thoát tro kích thước 140x40x1mm. Khay tro di chuyển tịnh tiến qua cửa thoát tro, tạo luồng gió sơ cấp. Gió sơ cấp đi từ cửa thoát tro qua rãnh thoát tro dưới đáy buồng khí hóa đi lên.

Buồng đốt có kích thước vách trong D162 x 120 x 1,5mm với 1 hàng lỗ d15 cách đều nhau dẫn gió thứ cấp ra miệng bếp hòa trộn với khí nóng tạo ra ngọn lửa ở miệng bếp. Vách ngoài có kích thước D190 x 120 x 1,5mm với 1 hàng lỗ d20 cách đều nhau dẫn gió thứ cấp vào khoảng không gian giữa 2 vách. Buồng đốt được chế tạo tách rời với buồng khí hóa.



▲ Hình 1. Thiết kế và chế tạo BDS

Buồng đốt được thiết kế có kích thước nhỏ hơn so với buồng khí hóa để khi không sử dụng hoặc khi đóng gói vận chuyển có thể xếp lồng vào nhau nhằm thu gọn không gian sử dụng. Khi lắp ráp vận hành, buồng đốt và buồng khí hóa được khớp nối với nhau bằng mặt bích rời.

Nguyên lý hoạt động của BDS như sau: Nhiên liệu được đưa và buồng khí hóa qua cửa cấp liệu, sau đó đóng cửa cấp liệu. Cấp gió sơ cấp cho buồng khí hóa bằng cách mở cửa buồng tro. Dùng mỗi nhóm lửa tại lớp nhiên liệu trên cùng. Nhiên liệu cháy ở lớp trên sẽ gia nhiệt cho lớp dưới. Trong môi trường thiếu không khí, nhiên liệu sẽ sinh ra các chất khí cháy (CO , H_2 , ...). Các chất khí này bốc lên buồng đốt hòa trộn với gió thứ cấp qua các lỗ thông và tạo ngọn lửa cháy ở miệng bếp. Khi ngọn lửa cháy sẽ tạo lực hút tự nhiên dẫn dòng gió thứ cấp duy trì sự cháy. Tiếp theo là quá trình chế tạo và thử nghiệm.

Quá trình chế tạo: Đầu tiên, các tấm INOX 304 với độ dày 1,5 mm và 1,0 mm được lựa chọn cho các bộ phận khác nhau của bếp như buồng khí hóa, khay tro, cửa bếp... được cắt theo kích thước đã thiết kế trong bản vẽ bằng máy cắt CNC. Sau đó, các chi tiết này được hàn lại với nhau bằng kỹ thuật hàn MIG, giúp tạo ra các mối hàn chắc chắn và không bị rò rỉ.

Các chi tiết khác như tay cầm, chân đế và các chốt cài cũng được gia công cẩn thận để đảm bảo chắc chắn, dễ dàng vận hành. Sau khi lắp ráp hoàn chỉnh, bếp được kiểm tra tổng thể để đảm bảo không có sai sót về

kích thước, mối hàn, các chi tiết khác. Quá trình kiểm tra cũng bao gồm kiểm tra độ kín khí, độ chắc chắn của bếp để đảm bảo an toàn và hiệu quả sử dụng.

3.2. Thử nghiệm BDS

Để đánh giá hiệu suất của BDS, các thử nghiệm kiểm tra hiệu suất nhiệt được tiến hành theo hai giai đoạn: Khởi động lạnh và khởi động nóng. Trong giai đoạn khởi động lạnh, bếp được đun khi đang lạnh và nước đổ vào xoong khô ở nhiệt độ thường đến khi nước sôi. Các thông số như nhiệt độ nước ban đầu, thời gian đun, khối lượng nhiên liệu tiêu thụ và mức nhiệt độ được ghi lại. Giai đoạn khởi động nóng được thực hiện ngay sau quá trình khởi động lạnh, bếp được đun khi đang nóng và nước đổ vào xoong khô ở nhiệt



▲ Hình 2. Thử nghiệm bếp theo phương pháp đun sôi nước

Bảng 1. Số liệu đo lường trước thí nghiệm

Thông số	BDS	BTT
Khối lượng nước ban đầu, kg	2,5 kg	2,5 kg
Nhiệt độ nước ban đầu, °C	31	31
Nhiệt độ không khí, °C	31	31
Khối lượng nhiên liệu ban đầu, kg	1,2	1,5
Lượng nhiên liệu tiêu thụ (khởi động lạnh), kg	0,6	1,0
Lượng nhiên liệu tiêu thụ (đun sủi bọt), kg	0,4	0,4

Nguồn: Nhóm tác giả

Bảng 2. Số liệu đo lường trong quá trình thí nghiệm

Giai đoạn	Thời gian đun (phút)	Nhiệt độ đạt được (°C)	Khối lượng nước còn lại (kg)	Khối lượng nhiên liệu tiêu thụ BDS - BTT (kg)
Khởi động lạnh	8	100	2,42	0,6 - 1,0
Đun sủi bọt	5	100	2,35	0,4 - 0,4

Nguồn: Nhóm tác giả

độ phòng đến khi nước sôi, các thông số tương tự cũng được ghi lại.

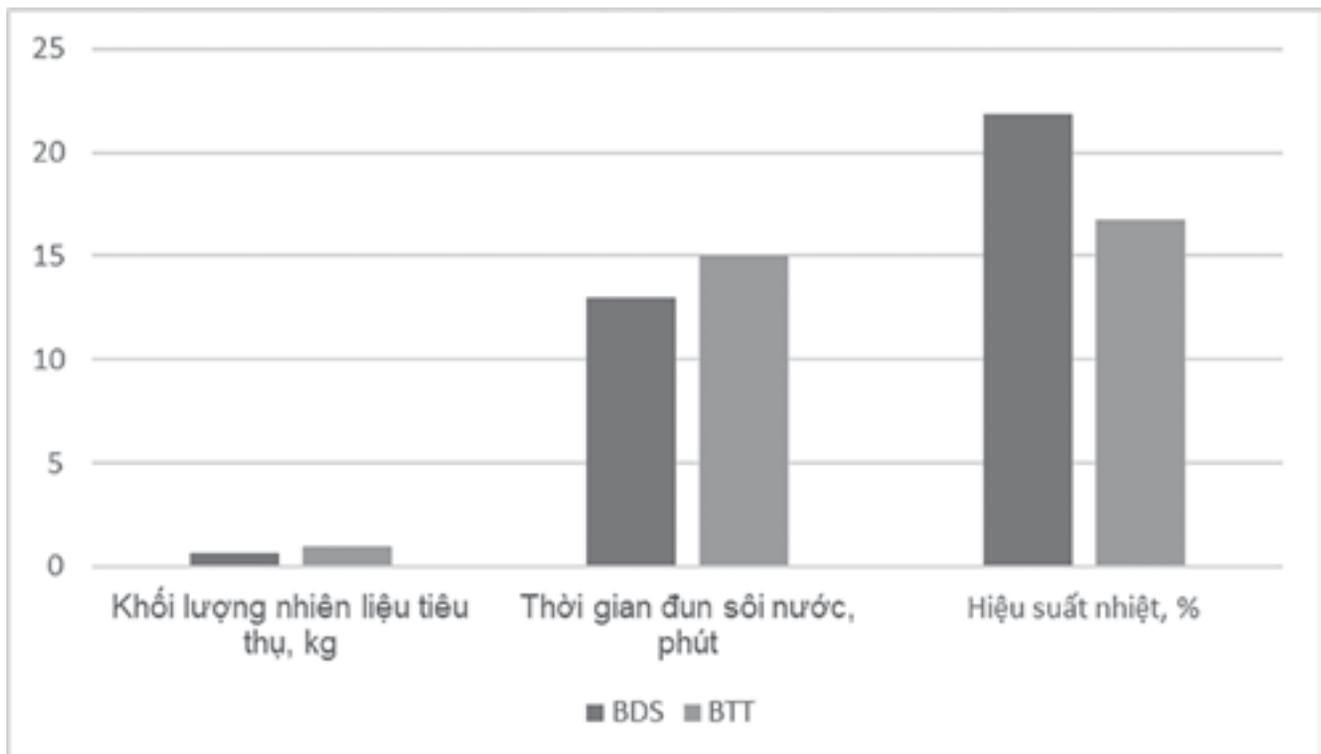
Bảng 1 là số liệu đo lường trước thí nghiệm cho thấy khối lượng nước ban đầu, nhiệt độ nước ban đầu, nhiệt độ không khí, khối lượng nhiên liệu ban đầu, lượng nhiên liệu tiêu thụ trong quá trình khởi động lạnh và đun sủi bọt.

Từ số liệu Bảng 1 có thể thấy ếp dân sinh sử dụng ít nhiên liệu hơn BTT ngay từ đầu (1,2kg so với 1,5kg). Điều này cho thấy bếp BDS có khả năng tiết kiệm nhiên liệu trong điều kiện khởi động ban đầu. Trong quá trình khởi động lạnh, nhiên liệu tiêu thụ của bếp BDS là 0,6kg so với 1,0kg của bếp BTT, như vậy BDS có khả năng khởi động hiệu quả hơn, giảm thiểu lượng nhiên liệu cần thiết cho quá trình này. Ở giai đoạn đun sủi

Bảng 3. Số liệu kết quả sau thí nghiệm

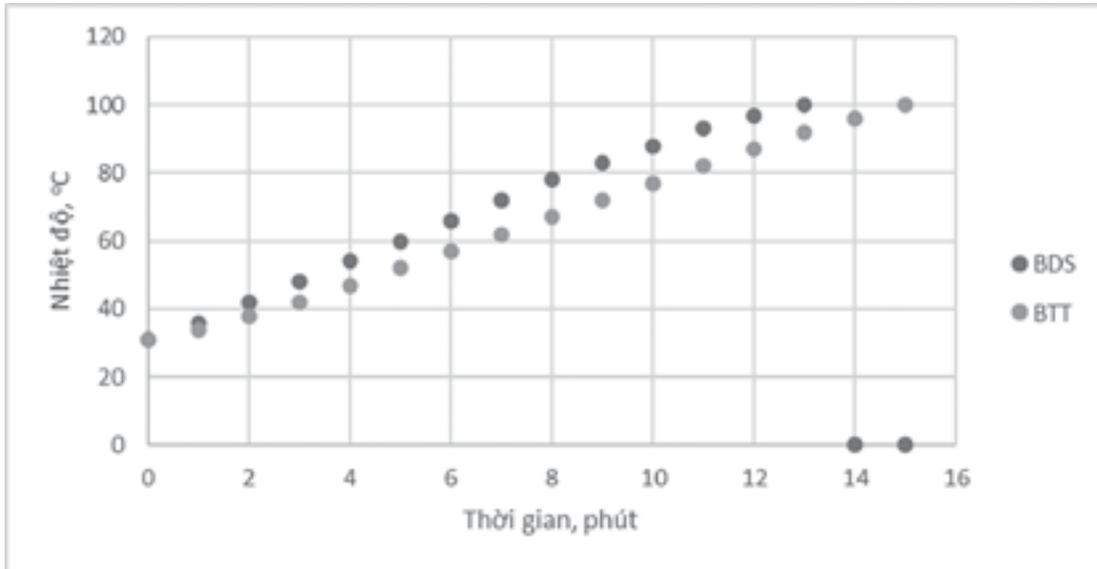
Thông số	BDS	BTT
Khối lượng nước sau khi đun sôi, kg	2,35	2,3
Lượng nhiên liệu còn lại, kg	0,2	0,3
Khối lượng tro than, kg	0,1	0,2
Thời gian hoàn thành, phút	13	15
Độ ẩm nhiên liệu, %	17-19	17-19

Nguồn: Nhóm tác giả



▲ Hình 2. Đồ thị so sánh thời gian đun sôi nước và hiệu suất nhiệt của BDS – BTT

Nguồn: Nhóm tác giả



▲ Hình 3. Thời gian đun sôi nước của BDS-BTT

Nguồn: Nhóm tác giả

bọt, cả 2 bếp đều tiêu thụ một lượng nhiên liệu là 0,4kg. Qua đó cho thấy khả năng duy trì nhiệt độ sôi bọt của cả hai bếp là tương đương nhau.

Bảng 2 là số liệu đo lường trong quá trình thí nghiệm cung cấp thông tin về thời gian đun, nhiệt độ đạt được, khối lượng nước còn lại và khối lượng nhiên liệu tiêu thụ trong các giai đoạn khác nhau. Số liệu ghi nhận kết quả thực nghiệm được trình bày ở Bảng 3.

Số liệu ở Bảng 2 và Bảng 3 cho thấy, trong quá trình khởi động lạnh, khối lượng nước còn lại trong bếp BDS là 2,42kg, nhiều hơn BTT là 2,3kg. Như vậy, trong quá trình khởi động, BDS có thể giữ lại nhiều nước hơn, duy trì nhiệt hiệu quả hơn.

Lượng nhiên liệu còn lại của BDS là 0,2kg ít hơn bếp BTT là 0,3kg, điều này có nghĩa là BDS đã sử dụng hiệu quả phần lớn nhiên liệu được cung cấp, biến đổi nhiều nhiên liệu thành năng lượng nhiệt hơn.

Khối lượng tro than mà BDS tạo ra ít hơn so với BTT, điều này cho thấy rằng quá trình đốt cháy của BDS hoàn thiện hơn, ít chất thải hơn.

Thời gian hoàn thành quá trình đun sôi của BDS nhanh hơn BTT (13 và 15 phút), cho thấy tốc độ đun sôi của BDS nhanh hơn, hiệu quả hơn.

Đồ thị trên cho thấy ưu điểm nổi bật của bếp BDS với hiệu suất nhiệt cao hơn, sử dụng ít nhiên liệu hơn và thời gian đun sôi nước ngắn hơn so với bếp BTT.

Quá trình đun sôi nước của 2 loại bếp được thể hiện qua đồ thị Hình 3. Nhiệt lượng mà bếp BDS tạo ra

nhanh hơn so với BTT. Điều này giúp giảm thời gian đun nấu, tăng hiệu quả sử dụng.

Hiệu suất nhiệt của BDS được tính toán dựa trên dữ liệu thí nghiệm:

$$\eta = \frac{\text{Năng lượng cung cấp cho nước}}{\text{Năng lượng tiêu thụ bởi bếp}} \times 100\%$$

Trong đó:

Năng lượng cung cấp cho nước (Kcal) được tính bởi nhiệt dung riêng của nước, khối lượng nước và sự thay đổi nhiệt độ.

Năng lượng tiêu thụ bởi bếp (Kcal) được tính bằng năng lượng của nhiên liệu tiêu thụ hoặc điện năng tiêu thụ.

Kết quả thu được BDS đạt hiệu suất 21,9%, cao hơn so với BTT chỉ đạt 16,8%. Điều này chứng tỏ bếp khí hóa sinh khối (BDS) không chỉ tiết kiệm nhiên liệu mà còn giảm thiểu khí thải độc hại, góp phần BVMT và cải thiện sức khỏe người sử dụng.

So sánh giữa BDS và BTT cho thấy bếp BDS không chỉ tiết kiệm nhiên liệu mà còn giảm thiểu khí thải độc hại, góp phần BVMT và cải thiện sức khỏe người sử dụng. Bếp BDS cũng có thời gian đun nhanh hơn và hiệu suất nhiệt cao hơn.

Kết quả trên cho thấy, BDS là một lựa chọn phù hợp cho nhu cầu nấu ăn hàng ngày của các hộ dân khu vực nông thôn, miền núi.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã tính toán, thiết kế được bếp khí hóa sinh khối BDS phục vụ nhu cầu nấu nướng



hàng ngày phù hợp với điều kiện sinh sống của những hộ dân khu vực nông thôn, miền núi, nơi mà phần lớn nguồn sinh khối gỗ sẵn có được sử dụng làm chất đốt. Các thử nghiệm thực tế đã được tiến hành và chứng minh hiệu quả của bếp khí hóa so với BTT. Nghiên cứu đã ứng dụng được công nghệ khí hóa trong tính toán thiết kế bếp giúp tiết kiệm nhiên liệu và giảm thiểu khí thải độc hại ra môi trường. Ngoài ra, bếp được thiết kế với kích thước phù hợp để có thể giảm bớt diện tích sử dụng giúp quá trình đóng gói, vận chuyển dễ dàng. Tuy nhiên, nghiên cứu chỉ mới thử nghiệm trong phạm vi nhỏ và trong điều kiện thực địa cụ thể. Do đó, cần

có thêm những nghiên cứu khác để đánh giá hiệu quả của bếp. Một số yếu tố mở rộng như cải thiện hiệu suất nhiệt, sử dụng thêm các loại sinh khối khác cũng cần được phân tích, nghiên cứu để mở rộng phạm vi ứng dụng của bếp. Bên cạnh đó, để phát triển, nhân rộng mô hình bếp khí hóa sinh khối cũng cần được sự hỗ trợ từ các nhà quản lý và hoạch định chính sách, với mục tiêu giảm ô nhiễm không khí, bảo vệ sức khỏe cộng đồng và cải thiện chất lượng cuộc sống người dân khu vực nông thôn, miền núi ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Adem Tibesso Kole, B. A. Z., Endeshaw Alemu Bekele, Ancha Venkata Ramayya (2022). "Design, development, and performance evaluation of husk biomass cook stove at high altitude condition." *International Journal of Thermofluids* 16.
2. Ankit Gupta, A. N. V. M., Sneha Gautam, Wasim TaneKhan, Sangaratna S. Waghmare, Nitin K. Labhasetwar (2020). "Development of a practical evaluation approach of a typical biomass cookstove." *Environmental Technology & Innovation* 17: 100613.
3. Belonio, A. T. (2005). *Rice Husk Gas Stove Handbook*. Iloilo City, Philippines, Appropriate Technology Center, Department of Agricultural Engineering and Environmental Management, College of Agriculture, Central Philippine University.
4. Dickinson, K. L., R. Piedrahita, E. R. Coffey, E. Kanyomse, R. Alirigia, T. Molnar, Y. Hagar, M. P. Hannigan, A. R. Oduro and C. Wiedinmyer (2019). "Adoption of improved biomass stoves and stove/fuel stacking in the REACTING intervention study in Northern Ghana." *Energy Policy* 130: 361-374.
5. Getahun, E., D. Tessema and N. Gabbiye (2019). *Design and Development of Household Gasifier Cooking Stoves: Natural Versus Forced Draft*, Cham, Springer International Publishing.
6. Hoàng Ngọc Đồng, H. N. Đ. (2017). "Một số kết quả nghiên cứu bếp hóa khí sinh khối quy mô hộ gia đình." *Tạp Chí Khoa học Và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng* 9(118.2): 6-9.
7. Hoàng Ngọc Đồng, N. V. Q. C. (2015). "Một số kết quả nghiên cứu bếp hóa khí sinh khối." *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng* 11(96).
8. Karanja, A. and A. Gasparatos (2020). "Adoption of improved biomass stoves in Kenya: a transect-based approach in Kiambu and Muranga counties." *Environmental Research Letters* 15(2): 024020.
9. Kumar, H. and N. L. Panwar (2019). "Experimental investigation on energy-efficient twin-mode biomass improved cookstove." *SN Applied Sciences* 1(7): 760.
10. Lê Đức Dũng, V. V. N. (2015). "Nghiên cứu phát triển bếp đun khí hóa trấu cải tiến nhằm nâng cao hiệu suất, giảm phát thải CO và bụi." *Tạp chí Năng lượng Nhiệt* 125.
11. Michael Barbour, D. U., Sam Bentson, Anamol Pundle, Casey Tackman, David Evitt, Paul Means, Peter Scott, Dean Still, John Kramlich, Jonathan D. Posner, Daniel Lieberman (2021). "Development of wood-burning rocket cookstove with forced air-injection." *Energy for Sustainable Development* 65: 12-24.
12. Orisaleye, J., O. Adefuye, A. Ogundare, O. Fadipe and A. A. Ope (2018). "Performance evaluation of an inverted downdraft biomass gasifier cook-stove." *Engineering and Technology Research Journal* 3: 48-55.
13. Osei, I., F. Kemausuor, M. K. Commeh, J. O. Akowuah and L. Owusu-Takyi (2020). "Design, Fabrication and Evaluation of Non-Continuous Inverted Downdraft Gasifier Stove Utilizing Rice husk as feedstock." *Scientific African* 8: e00414.
14. TCTK (2023). Báo cáo tình hình kinh tế - xã hội tháng mười hai và năm 2023, Tổng cục thống kê.
15. TCTK (2023). Thông cáo báo chí về tình hình dân số, lao động việc làm quý IV và năm 2023, Tổng cục thống kê.
16. Umar Museheeh Lahai, E. A. O., Samuel Gyamfi, Felix Amankwah Diawuo, Harold Ayodele Patrick Kallon (2022). "Technical Considerations for the Design and Selection of Improved Cookstoves: A Review." *International Journal of Engineering Trends and Technology* 70(12): 439-449.
17. UNDP-WHO (2009). *The Energy Access Situation in Developing Countries: A Review Focusing on the Least-Developed Countries and Sub-Saharan Africa*. New York, United Nations Development Programme.
18. WHO (2021). *Household Air Pollution and Health*.
19. Yunusa, S. U., E. Mensah, K. Preko, S. Narra, A. Saleh and S. Sanfo (2024). "A comprehensive review on the technical aspects of biomass briquetting." *Biomass Conversion and Biorefinery* 14(18): 21619-21644.