

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO HỆ THỐNG THIẾT BỊ XỬ LÝ CHẤT THẢI CHĂN NUÔI QUY MÔ CÔNG NGHIỆP

RESEARCH ON DESIGN AND MANUFACTURE OF LIVESTOCK WASTE TREATMENT SYSTEM AT INDUSTRIAL SCALE

Nguyễn Đình Tùng^{1,2}

¹Trường Đại học Công nghiệp Việt – Hung

²Viện Nghiên cứu Thiết kế Chế tạo Máy nông nghiệp

Email liên hệ: tungbo1983@gmail.com

TÓM TẮT

Nội dung bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo hệ thống thiết bị xử lý chất thải rắn từ chăn nuôi lợn ở quy mô công nghiệp. Kết quả này đưa ra được thị trường Việt Nam một “mẫu” thiết bị hiện đại đồng bộ, có nhiều tính mới, tính khoa học về công nghệ so với các mẫu thiết bị tương tự trên thị trường Việt Nam có nguồn gốc nhập khẩu từ Trung Quốc, Hàn Quốc, Cộng hòa Liên bang Đức, ví dụ như: hệ thống cấp khí và cân bằng áp suất trong buồng ủ; thiết bị đảo liệu linh hoạt; chất lượng đảo trộn nguyên liệu được đồng đều; tự động cấp khí nóng, lạnh; tự động điều chỉnh được nhiệt độ khí cấp vào buồng ủ, ... Ngoài ra, hệ thống thiết bị xử lý chất thải rắn chăn nuôi có kết nối với thiết bị lọc khí khử mùi theo phương pháp lọc hữu cơ, vì vậy đảm bảo đáp ứng yêu cầu về môi trường khí thải. Công suất của hệ thống 30 tấn/modul phù hợp với các trang trại chăn nuôi lớn, công ty chăn nuôi quy mô công nghiệp, với quy mô này đem lại hiệu quả đầu tư và kinh tế khi đưa vào vận hành sản xuất.

Từ khóa: Chất thải rắn chăn nuôi; Hệ thống xử lý chất thải chăn nuôi; Hệ thống ủ phân.

ABSTRACT

The content of the article presents the results of research on the design and manufacture of a system of equipment for treating solid waste from pig farming on an industrial scale. This result brings to the Vietnamese market a modern, synchronous “model” of equipment with many novelties and scientific technology compared to similar equipment models on the Vietnamese market imported from China, Korea, and the Federal Republic of Germany, for example: air supply system and pressure balance in the incubation chamber; flexible material mixing equipment; uniform quality of mixing raw materials; automatic hot, cold air supply; automatic adjustment of air temperature supplied to the incubation chamber, etc. In addition, the system of equipment for treating solid waste from livestock farming is connected to an air filter and deodorizer using the organic filtration method, thus ensuring compliance with environmental requirements for exhaust gas. The system capacity of 30 tons/module is suitable for large livestock farms and industrial-scale livestock companies. This scale brings investment efficiency and economy when put into production operation.

Keywords: Livestock solid waste; Livestock waste treatment system; Composting system.

1. MỞ ĐẦU

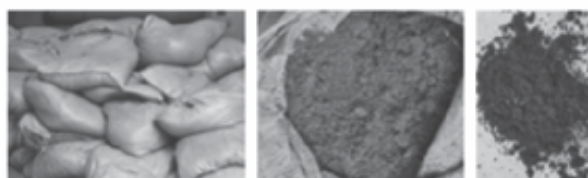
Việt Nam là đất nước sản xuất nông nghiệp, trong đó chăn nuôi chiếm tỷ trọng cao trong chuỗi sản xuất nông nghiệp, đóng góp một phần vào tăng trưởng kinh tế trong những năm gần đây. Để có sự tăng trưởng đó, những năm gần đây quy mô và năng suất chăn nuôi gia súc ngày một tăng và mở rộng. Tuy nhiên, do tập quán và thói quen truyền thống của đất nước nông nghiệp đã “ăn sâu” vào tiềm thức của người nông dân, ngoài ra người nông dân Việt Nam chưa có điều kiện để được đào tạo và tiếp cận khoa học kỹ thuật một cách “khoa học, bài bản” như các nước trên thế giới. Vì thế, chăn nuôi vẫn theo hình thức “tự phát”, theo kinh nghiệm và phân tán, công nghệ chăn nuôi lạc hậu, ít đầu tư về công nghệ, thiết bị. Hơn nữa, chất thải rắn chăn nuôi thải ra đều không qua xử lý mà phân lớn thải trực tiếp ra môi trường, vì vậy gây ô nhiễm môi trường và làm thất thoát nguồn “tài nguyên” quý giá mà ta hoàn toàn có thể sử dụng để sản xuất thành phân bón hữu cơ chất lượng cao [1].

Để tăng hiệu quả kinh tế cho các cơ sở, doanh nghiệp chăn nuôi gia súc và giảm thiểu ô nhiễm môi trường thì việc nghiên cứu tiềm năng và nguồn chất thải từ chăn nuôi, khảo sát công nghệ xử lý và thiết lập/xây dựng phương án công nghệ, thiết bị để “khuyến cáo” cho các nhà đầu tư cần ứng dụng đồng bộ công nghệ từ khâu chăn nuôi, chế biến và xử lý chất thải chuyển thành nguồn phân bón hữu cơ vi sinh chất lượng cao sử dụng cho các loại cây trồng nông nghiệp của Việt Nam trong tương lai là rất cần thiết. Bởi vậy, nhiệm vụ khoa học này ra đời/thực hiện có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao, góp phần thúc đẩy ứng dụng khoa học và công nghệ vào trong sản xuất nông nghiệp công nghệ cao làm ổn định kinh tế và tạo công ăn việc làm cho xã hội nói chung và cho các

địa phương có tỷ lệ chăn nuôi cao nói riêng [1, 2]. Trước thực trạng như vậy, việc nghiên cứu thiết kế chế tạo hệ thống thiết bị xử lý chất thải rắn từ chăn nuôi lợn quy mô công nghiệp để đưa ra thị trường Việt Nam “mẫu” hệ thống dây chuyền thiết bị có nhiều ưu điểm và nổi trội về đặc tính công nghệ, chi phí đầu tư, vận hành so với thiết bị nhập khẩu là cần thiết và có ý nghĩa khoa học, thực tiễn cao, sẽ đáp ứng được yêu cầu thực tiễn đòi hỏi.

2. VẬT LIỆU, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- Vật liệu nghiên cứu: Nguồn phân lợn được lấy từ chuồng trại; Hệ thống thiết bị xử lý phụ phẩm chăn nuôi gia súc thành nguyên liệu sản xuất phân bón vi sinh hữu cơ chất lượng cao quy mô công nghiệp; Các dụng cụ hỗ trợ lấy mẫu [1].



Hình 1. Hình ảnh nguyên liệu trước khi xử lý sau khi ép giảm ẩm [1]

- Phương pháp nghiên cứu: Phương pháp nghiên cứu lý thuyết (tính toán) được sử dụng trong nghiên cứu này dựa trên thiết kế hệ thống thiết bị xử lý dạng khép kín tự động [1].

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

3.1. Kết quả tính toán

- Kết cấu đường ống dẫn khí: Đường ống dẫn không khí làm nhiệm vụ đưa không khí từ quạt gió tới các miệng thổi gió (đường

ống cấp gió), hoặc từ miệng hút tới quạt gió hoặc quạt thổi gió; nghĩa là bao gồm: đường ống dẫn gió chính; các ống nhánh trên đường ống cấp gió; đường ống gió hồi; đường ống thải gió,... [3-5].

- Hệ thống kênh ngầm: Trong nghiên cứu này, các kênh dẫn gió ngầm có tiết diện ngang hình chữ nhật, hình vuông, ống định hình dạng tròn. Các kênh ngầm thường được xây dựng đồng bộ cùng với toàn bộ buồng ủ [3-5].

- Quan hệ giữa cột áp tĩnh và tốc độ không khí ở miệng thổi: Như đã biết, vị trí tốc độ không khí ở vùng làm việc v_L là một đặc trưng quan trọng đối với hệ thống phân phối không khí và do trị số tốc độ ra v_x quyết định. Trị số v_x được định nghĩa [3-5]:

$$v_x = \frac{g_x}{f_x}, \text{ m/s}$$

Trong đó: f_x – Diện tích tiết diện ngang của miệng thổi, m^2 ; g_x – Lưu lượng không khí qua miệng thổi, m^3/s .

- Phân bố cột áp tĩnh trên đường ống hút: Phương trình Bernoulli viết cho tiết diện có miệng hút đầu tiên (cột áp tĩnh H_1 , tốc độ dòng trong ống dẫn ω_1 vào cho tiết diện có miệng hút thứ n (H_n , ω_n) có dạng [3-5]:

$$H_1 + \frac{\rho \cdot \omega_1^2}{2} = H_n + \frac{\rho \cdot \omega_n^2}{2} + \sum \Delta p \quad (1)$$

Hay:

$$H_n = H_1 - \frac{\rho}{2} (\omega_n^2 - \omega_1^2) - \sum \Delta p, \text{ Pa} \quad (2)$$

- Tính toán lựa chọn công nghệ và thiết bị sơ chế compost từ phân gia súc (lợn): ở đây tính toán cho quy mô năng suất $Q = 30$ tấn/

modul/ngày (đầu vào), đầu ra $Q = 15$ tấn/ngày (sau ủ). Theo công nghệ sơ chế biến compost từ phân lợn với năng suất $Q = 50$ tấn tươi/ngày, khối lượng riêng của nguyên liệu đầu vào tính trung bình $m = 900 \text{ kg/m}^3$.

- Tính toán một số thông số công nghệ: Nguyên liệu được nạp với chiều cao $h = 1,2\text{m}$. Hệ thống cào liệu và gạt liệu được điều khiển tự động hoàn toàn, nạp hết buồng này đến buồng khác (khi có nhiều buồng).

- Tính toán/lựa chọn nguyên lý, kết cấu ống, đầu cấp khí cho buồng ủ:

Nguyên tắc thiết kế/lựa chọn phân phối/cấp gió vào buồng ủ: Mục tiêu là lượng khí (nóng, lạnh) được cấp vào buồng ủ từ phía dưới cần được phân phối đều trên diện tích sàn buồng ủ, hơn nữa khí cần được len lỏi đều qua lớp nguyên liệu ủ càng đều càng tốt, như vậy sẽ “kích thích” quá trình lên men nhanh hơn. Vì vậy, nguyên lý của “đầu cấp/đầu phun khí và phải phù hợp để sao cho hạn chế nguyên liệu bít vào lỗ cấp khí. Ngoài ra, vận tốc khí cũng phải đảm bảo đủ lớn để “xuyên” qua lớp nguyên liệu. Theo kết quả nghiên cứu của một số tác giả trong lĩnh vực “công nghệ tăng sôi”, ta thấy vận tốc của dòng khí thông thường nằm trong khoảng (0,15 đến 1,25 m/s) tùy thuộc vào diện tích của sàn cấp khí (ở đây là diện tích buồng ủ) và kích thước độ lớn của “hạt” nguyên liệu. Ở đây, buồng ủ có diện tích lớn, hơn nữa kích thước hạt nguyên liệu nhỏ, ngoài ra nguyên liệu còn có độ ẩm lớn, vì thế dòng khí sẽ rất khó để xuyên qua lớp nguyên liệu trong buồng ủ với chiều cao lớp nguyên liệu cần ủ (cần xử lý) từ 1,0 đến 1,2m [3-7].

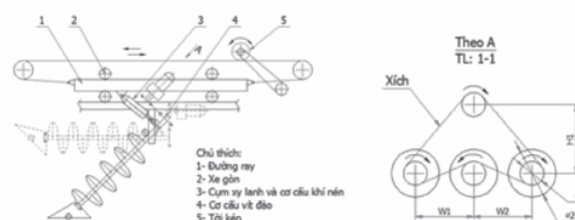
Trong trường hợp này, khí được dẫn bằng các đường ống và phân phối trực tiếp vào luồng được bố trí trong buồng ủ. Ta có thể duy

trì tốc độ khí trong vòi phun vượt quá tốc độ thoát ra của hơi ẩm (hơi nóng ẩm) để tránh sự thổi ngược nào có thể xảy ra [5-7].

Vì thể tích của khí trong dàn ống nhỏ hơn đáng kể so với trong buồng cấp khí lớn, khả năng nổ cũng giảm đáng kể. Một phương pháp thay thế để tránh nguy cơ nổ là bơm/cấp khí trực tiếp vào các vòi phun không khí của buồng ủ là rất hợp lý [5-7].

- Tính toán lựa chọn nguyên lý thiết bị đảo trộn: Từ cơ sở lý thuyết tính toán, xây dựng, thiết lập sơ đồ nguyên lý cho máy đảo

trộn compost trong buồng ủ được thể hiện như trên Hình 2 sau [1].



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý máy đảo trộn compost sử dụng cho buồng ủ 20-30 tấn/bin/lần xử lý [1]

Kết quả quá trình tính toán được thống kê như trong bảng 1 dưới đây.

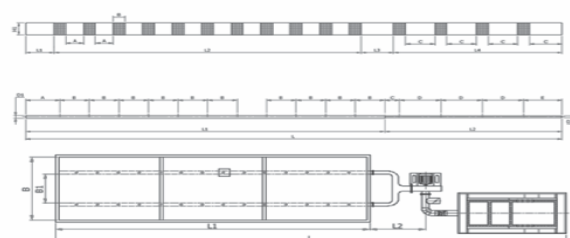
Bảng 1. Kết quả tính toán thiết bị đảo trộn di động

TT	Thông số kỹ thuật	Đơn vị	Ký hiệu	Giá trị
1	Thời gian đảo	Phút	T	1-2
2	Công suất động cơ tời kéo cho cụm thiết bị đảo trộn	kW	N	2,2
3	Tốc độ động cơ tời kéo cho cụm thiết bị đảo trộn	v/ph	n	30
4	Số trục vít đảo	Cái	a	3
5	Góc nghiêng β của trục vít đảo so với phương thẳng đứng	Độ	β	75
6	Đường kính ngoài của cánh vít	m	D	0,55
7	Đường kính trong của trục vít	m	d	0,45
8	Tốc độ quay của trục vít	v/phút	n	100
9	Công suất đảo trộn của thiết bị đảo trộn	kW	N	15

3.2. Kết quả thiết kế

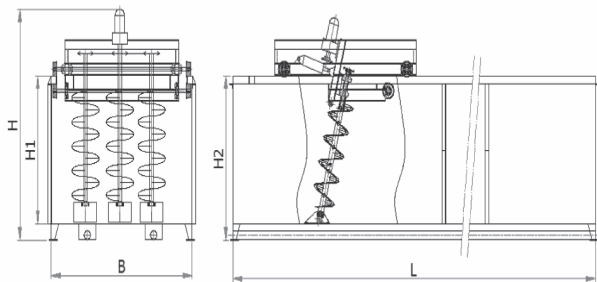
Cơ sở khoa học để thiết kế các máy móc trong hệ thống dựa trên các kết quả tính toán nêu trên. Từ đó làm cơ sở để xây dựng/thiết kế bản vẽ chung cũng như các bản vẽ cụm chi tiết, chi tiết chính cho các máy móc trong hệ thống. Kết quả thiết kế được thể hiện thông qua các bản vẽ tổng thể/bản vẽ lắp, bản vẽ chi tiết cho toàn bộ thiết bị, cụm chi tiết, chi tiết được đính kèm thuyết minh này. Dưới đây, tác giả trình bày tóm lược một số kết quả chính về thiết kế hệ thống [1].

- Đường ống, kênh cấp khí: Trong nội dung này trình bày kết quả thiết kế chế tạo đối với cụm đường ống cấp khí. Hình 3 là kết quả thiết kế đối với cụm đường ống cấp khí [1].



Hình 3. Kết quả xây dựng bản vẽ tổng thể thiết kế kênh và đường ống cấp khí [1]

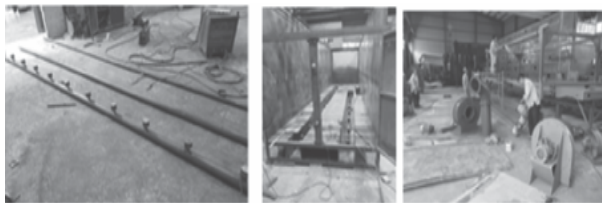
- Thiết bị đảo trộn: Từ kết quả tính toán đối với thiết bị đảo trộn compost trong buồng ủ như trên, tác giả đã thiết kế bản vẽ cho máy đảo trộn compost trong buồng ủ được thể hiện như trên Hình 4 sau [1].



Hình 4. Kết quả xây dựng bản vẽ tổng thể thiết kế cụm thiết bị đảo trộn [1]

3.3. Kết quả chế tạo và lắp đặt hệ thống

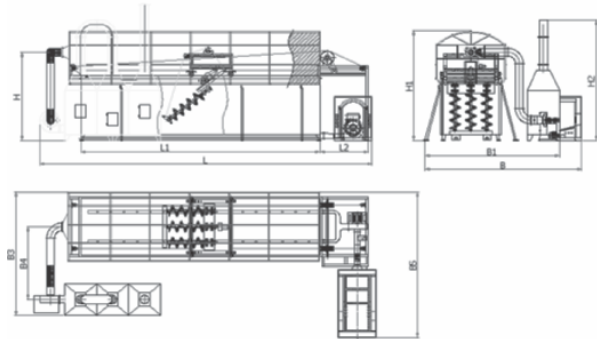
Trên Hình 5 đến Hình 8 trình bày/thể hiện kết quả chế tạo và lắp đặt hệ thống thiết bị ủ/xử lý phân lợn làm nguyên liệu sản xuất phân bón hữu cơ chất lượng cao [1].



Hình 5. Hình ảnh kết quả chế tạo sàn buồng ủ và kênh, ống dẫn, cấp khí [1]



Hình 6. Hình ảnh kết quả chế tạo thân buồng ủ và cụm thiết bị đảo liệu [1]



Hình 7. Kết quả xây dựng bản vẽ thiết kế và lắp đặt tổng thể toàn bộ hệ thống thiết bị [1]



Hình 8. Hình ảnh kết quả chế tạo và lắp đặt toàn bộ hệ thống thiết bị [1]

4. KẾT LUẬN

Nội dung bài báo đã đưa ra được kết quả nghiên cứu tính toán, thiết kế, chế tạo và lắp đặt hoàn chỉnh hệ thống thiết bị buồng ủ để xử lý chất thải chăn nuôi (ở đây là phân lợn) quy mô công nghiệp, năng suất 30 tấn/modul/bin ủ, với nhiều tính mới từ khâu cấp khí, đảo liệu;

Đã đưa ra trên thị trường Việt Nam “mẫu” hệ thống thiết bị có nhiều điểm nổi trội so với thiết bị nhập khẩu từ Hàn Quốc, Trung Quốc, Cộng hòa Liên bang Đức về tính ưu việt trong công nghệ, giá thành đầu tư ban đầu cho doanh nghiệp, chi phí vận hành trong quá trình sản xuất và bảo dưỡng, thay thế, chăm sóc sau bán hàng;

Giảm “chảy máu ngoại tệ” ra thị trường nước ngoài; đặc biệt là làm chủ được công nghệ chế tạo đối với ngành cơ khí chế tạo trong nước.

Nên tiếp tục nghiên cứu tính toán, thiết kế đối với hệ thống thiết bị xử lý cho các phụ phẩm, chất thải khác và xét đến phương án ứng dụng điều khiển tự động (IoT) theo xu thế ứng dụng công nghiệp 4.0; Ứng dụng điều khiển điện thoại từ xa và lưu trữ dữ liệu.

Lời cảm ơn:

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Viện Nghiên cứu Thiết kế Chế tạo Máy nông nghiệp (Viện Riam) và Bộ Công Thương đã cấp kinh phí để Viện Riam thực hiện đề tài nghiên cứu cấp Bộ mã số: Mã số: 158.21.ĐT.BO/HĐKH-CN. ❖

Ngày nhận bài: **23/10/2025**

Ngày phản biện: **30/10/2025**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Nguyễn Đình Tùng, Nguyễn Văn Tiến và cs. (2024), Báo cáo tổng kết Nhiệm vụ NCKH cấp Bộ “*Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo hệ thống thiết bị xử lý phụ phẩm chăn nuôi gia súc thành nguyên liệu sản xuất phân bón vi sinh hữu cơ chất lượng cao quy mô công nghiệp*”, mã số: 158.21.ĐT.BO/HĐKH-CN.

- [2]. Kowalski, Z., Makara, A., Matysek, D., Hoffmann, J., Hoffmann, K., (2013), “*Pig manure treatment by filtration*”. Acta Biochim. Pol. 60, 839e844.
- [3]. Schiller, L., Hahnemann, H.W., Linke, W., “*Strömung durch Rohre*”. In: Schmidt, W. (Hrsg.) Landolt-Börnstein, Bd. 4, 6. Aufl. Springer, Berlin (1995).
- [4]. Schmidt, E.F., “*Wärmeübertragung und Druckverlust in Rohrschlangen*”. Chemie-Ing-Techn. 39, 781-789 (1996).
- [5]. Gnielinski, V., “*Berechnung des Druckverlustes in glatten konzentrischen Ringspalten bei ausgebildeter laminarer u. turbulenter isothermer Strömung*”. Chem.-Ing.-Tech. (2007).
- [6]. Aziz, S.Q., Imad, A.O. and Mustafa, J.S. (2018), “*Design And Study For Composting Process Site*”. International Journal of Engineering Inventions.7(9): 9-18.
- [7]. Chaher, N.E.H., Chakchou, M., Engler, N., Nassour, A., Nelles, M. and Hamdi, M. (2020), “*Optimization of Food Waste and Biochar In-Vessel Co-Composting*”. Sustainability. 12: 1-20.