

Experimental Study of Factors Affecting Air Temperature After Sub-Cooled Condenser Using Fired Brick Sprinkler by Robust Design Methods

Hung-Son Dang*, Thi-Anh-Tuyet Nguyen, Phi-Trung Nguyen

Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam

* Corresponding author. Email: sondh1986@gmail.com

ARTICLE INFO

Received: 07/09/2022
Revised: 05/10/2022
Accepted: 20/10/2022
Published: 28/10/2022

KEYWORDS

HVAC;
Taguchi;
ANOVA;
Optimization;
Robust design.

ABSTRACT

The factors affecting the air temperature after the condenser with auxiliary cooling using fired bricks sprinkler based on the experimental investigation of the difference in air temperature before and after the condenser was investigated in this study. In order to make comments, and evaluate the operating status of the equipment, the best solutions can be given in operation, maintenance, equipment upgrading, and energy saving. Using robust design methods, reputable statistical tests are Taguchi and ANOVA together with 3D modeling support software (INVENTOR) and numerical and statistical computing software (MINITAB). From there, proceed to build a condenser model, experiment, and process data. After performing experiments and testing by statistical methods, the optimal model results for the room temperature field to be cooled are A1B1C1D1E1F2 (position of A1 fired bricks (horizontal bricks), material structure data B1 (2-hole fired bricks), set temperature at evaporator C1 (22°C), time of day D1 (measurement option at noon), the distance between bricks E1 (5cm apart), F2 brick arrangement (parallel) is the best combination for the ability to cool the air after the condenser. The difference in air temperature before and after leaving the condenser is $\Delta T=6.1^\circ\text{C}$, with the temperature before and after exiting the device being $34,65^\circ\text{C}$; $28,55^\circ\text{C}$, respectively. Which, the brick arrangement specification factor (F) has the greatest influence on the ability to cool the air after the condenser.

Nghiên Cứu Thực Nghiệm Yếu Tố Ảnh Hưởng Tới Nhiệt Độ Không Khí Sau Thiết Bị Ngưng Tụ Có Làm Mát Phụ Dùng Gạch Nung Rưới Nước

Đặng Hùng Sơn*, Nguyễn Thị Ánh Tuyết, Nguyễn Phi Trung

Trường Đại học Sư phạm Kỹ Thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

* Tác giả liên hệ. Email: sondh1986@gmail.com

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 07/09/2022
Ngày hoàn thiện: 05/10/2022
Ngày chấp nhận đăng: 20/10/2022
Ngày đăng: 28/10/2022

TỪ KHÓA

Hệ thống điều hoà không khí;
Taguchi;
ANOVA;
Sự tối ưu hóa;
Robust design.

TÓM TẮT

Các yếu tố ảnh hưởng tới nhiệt độ không khí sau thiết bị ngưng tụ có làm mát phụ bằng gạch nung rưới nước được nghiên cứu trong bài báo này. Dựa trên việc khảo sát thực nghiệm các giá trị chênh lệch nhiệt độ không khí trước và sau thiết bị ngưng tụ đã đưa ra được các nhận xét, đánh giá tình trạng hoạt động của thiết bị để từ đó đưa ra những phương án tốt nhất trong vận hành, bảo dưỡng, nâng cấp thiết bị và tiết kiệm năng lượng. Bằng cách dùng các phương pháp thiết kế bền vững, kiểm định có uy tín trong thống kê học là Taguchi và Anova cùng với các phần mềm hỗ trợ trong việc xây dựng mô hình 3D (INVENTOR) và phần mềm tính toán số và thống kê (MINITAB). Từ đó, tiến hành xây dựng mô hình thiết bị ngưng tụ, thực nghiệm và xử lý số liệu. Sau khi thực hiện thực nghiệm và kiểm định bằng các phương pháp thống kê đã cho ra kết quả mô hình tối ưu cho trường nhiệt độ phòng cần làm mát là A1B1C1D1E1F2 (vị trí đặt gạch nung A1 (gạch nằm ngang), cấu tạo vật liệu B1 (gạch nung 2 lỗ), nhiệt độ cài đặt tại thiết bị bay hơi C1 (22°C), khoảng thời gian trong ngày D1 (phương án đo buổi trưa), khoảng cách các viên gạch nung E1 (cách nhau 5cm), quy cách sắp xếp gạch nung F2 (xếp song song) là sự kết hợp tốt nhất cho khả năng làm mát không khí sau thiết bị ngưng tụ, với độ chênh lệch nhiệt độ không khí trước và sau khi ra khỏi thiết

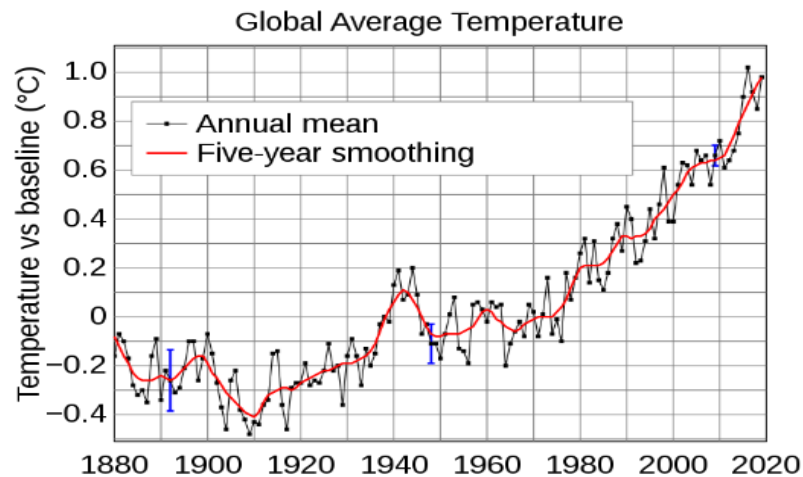
bị ngưng tụ là $\Delta T = 6.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, với nhiệt độ trước và sau khi ra khỏi thiết bị lần lượt là 34.65°C ; 28.55°C . Trong đó, yếu tố quy cách sắp xếp gạch (F) có ảnh hưởng lớn nhất đến khả năng làm mát không khí sau thiết bị ngưng tụ.

Doi: <https://doi.org/10.54644/jte.72B.2022.1275>

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

1. Giới thiệu

Vấn đề ấm lên toàn cầu hay nóng lên toàn cầu, là hiện tượng nhiệt độ trung bình của không khí và các đại dương trên Trái Đất tăng lên theo các quan sát trong các thập kỷ gần đây. Trong thế kỷ 20, nhiệt độ trung bình của không khí gần mặt đất đã tăng $0.6 \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Theo báo cáo của Cơ quan bảo vệ môi trường (EPA), nhiệt độ trung bình của Trái Đất ở cuối thế kỷ 19 đã tăng $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ và thế kỷ 20 tăng $0.6 \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Các dự án mô hình khí hậu của Ủy ban Liên chính phủ về Biến đổi Khí hậu (IPCC) chỉ ra rằng nhiệt độ bề mặt Trái Đất sẽ có thể tăng $1.1 \div 6.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong suốt thế kỉ 21 [1]. Một trong những nguyên nhân chủ yếu gây nên hiện tượng ấm lên toàn cầu là do sự phát triển kinh tế từ hoạt động của con người (xây dựng, kinh tế, khoa học,...).

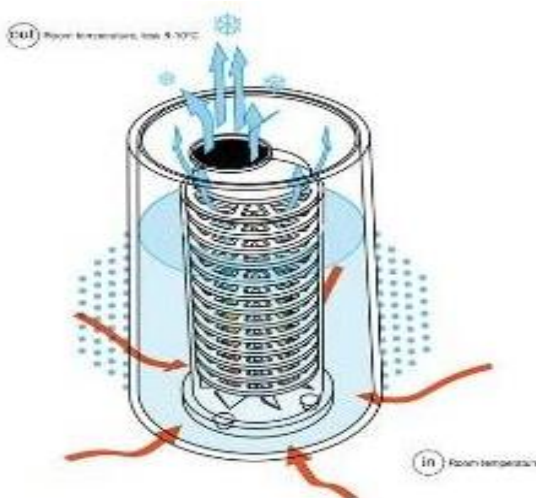


Hình 1. Nhiệt độ mặt đất trung bình toàn cầu từ 1880 đến 2018. Đường màu đen: nhiệt độ trung bình hàng năm, đường đỏ là nhiệt độ trung bình 5 năm. [1]

Làm mát và điều hòa không khí cho các tòa nhà là nhu cầu cần thiết nhằm đáp ứng tiện nghi cho con người cũng như các thiết bị hoạt động trong không gian đó. Ở các vùng khí hậu nóng ẩm như Việt Nam thì nhu cầu này không thể thiếu và ngày càng tăng khi mức sống con người càng được nâng cao. Việc sử dụng năng lượng trong các tòa nhà đã tăng lên trong những năm gần đây dẫn theo đó là nhiệt độ không khí xung quanh tòa nhà tăng cao hơn vào những thời điểm hệ thống làm mát của tòa nhà đạt mức công suất cao nhất, dẫn tới giảm khả năng trao đổi nhiệt của thiết bị ngưng tụ làm tăng phụ tải điện.

Từ đó cho ta thấy tầm quan trọng của việc kiểm soát nhiệt độ không khí xung quanh tòa nhà ngày càng trở nên quan trọng. Để góp phần tháo gỡ tình hình đó, ngoài việc tiết giảm nhu cầu điều hòa đến mức tối thiểu thì có thể sử dụng mô hình làm mát không khí bằng gạch nung, giúp làm giảm nhiệt độ không khí sau khi qua thiết bị ngưng tụ, góp phần thân thiện với môi trường, ngoài ra chúng ta có thể nghiên cứu làm tăng khả năng tối ưu hóa trường nhiệt độ trong phòng phù hợp với vùng thoải mái tiện nghi của con người, giúp ích cho tiết kiệm được các nguồn năng lượng cho tòa nhà.

Thibault Faverie [2], nhà thiết kế người Thụy Sĩ thiết kế các mô hình để làm giảm nhiệt độ không khí xung quanh chính là “cold pot”, được lấy cảm hứng từ tự nhiên để hạ nhiệt độ không khí. Thiết kế đơn giản của “cold pot” với bên trong là một hệ thống tản nhiệt bằng nhôm kết hợp một quạt gió để lưu thông không khí. Nói cách khác, đây không phải là gạch nung đơn thuần mà là một máy điều hòa không khí hoạt động một cách tự nhiên kết hợp gạch nung và làm mát thông qua quá trình bay hơi để biến nước thành không khí lạnh lưu thông.



Hình 2. Cơ chế hoạt động của “cold pot” [2]

Miguel và Johanna Navarro [3] đã tạo ra SAS, một studio thiết kế và phát triển các giải pháp kiến trúc bền vững. Một trong những dự án thành công nhất của họ là “Bloque Termodisipador”, một khối gốm được thiết kế với mặt cắt không đều cho phép không khí đi qua gạch, làm giảm lượng nhiệt đi vào bên trong tòa nhà.

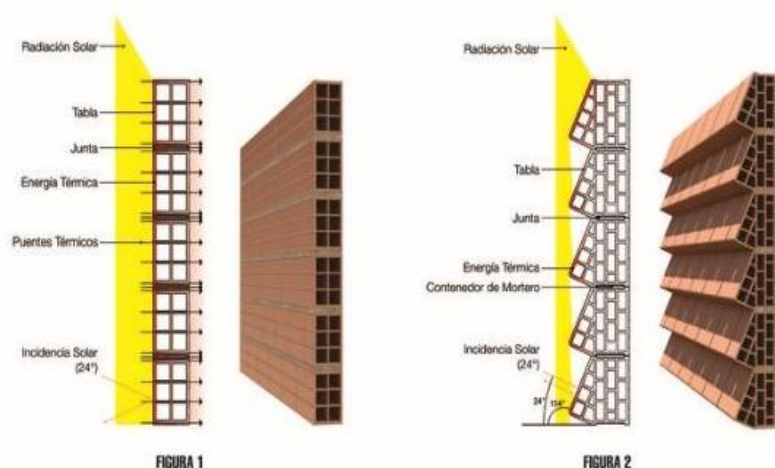


Hình 3. Các công trình kiến trúc được xây bằng “Bloque Termodisipador”. [3]

“Bloque Termodisipador” là những viên gạch làm bằng đất nung để xây dựng các công trình kiến trúc và mặt tiền, áp dụng cùng một quy trình sản xuất gạch nung truyền thống, với sự đổi mới trong thiết kế mặt cắt được sử dụng trong quá trình ép đùn. Hình dạng khác thường của nó, được tạo thành từ một hình chữ nhật và hình tam giác không đều, bảo vệ một phần gạch khỏi bức xạ mặt trời và truyền nhiệt. Sự tách biệt giữa các khối, kết hợp với các kênh tạo nên các hình tam giác không đều, cho phép thông gió đi qua các viên gạch, nhanh chóng tản nhiệt lưu trữ và giảm lượng năng lượng nhiệt phát ra bên trong tòa nhà.

Với gạch nung truyền thống, nhiệt được truyền theo một hướng, do các bề mặt nằm ngang tạo nên các kênh trong gạch, đóng vai trò là cầu nhiệt dẫn nhiệt vào bên trong với tốc độ lớn hơn. Các bề mặt ngang của “Bloque Termodisipador” nhiệt bị gián đoạn bởi một loạt các kênh phụ nhỏ hơn, khiến cho đường truyền nhiệt dài hơn, làm chậm và giảm nhiệt theo lối vào bên trong. Hiện nay, xu hướng của thế giới là tiết kiệm và sử dụng các nguồn năng lượng trong hệ thống điều hòa không khí làm sao cho hiệu quả hơn và bảo vệ môi trường hơn, song song đó, vẫn phải đáp ứng được các yêu cầu của con người về sự thoải mái và tiện nghi. Trên thực tế, các hệ thống điều hòa không khí được thiết kế ra thường sử dụng một lượng lớn năng lượng để vận hành trong một không gian lớn, phần lớn các hệ thống điều hòa không khí là giải nhiệt gió và đều thải ra một lượng nhiệt lớn ra môi trường. Do đó, việc nghiên cứu các khả

năng giải nhiệt cho không khí sau thiết bị ngưng tụ và nghiên cứu thêm về sự phân bố nhiệt độ trong vùng làm việc để tối ưu hóa hiệu quả sử dụng năng lượng trong không gian, góp phần giảm nhiệt thải ra môi trường. Monish Siripurapu [4], người sáng lập Ant Studio đã phát triển một hệ thống sử dụng ống đất nung và nước để làm mát không khí xung quanh. Hệ thống ban đầu được tạo ra cho một nhà máy, tuy nhiên, nó có thể là một sự thay thế xanh, rẻ tiền cho các hệ thống điều hòa không khí trên toàn thế giới, bao gồm một số ống đất nung được sắp xếp theo hình cầu và được giữ bằng cấu trúc kim loại, thiết bị đòi hỏi nước phải được đổ (hoặc bơm) lên các phân gạch nung. Chất lỏng được hấp thụ bởi gạch nung, và sau đó từ từ bay hơi, làm mát không khí (đến khoảng 6-10 độ F). Dự án của Siripurapu là bằng chứng cho thấy rằng chỉ có các vật liệu và công nghệ cổ xưa vẫn có một mục đích trong xã hội hiện đại của chúng ta. Hơn nữa, sử dụng các thiết bị đơn giản được làm từ vật liệu đơn giản có thể chính xác là những gì chúng ta cần để chấm dứt các quá trình gây tổn hại giả tạo cho môi trường của chúng ta.



Hình 4. Cấu tạo của “Bloque Termoisolador” (figura 2) so với gạch nung truyền thống (figura 1). [3]



Hình 5. Hệ thống làm mát không khí của Ant Studio. [4]

Milorad Bojic và cộng sự [5] đã thực hiện nghiên cứu sự tối ưu hóa vùng tiện nghi nhiệt trong xây dựng thông qua thiết kế tường bao. Gaikwad R.S và cộng sự [6] của đại học Shivaji, Kolhapur, Ấn Độ đã thực hiện nghiên cứu đánh giá hệ thống làm mát không khí bằng ống đất để làm mát không gian. Hsu và cộng sự [7-8] là nhóm đã dùng các công cụ cho bài toán tối ưu cũng như thiết kế về các sản phẩm nhiệt đầu tiên. Như đã nêu ở trên, việc nghiên cứu và phát triển hệ thống làm mát không khí bằng đất nung đã được nghiên cứu theo nhiều cách khác nhau. Nhưng qua các tài liệu tìm được cho thấy chưa một nghiên cứu nào đề cập về việc phân tích sự ảnh hưởng của các yếu tố đến kết quả làm mát không khí bằng hệ thống gạch nung sau thiết bị ngưng tụ. Với các ý tưởng trên, đã tạo động lực thúc đẩy cho nhóm nghiên cứu thực hiện nghiên cứu này.

2. Phương pháp nghiên cứu và Mô hình thực nghiệm

2.1 Phương pháp nghiên cứu

2.1.1. Phương pháp Taguchi

Phương pháp Taguchi bổ sung cho 2 phương pháp hoạch định yếu tố toàn phần và yếu tố phần. Phương pháp Taguchi dựa trên bảng hoạch định trực giao (OA – Orthogonal Arrays) nhằm xây dựng trước các bảng thông số và đưa ra các giả thuyết để phân tích đánh giá kết quả. Nhằm mục đích nâng cao chất lượng sản phẩm bằng cách giảm thiểu các sai số không cần thiết so với chỉ tiêu đề ra. Nói cách khác đây là phương pháp nhằm kiểm soát các yếu tố ảnh hưởng tới chất lượng của sản phẩm. Các bước tiến hành trong việc thiết lập chọn yếu tố khảo sát được thực hiện rất chặt chẽ trong phương pháp. Tiếp theo việc chọn mức độ khảo sát và chọn bảng quy hoạch trực giao được tiến hành. Trước khi chọn bảng trực giao thì cần tính số thực nghiệm tối thiểu cần tiến hành dựa trên tổng số độ tự do trong khảo sát. Số thực nghiệm tối thiểu phải lớn hơn hoặc bằng tổng số độ tự do. Ấn định các yếu tố ảnh hưởng vào bảng trực giao, vị trí của các yếu tố trong bảng trực giao rất quan trọng. Trong trường hợp có nhiều mức độ thì vị trí của các yếu tố được ấn định bởi bảng trực giao. Việc ấn định vị trí của các yếu tố trong bảng trực giao có thể được trợ giúp bằng các công cụ của hoạch định Taguchi. Trước khi tiến hành thực nghiệm cần xác định mức độ thực tế của các yếu tố chính. Phần trăm đóng góp và ý nghĩa của các yếu tố phụ thuộc vào mức độ thực tế của yếu tố.

Phân tích dữ liệu thực nghiệm, đánh giá bằng tỉ số SN. Phân tích bài toán: Trong quá trình tối ưu hóa bài toán tính ta có thể sử dụng 3 hệ số (S/N) tương ứng với các trường hợp sau:

Đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố (Giá trị danh nghĩa là tốt nhất):

$$SN_i = 10 \log \frac{\bar{y}_i^2}{\bar{s}_i^2} \quad (1)$$

Tối thiểu hóa đáp ứng (Nhỏ hơn là tốt hơn):

$$SN_i = -10 \log \sum_{u=1}^{N_i} \frac{\bar{y}_u^2}{N_i} \quad (2)$$

Tối đa hóa đáp (Lớn hơn là tốt hơn):

$$SN_i = -10 \log \frac{1}{N_i} \sum_{u=1}^{N_i} \frac{1}{\bar{y}_u^2} \quad (3)$$

Sau khi tính toán các giá trị trung bình của S/N, ta ấn định các giá trị vào bảng và đưa ra giá trị R (rank) sau khi so sánh các giá trị Δ trong bảng. Giá trị R có giá trị 1 chính là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất và ngược lại.

Bảng 1. Giá trị trung bình của tỷ số SN.

Exp No.	A	B	C	D	E	F
1	$SN_{A,1}$	$SN_{B,1}$	$SN_{C,1}$	$SN_{D,1}$	$SN_{E,1}$	$SN_{F,1}$
2	$SN_{A,2}$	$SN_{B,2}$	$SN_{C,2}$	$SN_{D,2}$	$SN_{E,2}$	$SN_{F,2}$
Δ	R_A	R_B	R_C	R_D	R_E	R_F
Rank

2.1.2. Phương pháp phân tích phương sai (ANOVA - Analysis of Variance)

Mục tiêu của phương pháp là so sánh kết quả trung bình của nhiều nhóm (tổng thể) dựa trên các giá trị trung bình của các mẫu quan sát từ các nhóm này và thông qua kiểm định giả thuyết để kết luận sự bằng nhau của các số trung bình này. Trong nghiên cứu, phân tích phương sai được dùng như một công cụ để xem xét ảnh hưởng của một hay một số yếu tố nguyên nhân (định tính) đến một yếu tố kết quả (định lượng).

Phân tích phương sai một yếu tố: Phân tích phương sai một yếu tố là phân tích ảnh hưởng của một yếu tố nguyên nhân đến một yếu tố kết quả đang nghiên cứu. Giả sử cần so sánh trung bình của k tổng thể độc lập. Ta lấy k có mẫu số quan sát là $n_1, n_2, n_3 \dots n_k$; tuân theo phân phối chuẩn. Trung bình của các tổng thể được kí hiệu là $\mu_1, \mu_2, \mu_3 \dots \mu_k$ thì mô hình phân tích phương sai một yếu tố ảnh hưởng được mô tả dưới dạng kiểm định giả thuyết như sau:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k \quad (4)$$

H_1 : tồn tại ít nhất một cặp có $u_i \neq u_j, i \neq j$.

Các bước tiến hành: Bước 1: Tính toán các trung bình mẫu và trung bình chung của k mẫu. Bước 2: Tính các tổng lệch bình phương. Bước 3: Tính các phương sai (phương sai của nội nhóm và phương sai giữa các nhóm). Bước 4: Kiểm định giả thiết.

Phân tích phương sai hai yếu tố: Phân tích phương sai hai yếu tố nhằm xem xét cùng lúc hai yếu tố nguyên nhân (dưới dạng dữ liệu định tính) ảnh hưởng đến yếu tố kết quả (dưới dạng dữ liệu định lượng) đang nghiên cứu. Phân tích phương sai hai yếu tố giúp chúng ta đưa thêm yếu tố nguyên nhân vào phân tích làm cho kết quả có giá trị hơn.

Các bước tiến hành

Để kiểm định ta đưa ra 2 giả thiết sau:

Mỗi mẫu tuân theo phân phối chuẩn $N(\mu, \sigma_2)$

Ta lấy K mẫu độc lập từ K tổng thể, H mẫu độc lập từ H tổng thể. Mỗi mẫu được quan sát 1 lần không lặp.

Bước 1: Tính các số trung bình. Bước 2: Tính tổng các độ lệch bình phương. Bước 3: Tính phương sai. Bước 4: Kiểm định giả thuyết. Bước 5: Kiểm định lý thuyết.

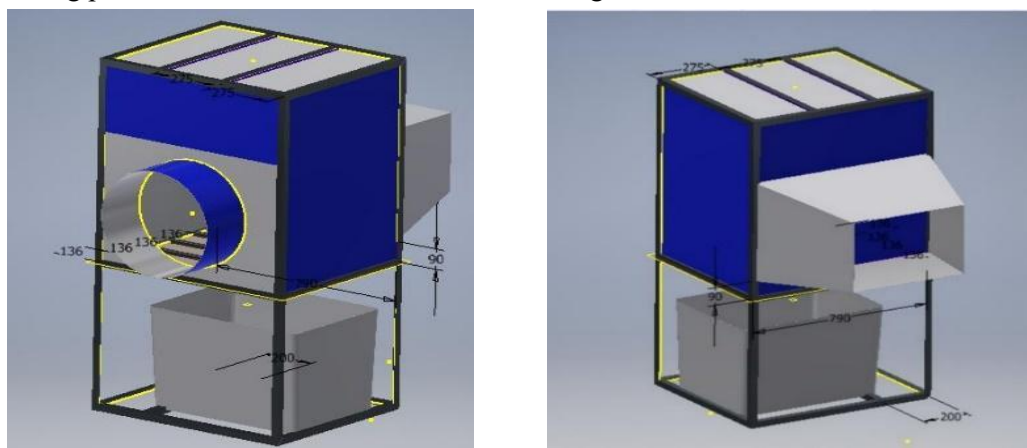
2.1.3. Phần mềm Minitab và Autodesk Inventor

Nghiên cứu sử dụng phần mềm Autodesk Inventor trong việc dựng hình lại hệ thống và phần mềm Minitab nhằm hỗ trợ việc phân tích cũng như kiểm tra lại các giá trị đã được tính theo các công thức lý thuyết.

2.2 Mô hình thực nghiệm

2.2.1. Xây dựng mô hình thiết bị giải nhiệt không khí

Sau khi tính toán và lên phương án thiết kế sơ bộ cho mô hình, tiến hành thiết kế mô hình dưới định dạng 3D bằng phần mềm Autodesk Inventor với các thông số theo hình 6:



Hình 6. Mô hình thiết kế thiết bị giải nhiệt 3D vẽ bằng phần mềm Inventor

Mô hình thực nghiệm được tiến hành gia công và lắp đặt như mô tả hình 7 bên dưới

2.2.2. Xây dựng các thông số yếu tố (factors) và mức độ (levels)

Thực nghiệm về những yếu tố ảnh hưởng đến khả năng làm mát nhiệt độ của tháp giải nhiệt, xác định được bao gồm 6 yếu ảnh hưởng đến kết quả: vị trí đặt gạch, cấu tạo vật liệu, nhiệt độ dẫn lạnh, khoảng thời gian trong ngày, khoảng cách các viên gạch, quy cách sắp xếp gạch.

Thực nghiệm về độ chênh nhiệt độ trước và sau khi ra khỏi tháp giải nhiệt không khí (độ C).

Chọn yếu tố khảo sát (factors) và mức độ khảo sát (levels) Bảng trực giao L8 được sử dụng để tiến hành ấn định thông số vào bảng, sau đó chuẩn bị các bước cũng như các thiết bị cho việc tiến hành thực nghiệm.



Hình 7. Mô hình thực tế sau khi được gia cố lại các khe hở vách ngăn.

Bảng 2. Bảng thông số của các yếu tố đầu vào.

STT	Yếu tố	Ký hiệu	Mức của yếu tố	
			Mức 1	Mức 2
1	Vị trí đặt gạch	A	Ngang	Đứng
2	Cấu tạo vật liệu	B	Gạch nung 2 lỗ	Gạch nung 4 lỗ
3	Nhiệt độ dàn lạnh	C	22	24
4	Khoảng thời gian trong ngày	D	Trưa	Chiều
5	Khoảng cách các viên gạch	E	5 cm	10 cm
6	Quy cách sắp xếp gạch	F	So le	Song song

2.2.3. Tiến hành thực nghiệm

Tiến hành thực nghiệm bên ngoài phòng lạnh ở xưởng nhiệt, sử dụng hai máy lạnh Daikin Non - Inverter công suất 2.0Hp để đưa nhiệt độ phòng về các mốc nhiệt độ đã cài đặt.

**Các bước tiến hành thực nghiệm:*

Bước 1: Điều chỉnh nhiệt độ bên trong phòng thực nghiệm theo bảng Taguchi L8.

Bước 2: Đặt mô hình tháp giải nhiệt vào vị trí khớp với miệng gió ra của quạt dàn nóng.

Bước 3: Tiến hành xếp gạch theo bảng Taguchi L8.

Bước 4: Đặt các đầu dò nhiệt độ vào đúng nơi quy định.



Hình 8. Thực nghiệm dựa trên bảng L8 Taguchi.



Hình 9. Nhiệt độ không khí trước và sau khi đi qua mô hình thiết bị giải nhiệt.

3. Kết quả và bàn luận

Kết quả thu được sau thực nghiệm được nhập vào các bảng số liệu theo các phương pháp và được phân tích theo Taguchi và Anova nhằm đảm bảo tính xác thực và chính xác nhất.

3.1 Xử lý số liệu theo phương pháp Taguchi.

Sau khi tiến hành thực hiện đo mỗi thực nghiệm với số lần lặp lại là 3 lần, có được bảng kết quả 3 như sau:

Bảng 3. Bảng thực nghiệm kết quả độ chênh nhiệt độ (°C).

Exp No.	Trial 1	Trial 2	Trial 3
1	4.9	4.75	7.05
2	6.45	4.9	4.8
3	6.75	4.95	6.2
4	4	3.95	3.45
5	4.1	4.25	5.2
6	6	5.6	5.45
7	4.75	4.6	4.65
8	4.55	4.2	5.2

3.1.1. Xử lý số liệu theo phương pháp tỷ số SN (Signal Noise)

Phương pháp Taguchi sử dụng tỷ số tín hiệu/nhiều (Signal to noise), với thực nghiệm có giá trị tỷ số S/N cao nhất sẽ cho kết quả tối ưu ít bị ảnh hưởng bởi nhiễu nhất. Tỷ số S/N dùng để xác định mức cho kết quả đầu ra tối ưu.

Tính tỷ số SN của từng thực nghiệm

Thực nghiệm cần để tính toán giá trị độ chênh nhiệt độ lớn nhất nên ta cần giá trị cực đại, do đó ta sử dụng công thức tính SN theo công thức số (1).

Tương tự cho các yếu tố còn lại các ẩn định các kết quả đạt được thể hiện dưới bảng 4

Bảng 4. Bảng giá trị trung bình của tỷ số SN.

No.	A	B	C	D	E	F
1	13.93316	14.2341	13.88369	14.03453	14.531	13.06438
2	13.66383	13.3629	13.71329	13.56246	13.066	14.53261
Δ	0.26933	0.87114	0.170398	0.472075	1.4644	1.468222
Rank	5	3	6	4	2	1

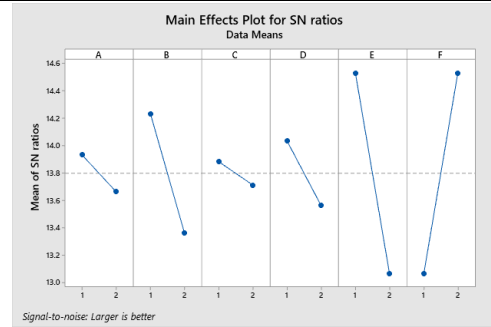
Kết luận: Theo như bảng ẩn định trên thì yếu tố F (quy cách sắp xếp gạch) có ảnh hưởng lớn nhất.

Tính toán sử dụng phần mềm Minitab để kiểm tra kết quả tính toán cho thấy các kết quả tính toán trên phần mềm hoàn toàn trùng khớp với các thông số đã được tính bên trên. Đồ thị với kết quả cho giá trị SN càng cao sẽ làm cho từng mức độ của yếu tố tối ưu hơn theo kết quả tính toán.

Response Table for Signal to Noise Ratios

Larger is better

Level	A	B	C	D	E	F
1	13.93	14.23	13.88	14.03	14.53	13.06
2	13.66	13.36	13.71	13.56	13.07	14.53
Delta	0.27	0.87	0.17	0.47	1.46	1.47
Rank	5	3	6	4	2	1



Hình 10. Bảng giá trị kết quả tính toán theo tỷ số SN

Hình 11. Đồ thị biểu diễn kết quả theo tỷ số SN.

3.1.2. Xử lý số liệu theo giá trị trung bình Means.

Tính giá trị trung bình của mỗi thực nghiệm. Tương tự các yếu tố khác cũng được tính theo công thức và kết quả đạt được sau đó ấn định các kết quả vào bảng trung bình bảng 5.

Bảng 5. Bảng giá trị trung bình theo Means.

No.	A	B	C	D	E	F
1	5.179167	5.2875	5.066667	5.179167	5.4667	4.633333
2	4.879167	4.77083	4.991667	4.879167	4.5917	5.425
Δ	0.3	0.51667	0.075	0.3	0.875	0.791667
Rank	4	3	5	4	1	2

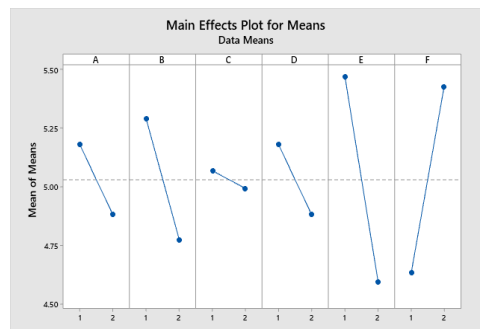
Kết luận: theo như bảng ấn định trên thì yếu tố E (khoảng cách các viên gạch) gây ảnh hưởng lớn nhất. Tính toán sử dụng phần mềm Minitab 19 để kiểm tra kết quả tính toán cho thấy các kết quả tính toán trên phần mềm hoàn toàn trùng khớp với các thông số đã được tính bên trên.

3.1.3. Nhận xét kết quả hai phương pháp S/N và Means.

Theo như những tính toán dựa trên hai phương pháp đó là Signal Noise (SN) và giá trị trung bình (MEANS), kết quả đều cho thấy được mô hình kết hợp tối ưu để làm mát không khí sau thiết bị ngưng tụ dựa theo tiêu chí độ chênh nhiệt độ trước và sau khi đi qua mô hình thiết bị giải nhiệt chính là: A1B1C1D1E1F2. Tuy nhiên, kết quả sau khi tính toán về yếu tố gây ảnh hưởng lớn nhất lại không đồng nhất về kết quả (giữa yếu tố E và F). Vì thế, để kiểm định lại kết quả trên, chọn phương pháp phân tích phương sai (ANOVA-Analysis of Variance) để tìm ra được yếu tố gây ảnh hưởng lớn nhất đến thực nghiệm.

Response Table for Means

Level	A	B	C	D	E	F
1	5.179	5.287	5.067	5.179	5.467	4.633
2	4.879	4.771	4.992	4.879	4.592	5.425
Delta	0.300	0.517	0.075	0.300	0.875	0.792
Rank	4.5	3	6	4.5	1	2



Hình 12. Bảng kết quả giá trị được tính toán theo Means.

Hình 13. Đồ thị biểu diễn theo giá trị Means

Đồ thị cho kết quả có giá trị Means càng cao đối với từng mức độ của yếu tố thì càng tối ưu.

3.2. Xử lý số liệu theo phương pháp ANOVA.

Từ kết quả trên, xét về giá trị F-test (F) cho thấy được 3 yếu tố mang tín hiệu có độ nhiễu không đáng kể (B, E, F) ở cả hai bảng phân tích theo Means và SN. Vì thế tiếp tục phân tích 3 yếu tố B, E, F theo

phương pháp ANOVA để tìm ra yếu tố nào cho tín hiệu có độ nhiễu thấp nhất. Từ hai bảng phân tích hình 12, và hình 13 trên, cho thấy được giá trị F-test của tỷ số SN cao hơn Means. Điều đó có nghĩa, phương pháp tính toán theo tỷ số SN cho thấy được các tín hiệu có độ nhiễu thấp nhất, đồng thời giá trị P-value $< \alpha = 5\%$ theo lý thuyết ANOVA về kiểm chứng giả thuyết. Xét giá trị F-test trên bảng kết quả của tỷ số SN, cho thấy được yếu tố F cho tín hiệu cao gấp 19.38 lần so với độ nhiễu. Từ đó, kết luận được yếu tố (quy cách sắp xếp gạch) là yếu tố gây ảnh hưởng lớn nhất đến mô hình.

Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	0.18000	0.18000	0.18000	2.25	0.374
B	1	0.53389	0.53389	0.53389	6.67	0.235
C	1	0.01125	0.01125	0.01125	0.14	0.772
D	1	0.18000	0.18000	0.18000	2.25	0.374
E	1	1.53125	1.53125	1.53125	19.14	0.143
F	1	1.25347	1.25347	1.25347	15.67	0.158
Residual Error	1	0.08000	0.08000	0.08000		
Total	7	3.76986				

Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
B	1	0.5339	0.5339	0.5339	4.73	0.095
E	1	1.5312	1.5312	1.5312	13.57	0.021
F	1	1.2535	1.2535	1.2535	11.11	0.029
Residual Error	4	0.4512	0.4512	0.1128		
Total	7	3.7699				

Hình 14. Bảng kết quả tính toán ANOVA theo giá trị Means.

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
B	1	1.5178	1.5178	1.5178	6.82	0.059
E	1	4.2889	4.2889	4.2889	19.28	0.012
F	1	4.3114	4.3114	4.3114	19.38	0.012
Residual Error	4	0.8899	0.8899	0.2225		
Total	7	11.0079				

Hình 15. Bảng kết quả phân tích ANOVA cho tỷ số SN.

3.3. Kiểm tra kết quả xử lý số liệu.

3.3.1 Kết quả kiểm chứng số liệu: thực nghiệm được tiến hành lại mô hình này để kiểm chứng kết quả.

Bảng 6. Thông số thực nghiệm kiểm chứng lại kết quả

Stt	Yếu tố	Ký hiệu	Mức độ
1	Vị trí đặt gạch	A	1
2	Cấu tạo vật liệu	B	1
3	Nhiệt độ dàn lạnh	C	1
4	Khoảng thời gian trong ngày	D	1
5	Khoảng cách các viên gạch	E	1
6	Quy cách sắp xếp gạch	F	2



Hình 16. Mô hình chạy kiểm chứng dựa vào các thông số tối ưu.



Hình 17. Nhiệt độ trước và sau khi ra khỏi tháp giải nhiệt.

Bảng 7. Bảng giá trị sau khi làm thực nghiệm kiểm tra.

Số lần đo	Nhiệt độ không khí trước khi vào mô hình thiết bị (°C)	Nhiệt độ không khí sau khi ra khỏi mô hình thiết bị (°C)	Độ chênh lệch nhiệt độ trước và sau khi ra khỏi mô hình thiết bị (°C)
Đo lần 1	36.45	30.5	5.95
Đo lần 2	35.6	28.95	6.65
Đo lần 3	31.9	26.2	5.7
Trung bình	34.65	28.55	6.1

Lưu ý: Thực nghiệm được đo vào ngày 02/08/2020, trời mưa to.

3.3.2 Kết quả kiểm tra số liệu

Sau khi kiểm chứng số liệu, thiết lập được mô hình tốt nhất: A1B1C1D1E1F2. Tương ứng với: Vị trí đặt gạch: Ngang (A1); Cấu tạo vật liệu: gạch nung 2 lỗ (B1); Nhiệt độ dàn lạnh: 22°C (C1); Khoảng thời gian trong ngày: Trưa (D1); Khoảng cách các viên gạch: 5cm (E1); Quy cách sắp xếp gạch: song song (F2).

4. Kết luận

Sau khi tính toán thiết kế mô hình kết hợp tối ưu bằng phương pháp Taguchi và dùng phương pháp ANOVA để kiểm định lại kết quả, ta nhận thấy được sự ảnh hưởng của các yếu tố đến khả năng làm mát không khí sau khi đi qua thiết bị giải nhiệt. Trong đó yếu tố F (quy cách sắp xếp gạch) cho được tín hiệu có độ nhiễu thấp nhất, chính là yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất. Cùng với đó đưa ra được mô hình kết hợp tốt nhất (Best Combination) là: Gạch nung 2 lỗ đặt ngang; được sắp xếp theo kiểu song song và cách nhau 5cm; được thực nghiệm vào buổi trưa với nhiệt độ phòng là 22°C kí hiệu mô hình là: A1B1C1D1E1F2. Sau khi đưa ra được kết hợp tốt nhất, tiến hành thực nghiệm kiểm chứng lại kết quả. Kết quả thu được cho sự kết hợp tốt nhất là độ chênh nhiệt độ không khí trước và sau khi đi qua mô hình thiết bị giải nhiệt $\Delta T = 6.1^\circ\text{C}$ sau 3 lần thực nghiệm kiểm tra, với nhiệt độ trước và sau khi ra khỏi thiết bị giải nhiệt lần lượt là 34.65 °C; 28.55 °C. Qua so sánh cho thấy được sự chênh lệch nhiệt độ thay đổi rõ rệt.

Lời cảm ơn

Xin trân trọng cảm ơn bộ môn Công nghệ Nhiệt Điện Lạnh, Khoa Cơ Khí Động Lực trường Đại học sư phạm Kỹ Thuật Thành Phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ nhóm nghiên cứu về địa điểm, trang thiết bị và các thiết bị phụ trong quá trình nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hegerl, Gabriele C; et al, "Understanding and Attributing Climate Change". Climate Change, The Physical Science Basis, 2007.
- [2] Thibault Faverie, "'cold pot' is a natural air conditioner". Jetson Green, 05, 2014.
- [3] Miguel, Johanna Navarro, "Heat dispersing brick developed in colombia Bloque Termoisipador BT". Archdaily 2015.
- [4] Monish Siripurapu, "DIY-air-conditioning-terracotta". The Green Optimistic, 2017.
- [5] Milorad Bojić, et al, "Optimization of thermal comfort in buildings through envelope design". International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS 2012.
- [6] Gaikwad R.S, Wagh M. M. A, "Review on Earthen Tube". Air Cooling System for Space Cooling Application.
- [7] Cheng-Hsing Hsu, Jui-Chin Jiang, Hung-Son Dang, Thi-Anh-Tuyet Nguyen, "Investigating the design parameters on the multi-layer micro-channel heat sink by using Quality Function Deployment and Taguchi method with the enlarged outlet", IEEE Explore 2017(IE), DOI: 10.1109/ICASI.2017.7988170.
- [8] Cheng-Hsing Hsu, Jui-Chin Jiang, Hung-Son Dang, Thi-Anh-Tuyet Nguyen, "Investigating the Designed Parameters of Dual-Layer Micro-Channel Heat Sink by Design for Six Sigma (DFSS)", IEEE Explore 2017 (IE), DOI: 10.1109/ICASI.2017.7988155.



Hung-Son Dang received the B.S from the Faculty of Automotive and Energy Engineering, HCMC University of Technology and Education (HCMUTE), Viet Nam, in 2009 and the Master of Science, Ph.D. degree in the College of Mechanical Engineering, Chung Yuan Christian University, Zhongli, Taoyuan, Taiwan, in 2013 and 2017, respectively. Currently, he is a lecturer at the Faculty of High-Quality Training and the Faculty of Automotive and Energy Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology and Education.



Thi-Anh-Tuyet Nguyen received the B.S from the Faculty of Auditing and Accounting, Ho Chi Minh Banking University, Viet Nam, in 2009 and the Master of Science, Ph.D. degree in the Department of Industrial System Engineering, Chung Yuan Christian University, Zhongli, Taoyuan, Taiwan, in 2014 and 2018, respectively. Currently, she is a lecturer at the Department of Industrial System Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology and Education.



Phi-Trung Nguyen received the B.S from the Machine Manufacturing Technology, Faculty of of Mechanical Engineering, HCMC University of Technology and Education (HCMUTE), Viet Nam, in 2008 and the Master of Engineering in 2011. Currently, he is a lecturer at the Department of Industrial System Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology and Education.