

ĐÁNH GIÁ MỘT SỐ ĐIỀU KIỆN TIỆN NGHI CỦA MỘT VĂN PHÒNG ĐIỆN HÌNH SỬ DỤNG ĐIỀU HÒA CỤC BỘ BẰNG ANSYS FLUENT

TRẦN THỊ THU HÀNG¹, VŨ HẢI TRUNG¹, TRẦN THỊ THU HƯỜNG²

¹KHOA NĂNG LƯỢNG NHIỆT, Trường Cơ Khí, Đại học Bách Khoa Hà Nội

² KHOA ĐIỆN TỬ, Trường ĐH Kinh Tế Kỹ Thuật Công Nghiệp Hà Nội

E-mail: hang.tranthithu@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 29/09/2021

Ngày nhận bài được sửa theo ý kiến phản biện: 10/10/2022

Ngày bài được duyệt đăng: 13/11/2022

Tóm tắt: Một văn phòng điện hình có sử dụng điều hòa cục bộ điều khiển kiểu ON/OFF được mô phỏng bằng bộ công cụ mô phỏng khí động lực học trên máy tính (CFD). Trong đó, trường phân bố tốc độ, nhiệt độ tại các thời điểm khác nhau ứng với nhiệt độ ngoài trời và nhiệt độ điểm đặt khác nhau được xem xét. Bên cạnh đó, nồng độ khí CO₂ sau những khoảng thời gian khác nhau để kiểm tra chất lượng không khí cũng được phân tích. Kết quả cho thấy rằng thời gian chạy máy kéo theo là năng lượng tiêu tốn sẽ tăng khi nhiệt độ cài đặt giảm và nhiệt độ ngoài trời tăng đáng kể. Mật độ trung bình CO₂ trong phòng ở mức tốt và trung bình trong vòng 5 giờ đầu. Phân bố tốc độ gió và nhiệt độ là khá đồng đều ở trong phòng và đáp ứng điều kiện tiện nghi của con người.

Từ khóa: CFD, điều hòa, mô phỏng, văn phòng, phân bố nhiệt độ, phân bố CO₂

KÝ HIỆU:

F – Ngoại lực, N

g – Gia tốc trọng trường, m/s²

h – Nhiệt hiện, J

J_j – Dòng khuếch tán phần tử thứ j

k – hệ số dẫn nhiệt, W/mK

p – áp suất, N/m²

ρ - khối lượng riêng, kg/m³

Q₀ – năng suất lạnh, W

τ - ứng suất,

t - thời gian, s

t_n, t_d - nhiệt độ điểm ngoài trời và nhiệt độ điểm đặt, °C

V- thể tích, m³

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các tòa nhà thường chiếm khoảng 40% tổng năng lượng tiêu thụ [1], các thiết bị tiêu thụ điện trong tòa nhà bao gồm hệ thống sưởi ấm/làm mát, thiết bị điện dân dụng, và hệ thống cấp nước nóng. Đối với các nước vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới như Việt Nam thì lượng điện tiêu thụ cho cho việc làm mát chiếm khoảng 60% lượng năng lượng này [1]. Vì vậy, việc sử dụng năng lượng một cách hiệu quả hệ thống làm mát là việc cần thiết. Bên cạnh đó, cùng với việc nhu cầu của ngày càng cao về chất lượng cuộc sống con người thì yêu cầu về tiện nghi trong không gian sống ngày càng khắt khe. Tuy nhiên, việc cân đối

giữa hai tiêu chí sử dụng năng lượng hiệu quả và điều kiện tiện nghi trong nhà thường khó do chúng ảnh hưởng qua lại lẫn nhau. Vì vậy, việc nghiên cứu một cách có hệ thống môi trường trong nhà khi có sử dụng hệ thống điều hòa không khí đã thu hút được nhiều sự quan tâm của các nhà nghiên cứu. Nhiều phương án cả về lý thuyết và thực tế kỹ thuật đã được thực hiện để cải tạo cả về kết cấu xây dựng và tối ưu hóa hệ thống [1]. Trong đó, một số nghiên cứu về không gian trong phòng có điều hòa được thực hiện bằng công cụ mô phỏng động lực học (CFD). Do trong các phương pháp nghiên cứu, chính xác nhất là các phương pháp thực nghiệm vì có thể cung cấp con số chính xác về chất lượng không khí, điều

kiện nhiệt độ, vận tốc; tuy nhiên, cách làm này thường đắt, tốn thời gian và khó tổng quát hóa cho các điều kiện ngoài thực nghiệm [2].

Các nghiên cứu về việc sử dụng năng lượng bằng mô phỏng CFD có thể kể đến nghiên cứu về ảnh hưởng của vị trí lắp đặt điều hòa không khí trong phòng ở [3,4], so sánh giữa điều hòa không khí điều khiển gián đoạn và điều khiển on/off [1], ảnh hưởng của việc sắp xếp dàn nóng tới tiêu hao năng lượng [5], mô hình mô phỏng 2D cho phòng điều hòa ở các mùa khác nhau [6]. Chất lượng không khí trong nhà cũng được nghiên cứu bằng công cụ CFD như các nghiên cứu về việc phát tán khí độc trong phòng [2,7,8]. Các ứng dụng của CFD trong nghiên cứu điều kiện trong nhà vẫn đang được hoàn thiện ở các khía cạnh khác nhau và ứng dụng cho các đối tượng khác nhau.

Trong nghiên cứu này, một văn phòng làm việc sử dụng điều hòa cục bộ sẽ được mô phỏng 3D dựa trên công cụ CFD, cụ thể là phần mềm ANSYS Fluent trong chế độ không ổn định nhằm đánh giá thời gian để phòng đạt nhiệt độ điểm đặt tại điều kiện môi trường khác nhau. Thời gian giữa các khoảng ON/OFF của điều hòa cũng được so sánh để có thể đánh giá mức độ tải của điều hòa, phân bố tốc độ gió, nhiệt độ phòng và chất lượng không khí thông qua phân bố nồng độ khí Carbonic sau một khoảng thời gian nhất định được xem xét. Đây là cơ sở cho những khuyến cáo cho người sử dụng.

II. MÔ TẢ ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu là một văn phòng điển hình tại Hà Nội, Việt Nam với kích thước 7 x 4 x 4m như trong hình 1.

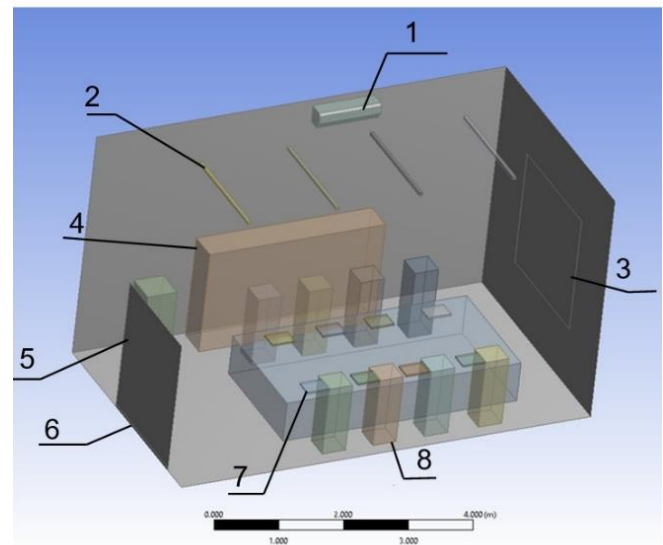
Phòng có 1 cửa kính, hai bức tường trống, và một bức tường đối diện với cửa sổ thì có cửa ra vào. Trong phòng được bố trí thông thường gồm 8 nhân viên văn phòng, 8 laptop, 1 tủ đứng, 1 tủ lạnh, 1 bàn, 4 đèn tuýp, điều hòa cục bộ. Một máy điều hòa cục bộ có công suất 24200 BTU/h. Kích thước và hình dáng của máy điều hòa lấy theo mẫu máy của hãng DAIKIN, model FXAQ63AVM (200 x 1060 x 289 mm).

III. MÔ HÌNH TOÁN VÀ CÀI ĐẶT CHƯƠNG TRÌNH

3.1. Mô hình toán

Mô hình sử dụng mô hình dòng rối k-ε được cho là phù hợp nhất để mô phỏng cho dòng khí trong không gian rộng [9]. Mô hình này được thực hiện bằng công cụ CFD, Ansys Fluent để giải hệ

phương trình vi phân về truyền nhiệt truyền chất và cơ học. Trong bài viết này chỉ mô tả tóm tắt lại hệ phương trình như sau [9,10]:



Hình 1: Đặc điểm của văn phòng (1: Điều hòa; 2: đèn Neon; 3: cửa sổ; 4: tủ tài liệu; 5: cửa ra vào; 6: khe cửa; 7: laptop; 8: người làm việc).

Phương trình cân bằng momen:

$$\frac{\delta}{\delta t}(\rho \vec{v}) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\nabla p + \nabla \cdot (\vec{\tau}) + \rho \vec{g} + \vec{F} \quad (1)$$

Phương trình cân bằng năng lượng:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \nabla \cdot (\vec{v}(\rho E + p)) = \nabla \cdot (k_{eff} \nabla T - \sum h_j \vec{J}_j + (\vec{\tau}_{eff} \cdot \vec{v})) + S_h \quad (2)$$

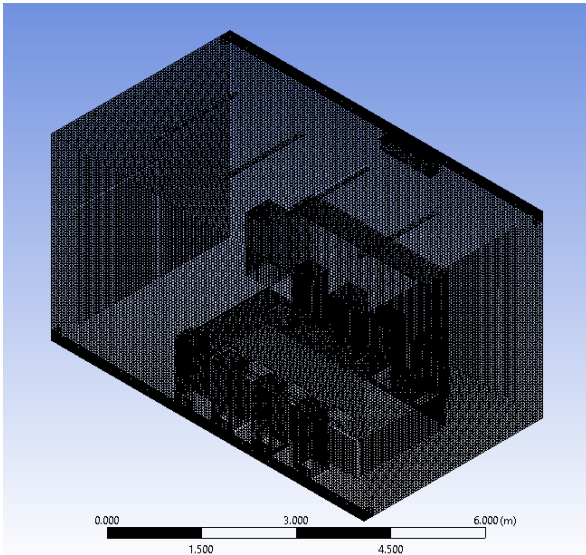
Phương trình cân bằng chất:

$$\frac{\delta P}{\delta t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = S_m \quad (3)$$

Mô hình dòng rối k - ε là mô hình bán thực nghiệm được xây dựng dựa trên các phương trình truyền năng lượng động lực dòng rối (k) và hệ số tắt dần ε. Mô hình động lực truyền năng lượng dòng rối k là phương trình vật lý được xây dựng một cách chính xác còn hệ số ε thì thu được nhờ biện luận vật lý và mô hình tương tự về mặt toán học. Các phương trình liên quan tới mô hình rối này được mô tả trong tài liệu [9].

3.2. Thiết lập chương trình

Việc chia lưới của mô hình được thực hiện bằng công cụ ANSYS-Meshing, lưới được chia dày hơn ở vùng được dự đoán là có biến thiên lớn về tốc độ và nhiệt độ như miệng hút, miệng thổi của dàn lạnh, nơi tập trung đông người, gần tường...Lưới được chia như hình 2 với 677000 phần tử lưới có cấu trúc.



Hình 2: Chia lưới cho mô hình.

Bài toán mô phỏng được thực hiện ở chế độ không ổn định để kiểm tra biến đổi của môi trường không khí trong phòng theo thời gian. Quá trình rời rạc hóa các phương trình bảo toàn sử dụng First order upwind scheme (trừ áp suất sử dụng PRESTO), giá trị biến tại tâm của phần tử đại diện cho giá trị của biến trong toàn bộ phần tử. SIMPLE scheme được lựa chọn để giải bài toán kết hợp yếu tố áp suất và vận tốc.

Điều kiện ban đầu trong phòng được thiết lập bằng điều kiện môi trường ngoài trời, điều kiện môi trường này được thay đổi tùy theo các trường hợp mô phỏng khác nhau, áp suất là 1.03 bar. Các điều kiện biên gồm: tường coi là bề mặt wall, từ môi trường trong tới môi trường ngoài có hệ số truyền nhiệt bằng $\alpha = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$, người làm việc có điều kiện biên là dòng nhiệt 130 W, laptop, đèn được thiết lập điều kiện biên loại 2 được tính dựa trên dữ liệu nhiệt tỏa ra từ mỗi laptop là 100 W, nhiệt tỏa ra từ mỗi đèn là 18 W. Điều hòa không khí được xem như một vật liệu xốp cho không khí đi qua dàn, dàn là một khối vật liệu có nguồn nhiệt trong q_v âm.

$$q_v = -\frac{Q_0}{V} = -\frac{7100}{0.0766143} = -92672 \text{ (W / m}^3\text{)}$$

Trong đó: Q_0 là năng suất lạnh (W)

V là thể tích dàn lạnh (m^3)

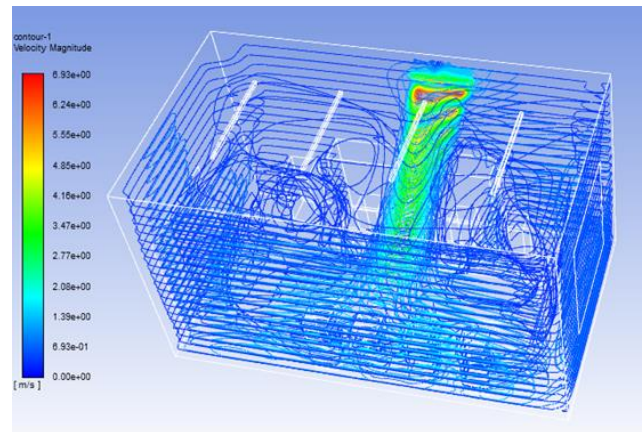
Máy điều hòa giả sử được mô phỏng điều khiển ở chế độ ON/OFF, mặt hút của điều hòa được coi là điều kiện biên loại porous-jump, mặt thổi của điều hòa có điều kiện biên loại fan. Khi điều hòa ở chế độ OFF thì $q_v = 0$, khi ở chế độ ON thì $q_v = -92672 \text{ W/m}^3$.

Để kiểm tra nồng độ CO_2 trong phòng tại các thời điểm khác nhau thì coi tại thời điểm ban đầu, nồng độ CO_2 trong phòng là 400 ppm, có 8 người làm việc ở trạng thái bình thường hô hấp 16 lần/phút, mỗi lần một người hít vào 500 ml không khí (79% N_2 , 21% O_2), sau hô hấp mỗi người sẽ thải ra phần khí có chứa 4% thể tích là khí CO_2 [11]. Giả thiết bài toán chưa quan tâm tới các khí thải khác từ con người. Thành phần này được

IV. KẾT QUẢ

4.1. Trường tốc độ gió

Hình 3 trình bày kết quả mô phỏng trường tốc độ gió từ điều hòa.

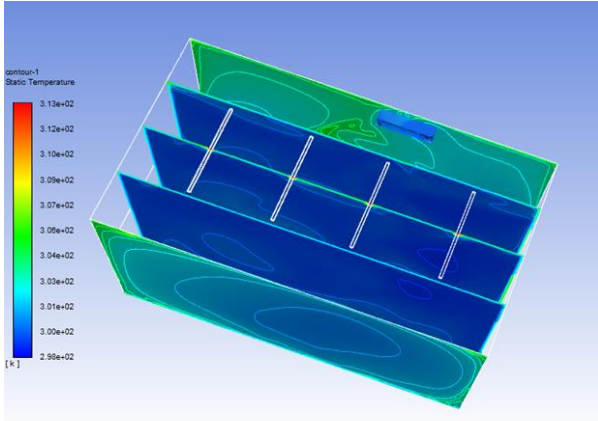


Hình 3: Trường tốc độ gió

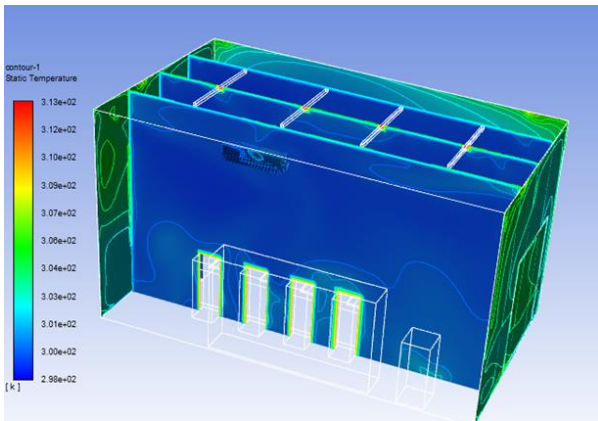
Qua hình ảnh ta thấy luồng không khí bắt đầu từ cửa thổi của điều hòa với tốc độ khoảng 6,5 m/s, luồng này thổi tới bàn làm việc thì bắt đầu tỏa ra, không khí có xu hướng di chuyển theo chiều dọc của phòng, tạo thành hai vòng xoáy tốc độ nhỏ tại phía hai đầu của phòng sau đó quay về cửa hồi. Khu vực người ngồi làm việc có tốc độ dao động từ 2m/s - 2,5m/s và luồng gió có độ tản mát cao, không thổi mạnh hay trực tiếp vào người khi ngồi làm việc, với tốc độ gió và hướng gió này hoàn toàn phù hợp với yêu cầu kỹ thuật và cũng đáp ứng được yếu tố về mặt cảm nhận cũng như sức khỏe của người dùng.

4.2. Phân bố nhiệt độ trong phòng

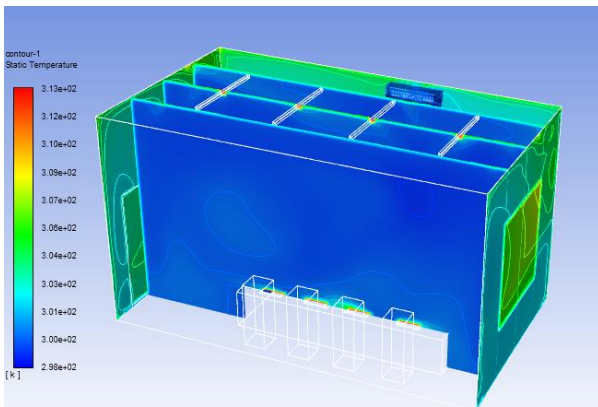
Phân bố nhiệt độ trong phòng khi nhiệt độ tại cửa hút đạt nhiệt độ điểm đặt 27°C được trình bày trên hình 4 – 6 tại thời điểm nhiệt độ của không khí tại miệng hồi đạt gần tới nhiệt độ điểm đặt.



Hình 4: Trường nhiệt độ theo lát cắt dọc



Hình 5: Trường nhiệt độ theo lát cắt ngang qua người trong phòng



Hình 6: Trường nhiệt độ theo lát cắt ngang

Để dàng nhận thấy rằng, trường nhiệt độ của không khí trong phòng trải đều ở nhiệt độ 27°C . Cơ thể người có nhiệt độ ở khoảng 37°C , bóng đèn tuýp có nhiệt độ khoảng $37^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ của laptop khoảng $35^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$ theo đúng khuyến cáo của nhà sản xuất. Ngoài ra, nhiệt độ phần không khí tiếp xúc với tường, trần cao hơn so với khoảng không gian trong phòng do đây là phần biên tiếp giáp với môi trường ngoài.

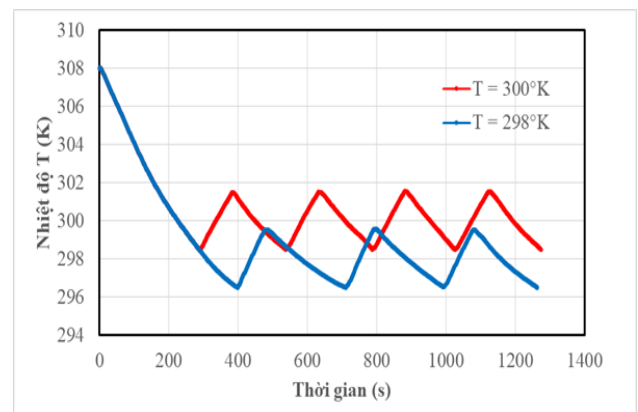
4.3. Sự thay đổi nhiệt độ trong phòng

1. Khi có sự thay đổi nhiệt độ điểm đặt, nhiệt độ ngoài trời là 35°C

Cảm biến nhiệt độ thường được đặt tại miệng hút của dàn lạnh điều hòa dựa vào nhiệt độ gió hồi để điều khiển chế độ chạy cho dàn lạnh. Giả sử ở đây có bài toán dàn lạnh chạy ở chế độ ON/OFF. Để nhiệt độ phòng luôn duy trì ở khoảng nhiệt độ điểm đặt và xác định khoảng thời gian on/off của điều hòa không khí thì dải nhiệt độ mà cảm biến đo được phải nằm trong khoảng $[a, b]$ với a là nhiệt độ điểm đặt trừ $1,5^{\circ}\text{C}$ và b là nhiệt độ điểm đặt cộng $1,5^{\circ}\text{C}$ cụ thể với trường hợp đang mô phỏng như bảng 1.

Bảng 1: Khoảng nhiệt độ điểm đặt

Nhiệt độ điểm đặt, t_d	25°C	27°C
Khoảng nhiệt độ on/off	$25^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$	$27^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$



Hình 7: Nhiệt độ phòng theo thời gian ứng với hai nhiệt độ điểm đặt

Nhiệt độ trung bình của gió hồi tại miệng hút của dàn lạnh khi điều hòa không khí hoạt động theo chu trình on/off tại hai nhiệt độ điểm đặt

25°C và 27°C theo thời gian ta có đồ thị như hình 7 và bảng 2

Bảng 2: Thời gian chạy máy của dàn lạnh khi nhiệt độ cài đặt khác nhau

Nhiệt độ điểm đặt		25°C	27°C
Thời gian (s)	Từ nhiệt độ t_n tới t_d	398	289
	Chu kỳ ON	210	154
	Chu kỳ OFF	85	93
Tổng lượng nhiệt lấy đi (kJ)	Từ nhiệt độ t_n tới t_d	2825,8	2051,9
	Chu kỳ ON	1491	1093,4

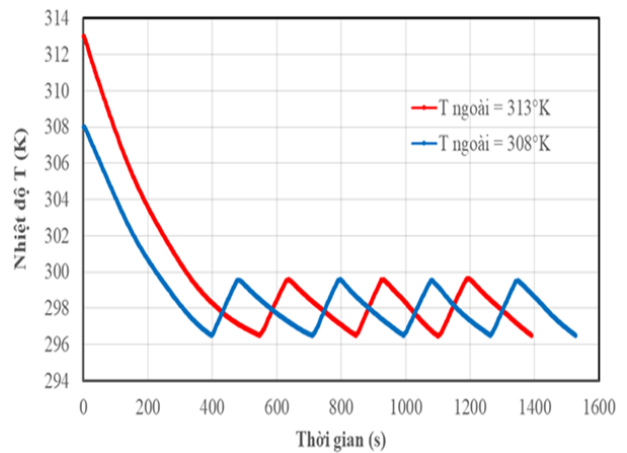
Ta thấy rằng, khoảng thời gian cần để điều hòa không khí có thể đưa nhiệt độ phòng đạt nhiệt độ cận dưới là tương đối lớn. Sau khoảng thời gian này thì điều hòa được hoạt động theo chế độ on/off. Khi tăng nhiệt độ điểm đặt lên 2°C thì khoảng thời gian này giảm đi 109s. Một chu kỳ chế độ on/off của đồ thị nhiệt độ điểm đặt 27°C ngắn hơn đáng kể so với nhiệt độ điểm đặt là 25°C. Xét một cách chi tiết, thời gian máy nghỉ của nhiệt độ điểm đặt 27°C là lớn hơn và thời gian máy chạy thì lại nhỏ hơn. Vì vậy, khi tăng nhiệt độ điểm đặt thì máy tiêu tốn sẽ ít năng lượng hơn. Ở mỗi chu kỳ ON/OFF, tổng lượng nhiệt mà dàn lạnh đã lấy đi khi cài đặt ở 25°C tăng 26.1% so với chế độ 27°C.

2. Khi nhiệt độ môi trường thay đổi

Để có thể thấy rõ sự tác động của nhiệt độ môi trường đến hoạt động của điều hòa thì các thông số cài đặt khác cần không đổi, vì vậy ta so sánh với trường hợp nhiệt độ điểm đặt là 25°C với $t_n=35°C$ và $t_n=40°C$. Kết quả được trình bày ở hình 8 và bảng 3.

Qua hình 8 ta thấy rằng thời gian để đạt tới nhiệt độ điểm đặt khi nhiệt độ ngoài trời 40°C dài hơn so với điều kiện ngoài trời 35°C (110s). Đó là do khi nhiệt độ ban đầu càng lớn thì nhiệt cần lấy đi càng lớn và thất thoát nhiệt thông qua kết cấu bao che càng lớn. Bảng 3 thể hiện rõ hơn thời gian để đạt tới nhiệt độ điểm đặt và tổng năng suất lạnh tiêu tốn trong khoảng thời gian

này tại điều kiện nhiệt độ ngoài trời thay đổi. Xét trong một chu kỳ on/off của hai trường hợp này, ta thấy rằng với nhiệt độ ngoài là 40°C thì thời gian máy chạy là nhiều hơn và thời gian máy nghỉ ngắn hơn. Điều này cho thấy nhiệt độ ngoài trời cao, khiến cho máy điều hòa phải hoạt động nhiều hơn, đồng nghĩa với việc tiêu tốn năng lượng hơn. Do theo giả thiết của mô hình thì trong khoảng thời gian ON, dàn lạnh coi như một nguồn nhiệt âm có $q_v = \text{const}$ nên phần trăm tăng về khoảng thời gian chạy ON chính là phần trăm tăng về tổng lượng nhiệt mà dàn lạnh lấy đi trong mỗi kỳ máy ON. Ở mỗi chu kỳ ON/OFF, tổng lượng nhiệt mà dàn lạnh đã lấy đi khi nhiệt độ ngoài trời là 40°C tăng 9.5% so với trường hợp nhiệt độ ngoài trời là 35°C.



Hình 8: Nhiệt độ phòng theo thời gian khi nhiệt độ môi trường khác nhau

Bảng 3: Thời gian chạy máy khi của dàn lạnh khi nhiệt độ ngoài trời khác nhau

Nhiệt độ ngoài trời		35°C	40°C
Thời gian (s)	Từ nhiệt độ t_n tới t_d	398	527
	Chu kỳ ON	210	230
	Chu kỳ OFF	85	78
Tổng lượng nhiệt lấy đi (kJ)	Từ nhiệt độ t_n tới t_d	2825,8	3741,7
	Chu kỳ ON	1491	1633

4.4. Đánh giá chất lượng không khí trong phòng

Chất lượng không khí trong nhà ảnh hưởng tới sức khỏe và sự thoải mái của người trong nhà. Có nhiều yếu tố chính tác động tới chất lượng không khí bao gồm các chất gây ô nhiễm như cacbon dioxit (CO₂), cacbon monoxit (CO), bụi mịn, các hợp chất hữu cơ (VOCs), nấm mốc... Mức độ giới hạn cho phép của các chất gây ô nhiễm đã được quy định trong nhiều tiêu chuẩn quốc gia như ASHRAE 62.1 (Mỹ), TCVN 10736 (Việt Nam), EN 13779 (châu Âu). Cơ quan bảo vệ môi trường EPA của Mỹ đã đưa ra chỉ số chất lượng không khí (Air Quality Index – AQI). Tuy nhiên AQI chỉ áp dụng cho môi trường không khí ngoài trời với tác động của 6 yếu tố như CO, SO₂, NO₂, O₃, PM2.5, PM10. Để đánh giá chất lượng không khí trong nhà, chỉ số IAQI (Indoor Air Quality Index) được đề xuất dựa trên AQI với tác động thêm của CO₂ và VOCs [12]. Bảng 4 trình bày về chỉ số IAQI và giới hạn ô nhiễm. Trong phạm vi của nghiên cứu này chỉ xét tới khí CO₂ do con người làm việc tại văn phòng thải ra trong quá trình hô hấp để đánh giá chất lượng không khí của văn phòng.

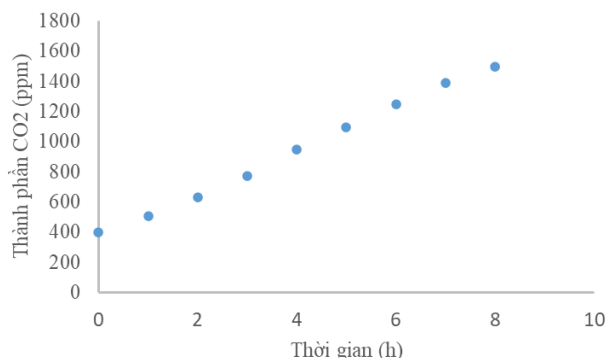
Bảng 4: Chỉ số IAQI và giới hạn ô nhiễm [12]

CO ₂ (ppm)	IAQI	
340-600	100-76	Tốt
601-1000	75-51	Trung bình
1001-1500	50-26	Xấu
1501-5000	25-0	Nguy hiểm

Việc mô phỏng trao đổi khí CO₂ và O₂ được thực hiện bởi mô hình Species model trong Fluent, trong đó mũi người được coi là khối lập phương có cạnh 1.5 cm, là nguồn phát CO₂ và nguồn thu O₂. Thành phần CO₂ ban đầu bằng 400ppm. Mật độ CO₂ trung bình của mặt phẳng giữa bàn làm việc thay đổi theo thời gian được thể hiện ở hình 9, con số cụ thể ở một số thời điểm thể hiện ở bảng 5.

Trong toàn bộ thời gian của quá trình tính toán kéo dài 8 tiếng, mật độ khí CO₂ trong phòng tăng dần từ nồng độ ban đầu là 400 ppm. Từ bảng 5 ta thấy rằng nếu 8 nhân viên luôn làm

việc, không đi ra ngoài trong khoảng thời gian 8 tiếng này (tổng thời gian hành chính trong 1 ngày) thì phát thải khí CO₂ trong 5 giờ đầu luôn duy trì ở mức chất lượng không khí trung bình trở lên. Sau thời điểm này chất lượng không khí giảm chất lượng xuống mức xấu, tuy nhiên chưa ở mức độ nguy hiểm.



Hình 9: Thành phần trung bình của khí CO₂ theo thời gian

Bảng 5: Mật độ khí CO₂ theo thời gian

Thời gian (giờ)	0	2	4	5	6	8
Mật độ (ppm)	400	660	929	1071	1208	1498

Tuy nhiên có thể nói đây là mật độ khí CO₂ cực đại mà văn phòng đang xét đến có thể đạt tới. Bởi vì trong thực tế cuộc sống, không phải lúc nào cũng luôn có mặt và đủ 8 người cùng làm việc trong khoảng thời gian 8 giờ. Bên cạnh đó, trong mô phỏng này, đã bỏ qua vấn đề thất thoát nồng độ CO₂ do mở cửa ra vào. Nhưng để có thể chắc chắn và bằng một phương pháp có tính khoa học, ta nên bổ sung khí tươi cho văn phòng này theo một tỉ lệ hòa trộn thích hợp, để có thể cải thiện chất lượng không khí tốt hơn. Nhưng với các kết quả nhận được từ mô phỏng thì chất lượng không khí mà ta đang có là hoàn toàn có thể chấp nhận.

V. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã trình bày kết quả mô phỏng của một văn phòng sử dụng điều hòa không khí điển hình tại Việt Nam. Các trường hợp của bài toán mô phỏng gồm cùng nhiệt độ điểm đặt nhưng điều kiện nhiệt độ môi trường khác nhau và nhiệt độ điểm đặt khác nhau nhưng cùng

hiệt độ môi trường. Bên cạnh đó là đánh giá chất lượng không khí trong văn phòng với tham số là mật độ khí CO₂ do nhân viên văn phòng thải ra sau quá trình hô hấp trong 8 giờ liên tục. Mô phỏng này được thực hiện ở chế độ không ổn định nhằm theo dõi sự thay đổi các thông số của không khí trong phòng với khoảng thời gian nhất định kể từ khi bắt đầu sử dụng điều hòa không khí.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, ANSYS Fluent là một công cụ hiện đại, đáp ứng được yêu cầu thực tế và rất phù hợp ứng dụng mô phỏng lĩnh vực điều hòa không khí. Máy điều hòa không khí với thông số kỹ thuật đã chọn và phương án thiết kế lắp đặt đáp ứng đủ các yêu cầu về tiện nghi khi tốc độ gió ở mức độ phù hợp cũng như trường nhiệt độ trong phòng là khá đồng đều. Ở cùng nhiệt độ điểm đặt khi nhiệt độ của môi trường tăng từ 35°C lên 40°C ta cần tiêu tốn thêm gần 9.5% năng suất lạnh để đảm sự tiện nghi không thay đổi. Nếu nhiệt độ điểm đặt thay đổi với $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ ta có thể tiết kiệm lên tới 26.1% lượng nhiệt cần lấy đi.

Bởi sự phân tán nhanh của khí CO₂ vào không gian của văn phòng do tác dụng của luồng

gió điều hòa không khí nên mật độ khí CO₂ trong phòng là tương đối đồng đều, khu vực gần với nhân viên văn phòng mật độ khí CO₂ lớn hơn do hơi thở sau hô hấp mang nồng độ CO₂ lớn. Trong 5 giờ đầu, chất lượng không khí của văn phòng luôn ở mức trung bình trở lên. Sau thời điểm này, chất lượng không khí giảm xuống mức xấu nhưng cho dù kết thúc mô phỏng tại thời điểm 8 giờ thì chất lượng không khí vẫn chưa rơi xuống mức độ nguy hiểm. Tuy nhiên, đây là mật độ khí CO₂ cực đại mà văn phòng có thể đạt tới, do thực tế còn có nhiều yếu tố tạo nên sự sụt giảm mật độ khí CO₂ như mở cửa ra vào hay số lượng nhân viên cùng làm việc. Vì thế, chất lượng không khí của văn phòng mà ta nhận được là có thể chấp nhận.

Các nghiên cứu này đã đạt những kết quả bước đầu và vẫn cần phải được đánh giá lại bằng thực nghiệm. Các nghiên cứu có thể làm nền tảng cho việc mô phỏng mô hình phức tạp và sát thực tế hơn để làm cơ sở cho việc tối ưu hóa hoạt động của hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. SHAN, X.; LU, W.-Z.; HUI, S. Dynamic Performance of Indoor Environment and Energy Consumption of Air Conditioning System under Intermittent Mode. *Energy Procedia* 2019, 158(2), 3821–3826.
2. Yang, L.; Ye, M.; He, B.-J. CFD simulation research on residential indoor air quality. *The Science of the total environment* 2014, 472, 1137–1144.
3. Gao, C.F.; Lee, W.L.; Chen, H. Locating room air-conditioners at floor level for energy saving in residential buildings. *Energy Conversion and Management* 2009, 50(8), 2009–2019.
4. Zheng, C.; You, S.; Zhang, H.; Zheng, W.; Zheng, X.; Ye, T.; Liu, Z. Comparison of air-conditioning systems with bottom-supply and side-supply modes in a typical office room. *Applied Energy* 2018, 227(13), 304–311.
5. Duan, R.; Wang, X.; Song, Y.; Liu, J. Influence of Air-conditioning Outdoor Unit Arrangement Strategy on Energy Consumption. *Procedia Engineering* 2016, 146(7), 350–358.
6. Popovici, C.G. HVAC System Functionality Simulation Using ANSYS-Fluent. *Energy Procedia* 2017, 112, 360–365.
7. Panagopoulos, I.K.; Karayannis, A.N.; Kassomenos, P.; Aravossis, K. A CFD Simulation Study of VOC and Formaldehyde Indoor Air Pollution Dispersion in an Apartment as Part of an Indoor Pollution Management Plan. *Aerosol and Air Quality Research* 2011, 11(6), 758–762.

8. Siddiqui, M.; Jayanti, S.; Swaminathan, T. CFD analysis of dense gas dispersion in indoor environment for risk assessment and risk mitigation. *Journal of hazardous materials* 2012, 209-210, 177–185.
9. ANSYS Inc. Theory guide, 2019.
10. Lomax, H.; Pulliam, T.H.; Zingg, D.W. *Fundamentals of computational fluid dynamics*; Springer-Verlag Berlin Heidelberg: Germany, 2001.
11. Mathur, G. Use of Partial Recirculation to Limit Build-Up of Cabin Carbon Dioxide Concentrations to Safe Limits per ASHRAE Standard-62. In, APR. 21, 2020.
12. Saad, S.M.; Shakaff, A.Y.M.; Saad, A.R.M.; Yusof, A.M.; Andrew, A.M.; Zakaria, A.; Adom, A.H. Development of indoor environmental index: Air quality index and thermal comfort index. In, Penang, Malaysia, 16–18 November 2015; 20043.

STUDY OF INDOOR ENVIRONMENT FOR TYPICAL OFFICE USING AIR CONDITIONER BY ANSYS FLUENT

Thi Thu Hang Tran¹, Hai Trung Vu¹, TRAN THI THU HUONG²

¹School of Mechanical Engineering, Hanoi University of Science and Technology, Hanoi, Vietnam

²Electronics Department, University of Economics - Technology for Industries

E-mail: hang.tranthithu@hust.edu.vn

ABSTRACT

One typical office using air conditioner which is controlled by ON/OFF mode is simulated by Computational Fluid Dynamic (CFD). In which, temperature and velocity fields are studied for different setting indoor temperatures and ambient temperatures. Besides, the distribution of CO₂ concentration versus time also is evaluated. The results show that the decrease in setting indoor temperature and the increase in the ambient temperature gives the significant longer ON period and higher energy consumption. The average CO₂ concentration is good and acceptable for the first 5 hours. The velocity and temperature are evenly distributed in the room and meet the indoor comfortable condition of human.

Keywords: CFD, Air conditioning, simulation, office, temperature distribution, CO₂ distribution