

MÔ PHỎNG THÔNG GIÓ CƯỜNG BỨC TRONG CÔNG TRÌNH HẦM GIỮ XE

Analysis of mechanical ventilation in underground car park

Hồ Thái Bảo¹, và Trương Tích Thiện²

¹Trường Đại học Kinh tế Công nghiệp Long An, Long An, Việt Nam
hothaibao06011ongan@gmail.com.vn

²Khoa Khoa học ứng dụng, Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG TP.HCM, Việt Nam
tttruong@hcmut.edu.vn

Tóm tắt — Khi xây dựng hầm xe, ta cần quan tâm đến nhiều vấn đề chống cháy nổ, đạt độ thông thoáng cho phép đảm bảo sức khỏe con người trong đó độ thoáng khí là yếu tố quan trọng nhất. Khó khăn hiện nay của bài toán hầm xe là lượng gió tự nhiên chưa đủ để làm thoáng cho không khí dưới hầm, thiết kế hầm chưa đạt hiệu quả cao nhất để đón gió theo hướng tự nhiên, chi phí cao khi sử dụng phương pháp thông gió cưỡng bức, sử dụng quạt liên tục gây tiêu tốn năng lượng mặt khác hệ thống thông gió bằng quạt thông minh lại tốn rất nhiều tiền. Do đó, mục đích của nghiên cứu này là mô phỏng sự thông gió cưỡng bức trong hầm xe bằng phương pháp thể tích hữu hạn, để giải quyết bài toán động lực học lưu chất, dựa trên chương trình Ansys, để đảm bảo rằng các vị trí quan trọng trong tầng hầm đạt độ thoải mái nhất định.

Abstract — When building a basement parking garage, we need to pay attention to many issues to prevent fire and explosion, achieve ventilation to ensure human health, in which ventilation is the most important factor. The current difficulty of the basement parking garage problem is that the amount of natural wind is not enough to clear the air in the tunnel, the tunnel design is not the most effective to catch the wind in the natural direction, the cost is high when using the method. Forced ventilation, using a extractor fan consumes energy, on the other hand, a smart extractor fan costs a lot of money. Therefore, the purpose of this study is to simulate forced ventilation in basement parking garage by finite volume method, to solve the problem of computational fluid dynamics (CFD) based on Ansys program, to ensure that the important positions in the basement reach a certain level of comfort.

Từ khóa — Thông gió cưỡng bức, động lực học lưu chất, forced ventilation, computational fluid dynamics, Ansys.

1. Giới thiệu

Tầng hầm của một ngôi nhà hay tòa nhà là không gian phụ dành riêng để xe, kết hợp với chứa đồ, phòng kỹ thuật, hệ thống điều hòa không khí,... Thiết kế có thể nằm một phần (bán hầm) hoặc nằm sâu trong lòng đất. Đối với tầng hầm nằm âm trong mặt đất, vật liệu xây dựng phải là loại đặc biệt, yêu cầu các cột trụ của tầng hầm phải vững chắc để có thể chịu sức ép lớn từ ngôi nhà. Hiện nay, do điều kiện diện tích đất đô thị ít nên việc thiết kế nhà có tầng hầm rất phổ biến, để giải quyết chỗ để xe phòng kỹ thuật cũng như cách âm khá tốt cho ngôi nhà và tầng diện tích sử dụng hữu ích. Hiện nay hầu hết các hầm của các tòa nhà cao tầng mọc lên trên thế giới tiêu thụ lượng năng lượng khổng lồ cho việc làm thoáng khí, và nhiệt độ trong hầm. Vì vậy, việc điều hòa không khí và nhiệt độ trong các hầm giữ xe của các tòa nhà đang là một trong những vấn đề cần được quan tâm hiện nay.

Việc xây những hầm giữ xe đã và đang xuất hiện rất phổ biến ở nước ta nhưng một trong những vấn đề đang được quan tâm nhất là độ thông thoáng của hầm xe và tỷ lệ xảy ra hỏa hoạn cháy nổ do khí thải của xe xả ra khi vừa hoạt động cũng đang được quan tâm rất nhiều từ các nhà đầu tư lớn. Một số đề tài mô phỏng thông gió trong nước (Đặng Việt Minh, 2012) và nước ngoài (Xiangyu, 2016) đã tiến hành nghiên cứu để tạo nên một hệ thống thông gió dựa vào công cụ mô phỏng số và tiêu chuẩn thoải mái. Sử dụng phương pháp số trong lý thuyết động lực học lưu chất để xác định lượng gió tối thiểu và nồng độ khí thải đã hợp tiêu chuẩn chưa, đưa ra đề xuất cải thiện tăng hiệu quả hầm xe.

Do vậy việc mô phỏng và tối ưu hệ thống thông gió của hầm giữ xe bằng phương pháp số là hết sức cấp bách và thiết thực nhằm góp phần giải quyết các vấn đề về sự thoải mái của người làm việc và đến gửi xe trong hầm, góp phần hạn chế chống cháy nổ xảy ra trong hầm khi có sự rò rỉ xăng, dầu trong hầm; tiết kiệm chi phí và năng lượng trong thời đại mới hiện nay.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Những phương trình chủ đạo của CFD (Đặng Việt Minh, 2012)

Những phương trình chủ đạo trong động lực học lưu chất được tích hợp vào quá trình mô phỏng thông gió cưỡng bức:

- Phương trình Navier – Stokes.
- Phương trình bảo toàn khối lượng (phương trình liên tục).
- Phương trình bảo toàn động lượng.
- Phương trình bảo toàn năng lượng.

2.2. Giới thiệu ADPI (Võ Chí Chính, 2007)

ADPI được sử dụng như một thước đo để đánh giá hiệu suất của một hệ thống phân phối không khí trong một phòng hay một khu vực. Giá trị của nó phụ thuộc chủ yếu vào nhiệt độ và vận tốc dòng không khí trong phòng.

ADPI được định nghĩa là tỷ lệ phần trăm của các phép đo được thực hiện trong một không gian bị chiếm dụng, nơi nhiệt độ dự thảo hiệu dụng (EDT) nằm trong khoảng từ -1,5 đến + 1°K, với vận tốc không khí nhỏ hơn 0,35 m/s (nguyên tắc cơ bản Ashrae, 2001).

ADPI 100% ngụ ý các phép đo được thực hiện tại tất cả các điểm lấy mẫu, trong vùng không gian đang xét phù hợp với các tiêu chí đã cho ở trên và do đó điều kiện nhiệt trong không gian đó được mong đợi ở mức chấp nhận được.

Hầu hết các hệ thống phân phối không khí được thiết kế để đạt được ADPI từ 80% trở lên (nguyên tắc cơ bản Ashrae, 2001).

$$\theta = (t_x - t_c) - 8(V_x - 0,15) \quad (1)$$

Trong đó:

- θ – Nhiệt độ dự thảo hiệu dụng (EDT) (°K).
- t_x – Nhiệt độ tại điểm lấy mẫu (°K).
- t_c – Nhiệt độ trung bình của dòng không khí (°K).
- V_x – Vận tốc tại điểm lấy mẫu (m/s).

3. Mô hình và kết quả

Mô hình là hầm giữ xe của tòa nhà căn hộ BOTANICA PREMIER.

Địa chỉ: Số 108 đường Hồng Hà, Phường 2, Quận Tân Bình, Thành phố Hồ Chí Minh.

Chủ đầu tư: Tập đoàn Novaland.

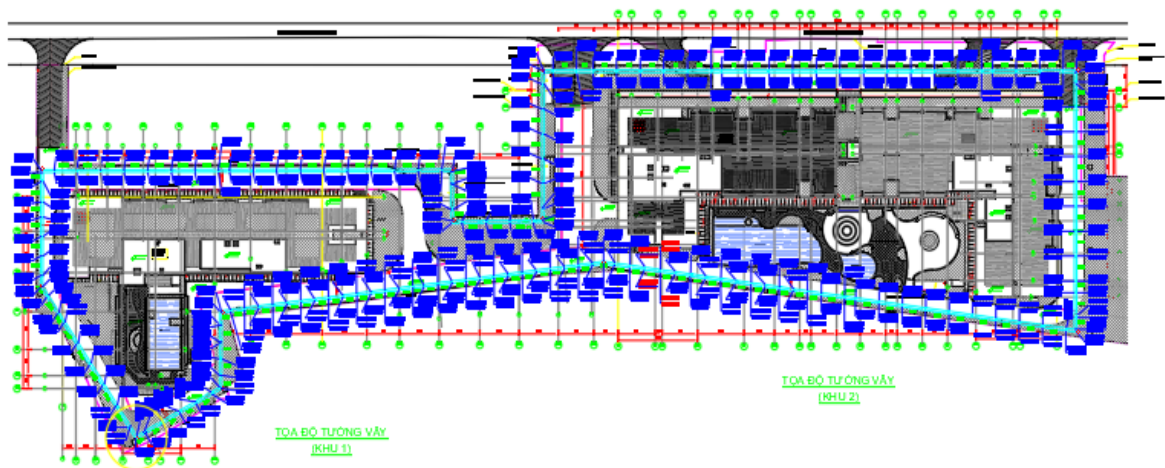
Quy mô: Gồm 3 tháp căn hộ cao cấp 20 tầng, 2 tầng hầm để xe, gồm các Shop house + 100 Officetel + 909 căn hộ.

Tiện ích nội khu: Có 2 hồ bơi rộng lớn, phòng tập Gym, Sauna, Cafe, khu vui chơi trẻ em, công viên 6000 m².

Tiện ích ngoại khu: Gần sân bay quốc tế Tân Sơn Nhất, công viên Gia Định, công viên Hoàng Văn Thụ.

Tổng diện tích khu đất: Khoảng 17,772 m².

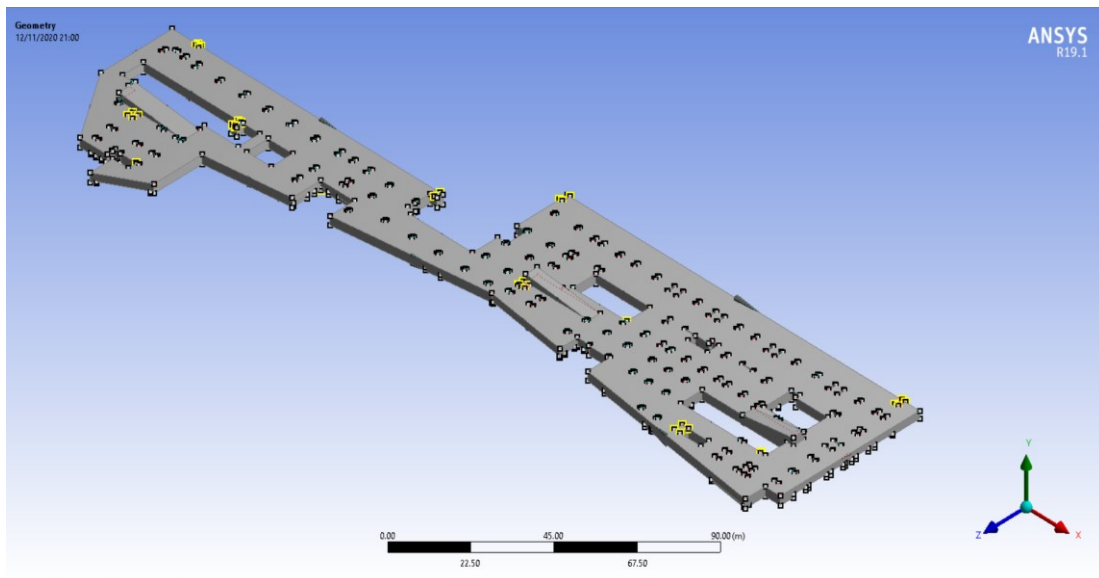
Hầm giữ xe gồm 2 hầm có kích thước ngang nhau, theo hình chữ chi vì theo diện tích đất không cho phép. Sơ đồ của hai khu vực hầm giữ xe được thể hiện trong bản vẽ mặt bằng tổng thể tầng 1, như được mô tả trong hình 1.



Hình 1. Mặt bằng tổng thể hầm 1

Mô hình sau khi được tích hợp vào phần mềm Ansys dưới dạng một khối hình học lưu chất. Tính toán vận tốc gió cho công trình tại thời điểm tháng 12 trong năm với vận tốc gió trung bình $\bar{V}_0 = 2.5 \text{ m/s}$ và nhiệt độ trung bình tháng là 25°C .

Công trình đang nghiên cứu nằm ở khu vực đô thị (có nhiều công trình cao trên 50m) tức là thuộc dạng địa hình V. Ta chọn $a = 0,29$ và $b = 0,54$. Thay $a, b, \bar{V}_0$ vào công thức tính hàm vận tốc gió phân bố theo địa hình ta được kết quả sau. Dưới tầng hầm thì âm dưới mặt đất ở đây theo địa hình và hướng gió của tòa nhà thì vận tốc gió gần bằng 1 m/s .

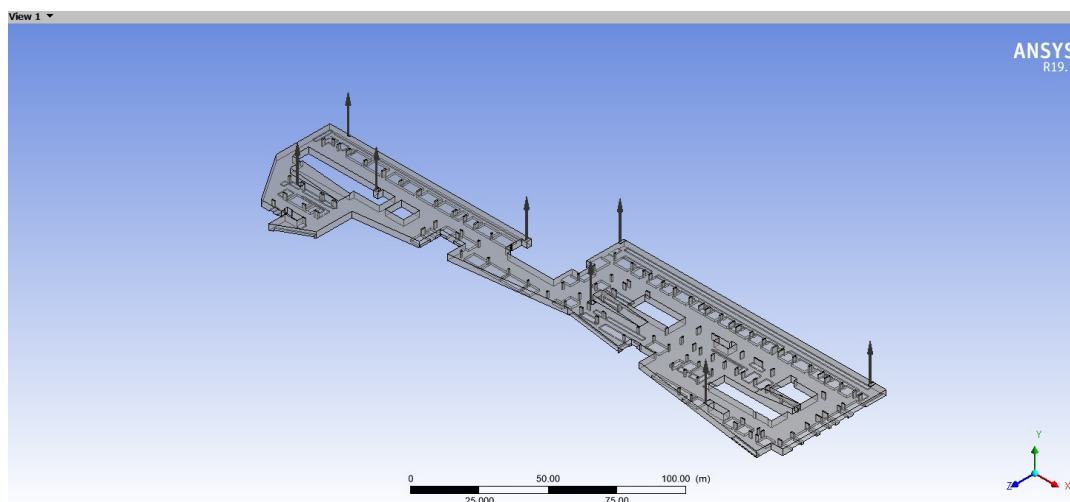


Hình 2. Mô hình khối lưu chất được đưa vào Ansys

Tầng hầm có 3 cầu thang lớn, các máy quạt hút ly tâm Jetfan với lưu lượng lớn các dòng nhiệt từ xe máy và ô tô tỏa ra.

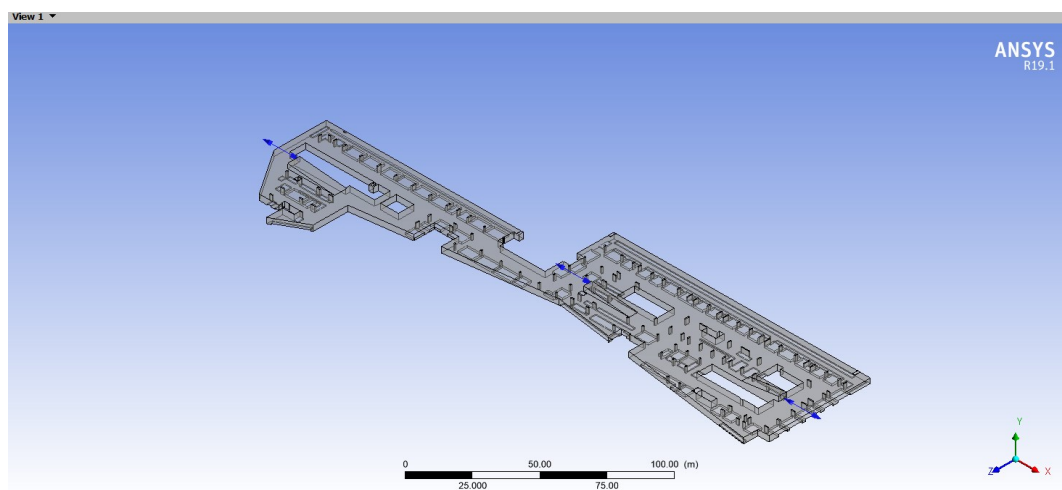
Những yếu tố trên là những điều kiện biên cho bài toán. Máy quạt hút model JetPL-C-50-4 có thông số lưu lượng là $6196 \text{ m}^3/\text{h}$. Đây là thông số điều kiện biên cho máy hút Jetfan trong bài toán. Nó được định nghĩa dạng outlet trong Ansys và thông số lưu lượng (lưu lượng được hút ra) là $6196 \text{ m}^3/\text{h}$. Dựa trên thiết kế hầm giữ xe, mô hình khối lưu chất được xây dựng và đưa vào Ansys, có dạng như được mô tả trong hình 2.

Hình 3 cho biết vị trí phân bố của các quạt hút, với các mũi tên đen đóng lên trên là nơi máy quạt hút được lắp đặt bao gồm: 8 máy được lắp bao quanh tầng hầm có cùng công suất. Cầu thang là nơi không khí ra vào nên kiểu điều kiện biên được chọn trong Ansys là Opening.



Hình 3. Nơi phân bố của máy quạt hút

Áp suất tại mặt cầu thang là 0 Pa, tại các vị trí như được thể hiện trong hình 4. Nhiệt độ từ xe máy và ô tô tỏa ra làm cho tầng hầm nóng lên. Ảnh hưởng nhiệt độ từ xe máy và ô tô là rất lớn, điều kiện biên chính cần xét đến. Nhiệt độ trong bài toán được chọn ngẫu nhiên là 70°C.

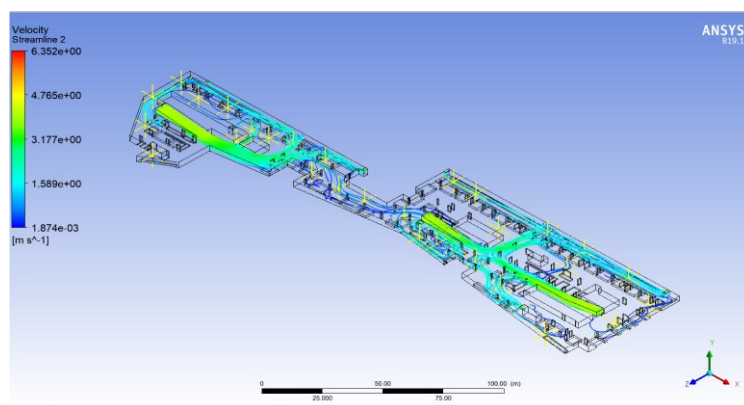


Hình 4. Vị trí các cầu thang

Do chưa tìm được một nguồn về sự tỏa nhiệt của xe máy và ô tô. Nhiệt độ trong bài toán được chọn ngẫu nhiên là 70°C, xét trường hợp xấu nhất là các xe đều về cùng 1 lượt và vừa đi đường dài về nên nhiệt độ tỏa ra sẽ dao động từ 70 - 100°C. Xét 2 trường nhiệt độ và vận tốc để so với độ thích nghi của con người với môi trường.

Kết quả được dựa trên các điều kiện biên trên dựa trên bài toán ổn định. Kết quả được xét so với điều kiện thích nghi con người theo tiêu chuẩn ADPI. Chọn ra 29 điểm trong hầm thường xuyên có sự di chuyển của các nhân viên làm việc của tòa nhà cũng như các khách hàng đến gửi xe và làm việc, ở trong tòa chung cư để tính mức độ thoải mái tại các điểm đó. Chọn chiều cao 1,5 m - 1,7 m theo chiều cao trung bình của người Việt Nam. Ở đây chọn chiều cao 1,5 m để phù hợp cho trẻ em hơn.

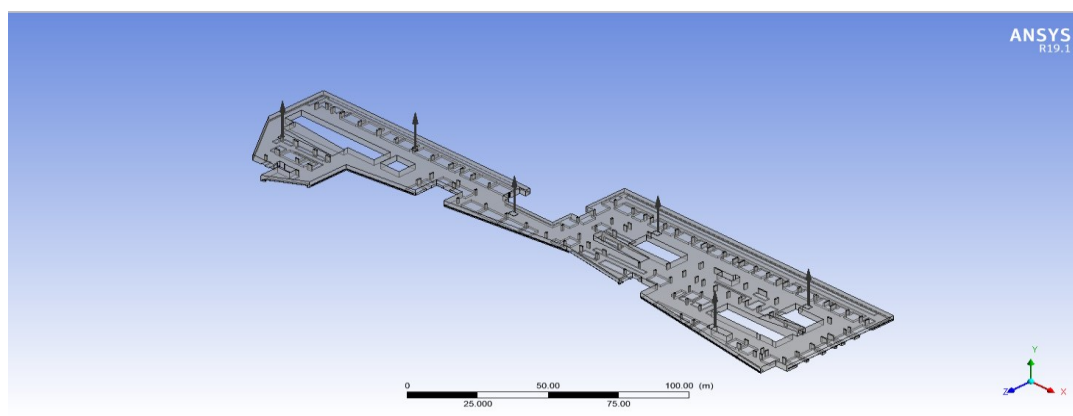
Nhiệt độ phân bố từ 302°K đến 322°K, tại 29 điểm thuộc mặt phẳng 1,5m nhiệt độ thấp nhất bằng với điều kiện biên không khí ban đầu là 29°C, được đánh dấu chữ thập màu vàng như trong hình 5. Phân bố chủ yếu là từ 29°C - 48°C. Nơi góc gần quạt hút chịu nhiệt độ cao nhất do quạt hút nhiệt độ lên để xử lý và đưa ra bên ngoài hầm xấp xỉ 48°C, nên lưu ý không nên để xe gần khu vực quạt hút.



Hình 5. Có 29 điểm xét mức độ thoải mái

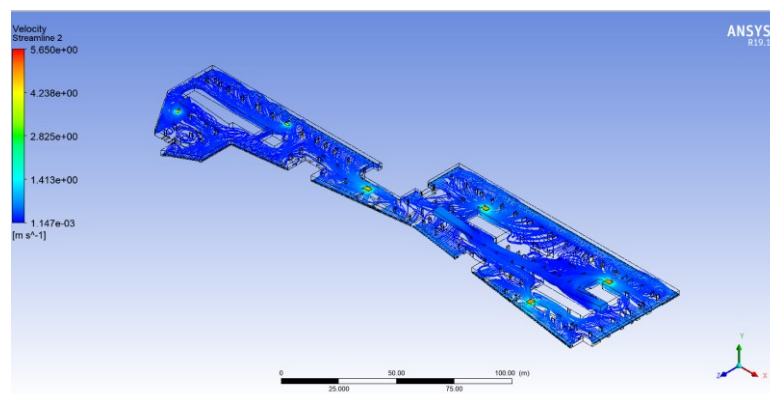
Kết quả tổng quan cho thấy nhiệt độ tỏa ra từ xe máy và ô tô ảnh hưởng đến tầng hầm không lớn lắm đa phần nằm ở mức 302 - 305°K. nhiệt độ khá thoải mái cho hầm. Đánh giá chung nhiệt độ nằm trong khoảng 302 - 305°K.

Trường vận tốc đa số nằm dưới 0,5 m/s bao quanh hầu hết những điểm được xét của tầng hầm. Có một vài điểm gần quạt hút, và nằm ở cầu thang nên chịu lực hút lớn dẫn đến trường vận tốc gió tại các vị trí này lớn. Tuy nhiên điều này vẫn không ảnh hưởng nhiều đến hoạt động của cư dân khi xuống hầm giữ xe.



Hình 6. Thay đổi vị trí và số lượng quạt hút

Kết quả cho thấy tuy gió nhẹ và phòng vẫn đảm bảo nhiệt độ tiêu chuẩn. Không cần gió tốc độ cao như bão có thể xua tan cơn nóng trong tầng hầm, kết luận hầm này đạt tiêu chuẩn. Tuy nhiên vẫn còn có một số điểm thường xuyên có sự xuất hiện của nhân viên di chuyển qua lại nhưng kết quả nhiệt độ dự thảo hiệu dụng và vận tốc gió cho kết quả khá xấu với đa số là do vận tốc gió quá lớn tại điểm đó (lớn hơn 1 m/s), hoặc nhiệt độ cao và vận tốc gió thấp không đảm bảo được sự hút nhiệt của quạt nên điểm đó khá xấu cần được tối ưu lại cho tiện lợi hơn.



Hình 7. Trường vận tốc sau khi tối ưu

Để tiết kiệm chi phí vận hành và giảm áp lực và nhiệt độ tại 1 số điểm ta đang xét chưa đạt tiêu chuẩn, ở trong bài tính ở trên ta cần tối ưu hóa lại công trình hầm giữ xe cho hầm đạt được tối ưu nhất cả về thiết kế, chi phí vận hành cũng như chi phí xây dựng và độ thoải mái cho hầm giữ xe, bằng cách thay đổi cách bố trí quạt hút, như được mô tả trong hình 6. Sau đó tiến hành mô phỏng lại bài toán động lực học lưu chất, thu được kết quả trường vận tốc tốt hơn như trong hình 7.

4. Kết luận

Đối với bài toán mô hình tổng thể, kết quả tính toán về phân bố vận tốc cho thấy mô hình không được thông thoáng nếu sử dụng thông gió tự nhiên.

Với những kết quả mô phỏng được cho thấy, vận tốc gió đạt được lớn nhất (khoảng 3,167 m/s) tập trung ở những vùng cửa ra. Gió không thể đi qua hết các vị trí và các phòng trong hầm.

Về phần nhiệt độ, nhìn chung nhiệt độ trung bình của hầm trong khoảng 25°C – 32°C, là khoảng nhiệt độ có thể chấp nhận được trong vùng khí hậu ở Thành phố Hồ Chí Minh nhưng vẫn chưa phải là vùng nhiệt độ tiện nghi. Đối với những vị trí gió không đến được và tại khu vực đậu nhiều xe cần đặt thêm quạt hút (thông gió cưỡng bức), hoặc tạo thêm độ thông thoáng cho hầm bằng cách xây dựng các giếng trời tự nhiên để tạo thêm luồng gió vào và ra cho hầm và tạo các hành lang để đảm bảo việc thông thoáng gió được tốt hơn.

Qua kết quả mô phỏng động lực học lưu chất theo thiết kế ban đầu, tác giả thay đổi vị trí và số lượng quạt hút cộng thêm xây dựng các cửa sổ lấy gió tươi từ bên ngoài vào xung quanh hầm để đảm bảo sự trao đổi không khí trong hầm. Nhờ vậy kết quả về trường vận tốc đã trở nên tốt hơn, đảm bảo việc lưu thông không khí tốt hơn trong tầng hầm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bản vẽ thi công tòa nhà Botanica Hồng Hà. Truy xuất từ <https://scgroup.com.vn/vi/bat-dong-san/du-an-da-thuc-hien/chung-cu-botanica-premier-duong-hong-ha-quan-tan-binh-1392.htm>
- [2] Đặng Việt Minh (2012). *Nghiên cứu ứng dụng phương pháp tính toán động lực học lưu chất (Computational Fluid Dynamics – CFD) trong các bài toán kỹ thuật*. Trường Đại học Nha Trang.
- [3] Võ Chí Chính (2007). *Điều hòa không khí và thông gió*. Hà Nội: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [4] Rafat, A.W., Nathan, G., Lester, P. & Mohammad, N. (2017). Indoor Air Environment of a Shopping Centre Carpark: CFD Ventilation Study. *Universal Journal of Mechanical Engineering*, 5(4), 113 – 123.
- [5] Xiangyu, Z. (2016). Thermal Comfort Research in a Naturally – Ventilated high – rise residential building. *14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate*, Ghent Belgium.

Ngày nhận: 26/5/2022

Ngày duyệt đăng: 14/3/2023