

KHẢO SÁT DÒNG VÀO VAN CẤP KHÍ TRONG HỆ THỐNG THẢI TRO BAY NHIỆT ĐIỆN THÔNG QUA SỬ DỤNG CFD

Nguyễn Chí Cường¹, Nguyễn Hữu Lương¹, Ngô Văn Hệ^{2*}
¹*Viện Nghiên cứu Cơ khí, ²Trường Đại học Bách khoa Hà Nội*

TÓM TẮT

Trong bài báo này, một số kết quả khảo sát đặc tính dòng vào qua van cấp khí trong hệ thống vận chuyển tro bay được thực hiện thông qua sử dụng CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Hệ thống thải tro nhà máy nhiệt điện được thiết kế gồm nhiều hệ thống tách, gom tro. Tro bay được thu gom, vận chuyển theo đường ống về silo tro bay. Tro bay được vận chuyển dựa trên nguyên lý hút chân không. Thiết bị van cấp khí được lắp đặt tại đầu các hệ thống ống nhánh gom tro, đây là cửa vào cho dòng khí cấp cho hệ thống đường ống vận chuyển tro bay. Nghiên cứu dòng vào qua van cấp khí bao gồm phân tích áp suất, vận tốc dòng, vùng nhiễu động dòng tại các khu vực đầu vào cửa van, thân chính. Kết quả tính toán cho thấy mức độ cấp khí qua van trong vận chuyển tro bay theo áp suất chân không trong đường ống vận chuyển thay đổi, áp suất tác động lên thân van biến thiên tùy thuộc áp suất thiết lập trong đường ống vận chuyển tro bay. Kết quả tính toán mô phỏng là cơ sở cần thiết để tính toán tốc độ dòng tro bay, lưu lượng tro bay, áp suất cần thiết để vận chuyển dòng tro bay và tính toán độ bền cho van ống trong hệ thống.

Keywords: *van cấp khí, hệ thống thải tro bay, CFD, nhà máy nhiệt điện, silo tro bay.*

Ngày nhận bài: 01/4/2019; Ngày hoàn thiện: 23/4/2019; Ngày duyệt đăng: 07/5/2019

A STUDY ON AIR FLOW THROUGH AIR INLET VALVE IN THE FLY ASH SYSTEM OF THERMAL POWER BY USED CFD

Nguyen Chi Cuong¹, Nguyen Huu Luong¹, Ngo Van He^{2*}
¹*National Research Institute of Mechanical Engineering,*
²*Hanoi University of Science and Technology*

ABSTRACT

In this paper, the authors present some results of investigating air flow through air inlet valves in the fly ash system of thermal power plants by used a commercial Computational Fluid Dynamic (CFD). The fly ash system is designed to include economiser hopper, air preheater and electrostatic precipitator systems, whereby fly ash is collected gradually and transported in fly ash pipeline system to contain fly ash silo. The fly ash pipeline system is designed, working based on the vacuum principle, using a vacuum pump to generate vacuum pressure, whereby the fly ash will be transported to fly ash silo. The air supply valve is installed at the top of the asphalt branch pipe system, this is the inlet for the air flow to supply the fly ash pipeline system. Researching inlet flow through air supply valve is a necessary basis to calculate the fly ash flow rate, fly ash flow, pressure needed to transport fly ash flow and calculate durability for pipe valves in the system.

Keywords: *air inlet valve, fly ash system, CFD, thermal power plant, fly ash silo*

Received: 01/4/2019; Revised: 23/4/2019; Approved: 07/5/2019

* Corresponding author: Tel: 0379 482746, Email: he.ngovan@hust.edu.vn

1. Đặt vấn đề

Điện năng có tầm quan trọng rất lớn đối với đời sống con người nói chung cũng như đối với sự phát triển kinh tế xã hội của một quốc gia nói riêng. Điện năng là một sản phẩm không thể nào thiếu trong cuộc sống của con người hiện tại cũng như trong tương lai. Trong cuộc sống, từ sinh hoạt thường ngày đến hoạt động sản xuất công nghiệp, nông nghiệp... đều sử dụng điện năng. Cho đến nay, chưa có nguồn năng lượng nào có thể thay thế điện năng hoàn toàn. Chính vì vậy, xây dựng và phát triển các nguồn điện năng là một trong những nhu cầu cần thiết, quan trọng và là chiếm lược quốc gia.

Trong lĩnh vực điện năng, có thể phân chia thành nhiều mảng lớn về năng lượng điện khác nhau như: phong điện, thủy điện, điện mặt trời, nhiệt điện, điện hải lưu, điện sóng biển, điện nguyên tử.... Tuy vậy, theo nguồn gốc năng lượng điện tạo ra, thường phân chia thành hai dạng gồm: năng lượng điện tự nhiên và năng lượng điện hóa thạch. Trong những năm gần đây với nhu cầu sử dụng điện ngày càng tăng cao, Việt Nam đã thực hiện nhiều biện pháp nhằm đáp ứng khả năng phát triển, đảm bảo nguồn điện bền vững cũng cấp cho sinh hoạt và phát triển kinh tế xã hội của đất nước. Đã có rất nhiều các dự án lớn, tầm cỡ quốc gia chiếm lược để phát triển ngành điện trong thời gian hiện tại và tương lai của chính phủ ra đời. Bên cạnh những dự án điện hạt nhân, thủy điện thì nhiệt điện được đánh giá và nhận định là một trong những vấn đề cần thiết phải đẩy mạnh phát triển tại Việt Nam. Trong những năm gần đây nhiều nhà máy nhiệt điện được xây dựng như nhiệt điện Hải Phòng, Quảng Ninh, Nam Định, Dung Quất và hiện đang có nhiệt điện Thái Bình. Đây có thể nói là một trong những vấn đề quan trọng trong chiếm lược phát triển năng lượng điện của nước ta [1].

Trong hệ thống nhiệt điện, vấn đề nguyên liệu hóa thạch, vấn đề xử lý chất thải là những vấn đề vô cùng quan trọng, đây là những vấn đề

không chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống, sức khỏe con người và toàn xã hội mà nó còn là vấn đề liên quan đến sự phát triển kinh tế xã hội bền vững. Chính vì vậy, trong nhà máy nhiệt điện, hệ thống thu gom xử lý chất thải tro xỉ luôn được chú trọng. Với nhà máy nhiệt điện đốt than, hệ thống thải tro bay là hệ thống không thể thiếu để xử lý, thu gom tro bụi thải cho nhà máy. Nghiên cứu thiết kế, chế tạo, khảo sát và đánh giá hệ thống nhằm đảm bảo hoạt động an toàn, hiệu quả là vấn đề cần thiết.

Trong bài báo này, nhóm tác giả thực hiện một số nghiên cứu khảo sát dòng vào qua các van cấp khí điều áp cho toàn bộ hệ thống đường ống vận chuyển tro bay trong hệ thống thải tro bay của nhà máy nhiệt điện thông qua sử dụng công cụ tính mô phỏng số CFD.



Hình 1. Hệ thống thải tro bay nhà máy nhiệt điện Thái Bình

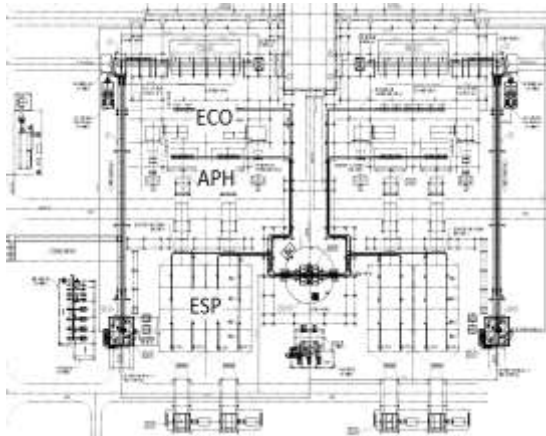
2. Hệ thống thải tro bay nhiệt điện

Tro bay là sản phẩm bụi khí thải từ quá trình đốt cháy than trong lò đốt của nhà máy nhiệt điện than, nó có trọng lượng đủ nhẹ để bay lơ lửng trong dòng khí thải ra khỏi lò đốt. Khi dòng khí thải tro từ lò đốt thổi ra ngoài, toàn bộ tro bụi sẽ được tách lọc, thu gom qua các hệ thống gom tro, lọc bụi trước khi được đưa ra ống khói và thải ra môi trường [1-4].

Để thực hiện thu gom tro bay, trong hệ thống thải tro các hệ thống phễu gom tro được bố trí dọc theo đường đi của dòng khí thải, nhằm thu tối đa lượng tro thải ra từ lò đốt. Hệ thống thải tro của nhà máy gồm: hệ thống ECO (*Economizer Ash*); hệ thống APH (*Air*

Preheater Ash) và hệ thống ESP (Electrostatic Precipitator Ash). Trong các hệ thống này đều được thiết kế với các phễu gom tại đáy hệ thống nhằm thu gom tro bay. Từ đây tro bay được cấp lên các hệ thống đường ống vận chuyển tro bay đến silo chứa tro bay.

Hình 2 thể hiện sơ đồ tổng thể hệ thống thải tro bay của nhà máy nhiệt điện đốt than. Từ sơ đồ này cho thấy rõ các vị trí hệ thống thu gom xử lý tro bay, các hệ thống đường ống gom tro và vận chuyển tro bay trong quá trình thu gom xử lý tro bay của nhà máy.



Hình 2. Sơ đồ tổng thể hệ thống thải tro bay nhà máy nhiệt điện Thái Bình

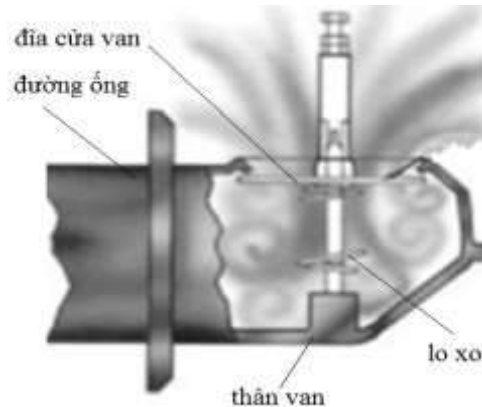


Hình 3. Hệ thống van cấp khí, đường ống gom tro tại phễu APH về silo tro bay

3. Cấu tạo và hoạt động của van cấp khí trong nghiên cứu

Tại vị trí đầu đường ống nhánh của hệ thống vận chuyển tro bay, không khí được cấp vào đường ống qua van cấp khí. Van cấp khí thuộc loại van áp suất, có chức năng điều chỉnh lượng không khí vào đường ống và duy

trì áp suất chân không cần thiết trong đường ống. Cấu tạo chính của van gồm có: thân van, đĩa và cơ cấu đóng mở cửa van. Van được điều chỉnh độ mở đĩa cửa van bằng lò xo tùy theo độ chênh áp giữa trong hệ thống ống vận chuyển và bên ngoài. Hình 4 thể hiện các bộ phận cấu tạo chủ yếu của van cấp khí sử dụng trong hệ thống vận chuyển tro bay của hệ thống thải tro bay nhà máy nhiệt điện [1], [2].

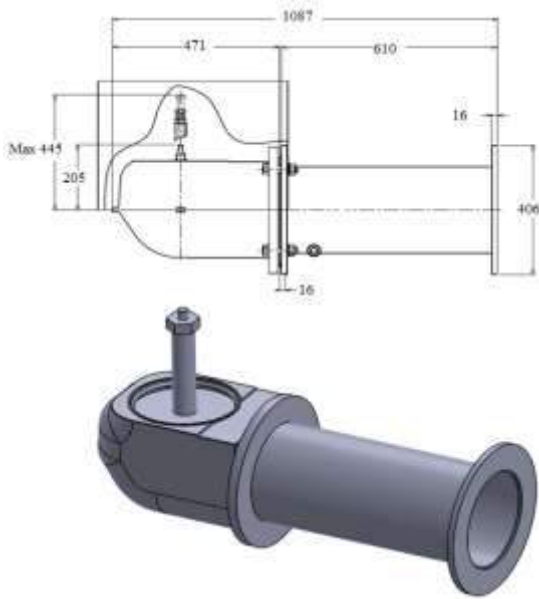


Hình 4. Van cấp khí – van áp suất trong hệ thống vận chuyển tro bay

4. Mô hình tính toán và các điều kiện thiết lập cho bài toán CFD

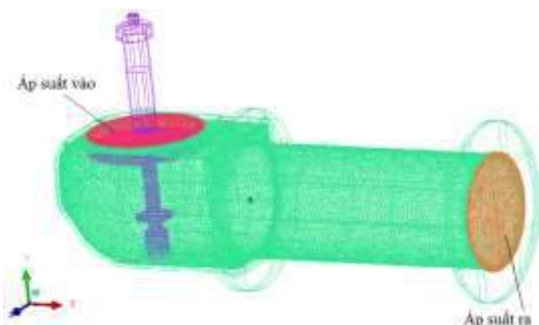
Trên cơ sở thực hiện mô hình hóa 3D van cấp khí. Từ đây mô hình van được thực hiện tính toán khảo sát dòng vào qua van với thay đổi áp suất làm việc trong ống. Hình 5 thể hiện mô hình van nghiên cứu.

Trong nghiên cứu này, đặc tính khí động học dòng vào van cấp khí được khảo sát thông qua sử dụng công cụ tính toán mô phỏng số thương mại Ansys-Fluent v.14.5. Để thực hiện việc tính toán mô phỏng khảo sát đặc tính khí động học dòng vào van, cần thực hiện các bước tính toán cơ bản gồm: thiết kế mô hình tính toán; xây dựng miền không gian tính toán và chia lưới; đặt điều kiện tính toán và thực hiện tính toán. Trong mỗi bước thực hiện bài toán mô phỏng số CFD, đều có ảnh hưởng đến kết quả tính toán. Do vậy, quá trình thực hiện bài toán cần phải tuân theo những chỉ dẫn uy tín về tính toán mô phỏng số [5-7].



Hình 5. Mô hình mô phỏng van cấp khí và kích thước chính của van

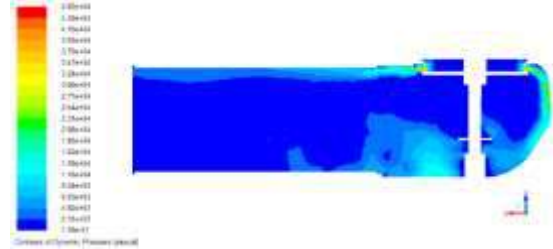
Trong nghiên cứu này, miền không gian tính toán được giới hạn bởi kích thước bao của van cấp khí (Hình 5). Chia lưới miền không gian tính toán với kiểu lưới không cấu trúc được 2.682 triệu lưới dạng T. Mô hình rối $k-\epsilon$ được sử dụng, áp suất khí trời được thiết lập tại đầu vào cửa van 1.025 at, áp suất trong ống được thiết lập cho đầu ra với dải áp suất chân không từ 0.2 at đến 3.0 at, nhiệt độ môi trường được lấy là 27°C tương đương với 300°K, khối lượng riêng của không khí lấy $\rho=1.225 \text{ kg/m}^3$, hệ số nhớt không khí là $1.7894 \times 10^{-5} \text{ kg/(ms)}$. Từ đây mô hình được thực hiện tính toán khảo sát. Hình 6 thể hiện miền không gian tính toán và chia lưới cho bài toán.



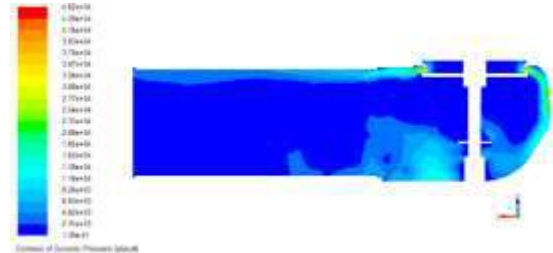
Hình 6. Miền không gian khảo sát, chia lưới tính toán và các điều kiện biên

5. Đặc tính dòng vào qua van cấp khí trong hệ thống thải tro

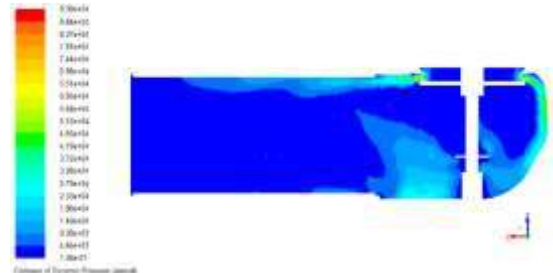
$$p_{ck} = 0.2 \text{ at}$$



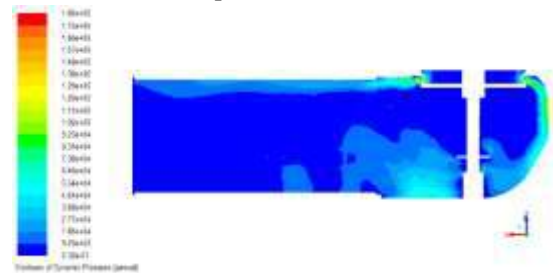
$$p_{ck} = 0.5 \text{ at}$$



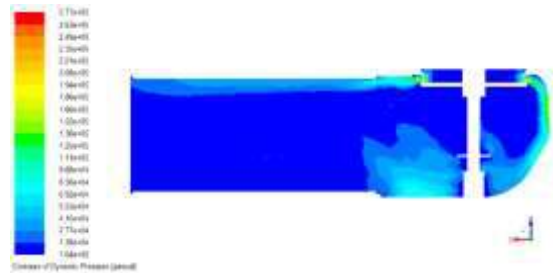
$$p_{ck} = 1.0 \text{ at}$$



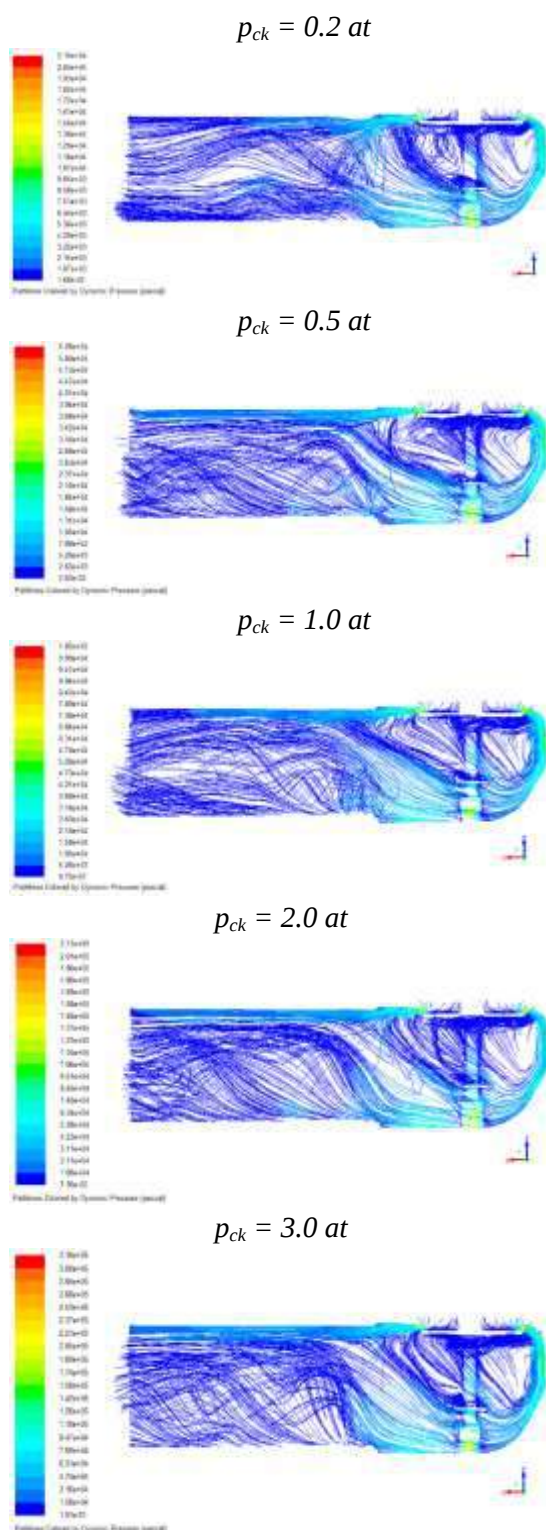
$$p_{ck} = 2.0 \text{ at}$$



$$p_{ck} = 3.0 \text{ at}$$



Hình 7. Phân bố áp suất dòng khí cấp qua van cấp khí trong hệ thống vận chuyển tro bay

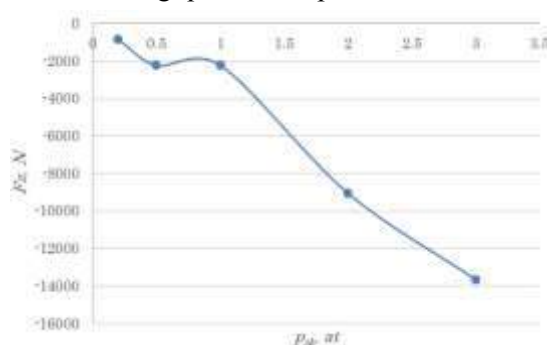


Hình 8. Phân bố dòng khí cấp qua van cấp khí trong hệ thống vận chuyển tro bay

Trên cơ sở thực hiện tính toán khảo sát dòng vào qua van cấp khí với áp suất chân không

trong ống vận chuyển tro bay thay đổi trong dải 0.2 at đến 3.0 at, thu được các kết quả đặc tính dòng vào và lực khí động tác động lên đĩa cửa van cũng như phân bố áp lực, vận tốc dòng khí cấp vào đường ống. Hình 7 và Hình 8 thể hiện phân bố áp suất và vận tốc dòng khí qua van cấp khí khảo sát.

Kết quả phân bố áp suất và dòng khí cấp qua van áp cấp khí cho hệ thống vận chuyển tro bay thể hiện rõ sự phân bố áp suất dòng khí qua van, chênh lệch áp suất, vùng nhiễu động dòng khí cấp qua van. Đây là cơ sở cho quá trình phân tích đánh giá hoạt động cấp khí qua van theo áp suất làm việc trong hệ thống. Hình 9 thể hiện lực khí động tác động lên đĩa cửa van trong quá trình cấp khí.



Hình 9. Lực tác động lên đĩa cửa van trong quá trình cấp khí

Kết quả tính toán thể hiện trên Hình 9 cho thấy, khi áp suất chân không làm việc trong ống vận chuyển tro bay thay đổi giảm dần (tăng áp suất chân không), lực khí động tác động lên đĩa tăng lên tương ứng. Trong khoảng áp suất chân không thay đổi nhỏ hơn 1 at, lực tác động lên đĩa van thay đổi nhỏ. Khi áp suất chân không tăng lên lớn hơn 1 at, lực tác động lên đĩa cửa van tăng rất nhanh. Kết quả này là cơ sở cần thiết cho tính toán lựa chọn lò xo, điều khiển hoạt động đóng mở cửa van cấp khí sử dụng cho hệ thống, đồng thời cần thiết cho việc lựa chọn vật liệu sử dụng chế tạo đĩa cửa van sử dụng cho hệ thống.

6. Kết luận

Trong bài báo này, đặc tính khí động dòng khí cấp qua van cấp khí cho hệ thống vận chuyển

tro bay được khảo sát thông qua sử dụng CFD. Kết quả khảo sát phân bố áp suất, phân bố vận tốc dòng cho thấy rõ mức độ thay đổi áp suất dòng khí cấp, các vùng nhiễu động dòng qua van. Đây là cơ sở cho quá trình phân tích đánh giá hoạt động cấp khí và điều chỉnh áp suất cấp khí cho hệ thống vận chuyển tro bay.

Kết quả tính toán lực khí động tác động lên đĩa cửa van cho thấy rõ sự thay đổi lực tác động lên đĩa cửa van khi áp suất làm việc thay đổi. Đây là cơ sở cần thiết cho tính toán lo xo điều khiển đóng mở van cũng như tính toán thiết kế hệ thống cơ cấu chấp hành điều khiển hoạt động cấp khí qua van cấp khí trong hệ thống thải tro bay.

Nghiên cứu này là cơ sở bước đầu để thực hiện các bài toán tính mô phỏng nhằm phân tích đặc tính dòng chảy tro bay, quá trình hoạt động của hệ thống vận chuyển tro bay trong hệ thống thải tro bay nhà máy nhiệt điện.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đề tài nghiên cứu KH&PT công nghệ cấp nhà nước, Mã số

03/HĐ-ĐT/KHCN. Tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Chí Cường, *Báo cáo tổng quan công nghệ thải tro xỉ*, Viện Nghiên cứu Cơ khí, 2018.
- [2]. Ramesh C. Joshi, Rajinder P. Lohtia, *Fly ash in concrete*, Gordon and Breach Science, 1997.
- [3]. ASTM C618-19, *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*, ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org, 2019.
- [4]. ASTM C618-05 standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete, Annual book of ASTM standards, concrete and aggregates, *American Society for Testing Materials*, Vol. 04. 02, 2005.
- [5]. Fariborz Goodarzi, "Characteristics and composition of fly ash from Canadian coal-fired power plants", *Fuel*, Vol. 85, pp. 1418-1427, 2006.
- [6]. Kh. Setaih et al., "CFD modeling as tool for assessing outdoor therm comfort conditions in urban settings in hot arid climates", *Journal of information technology in construction*, Vol. 19, pp. 248-269, 2014.
- [7]. H. K. Versteeg et al., (2015), *An Introduction to Computational Fluid Dynamics, the Finite Volume Method*, 2nd Edition, Pearson Education.