

SURVEILLANCE OF FLY ASH FLOW THROUGH THE FLY ASH FEED VALVE ON TRANSPORT PIPES IN THERMAL POWER FLY ASH SYSTEM

Nguyen Chi Cuong¹, Nguyen Huu Luong¹, Ngo Van He^{2*}

¹National Research Institute of Mechanical Engineering

²Hanoi University of Science and Technology

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 05/02/2021 Revised: 16/4/2021 Published: 04/5/2021	The thermal power fly ash disposal system is designed to ensure the collection and treatment of waste from the thermal power plant incinerator including fly ash and wetted ash from the incinerator, for pre-reuse required treatment. When released into the environment. Accordingly, fly ash collection systems, dust filters and waste treatment are designed in ash waste systems. In this paper, some results of material flow characteristics through the ash feed valve to the transport pipeline in the fly ash disposal system are performed using numerical simulation tools. Accordingly, the material flow characteristics through the fly ash feed valve from the fly ash collection system to the fly ash transport pipeline to the fly ash silo are implemented. The simulation results of the material flow through the valve such as velocity distribution and pressure flow through the valve onto the conveying pipeline are essential basis for the design of the valve disc surface structure, reinforce and maintain the valve disc as well as offer efficient operation options for the system.
KEYWORDS	
Fly ash	
Thermoelectricity	
Numerical simulation	
Fly ash flow	
Fly ash feed valve	

KHẢO SÁT DÒNG VẬT LIỆU QUA VAN CẤP TRO LÊN ĐƯỜNG ỐNG VẬN CHUYỂN TRONG HỆ THỐNG THẢI TRO BAY NHIỆT ĐIỆN

Nguyễn Chí Cường¹, Nguyễn Hữu Lương¹, Ngô Văn Hệ^{2*}

¹Viện Nghiên cứu Cơ khí

²Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 05/02/2021 Ngày hoàn thiện: 16/4/2021 Ngày đăng: 04/5/2021	Hệ thống thải tro bay nhiệt điện được thiết kế nhằm đảm bảo việc thu gom và xử lý chất thải từ lò đốt nhà máy nhiệt điện bao gồm tro bụi và tro xỉ thải từ lò đốt, để xử lý theo yêu cầu tái sử dụng trước khi thải ra môi trường. Theo đó, các hệ thống thu gom tro bay, lọc bụi và xử lý chất thải được thiết kế trong hệ thống thải tro. Trong bài báo này, một số kết quả nghiên cứu đặc tính dòng vật liệu qua van cấp tro lên đường ống vận chuyển trong hệ thống thải tro bay được thực hiện thông qua sử dụng công cụ mô phỏng số. Theo đó các đặc trưng dòng vật liệu chuyển động qua van cấp tro bay từ hệ thống gom tro bay lên đường ống vận chuyển tro bay đến silo tro bay được thực hiện. Kết quả mô phỏng dòng vật liệu qua van cấp như đường dòng, phân bố vận tốc, áp suất dòng vật liệu qua van lên đường ống vận chuyển là cơ sở cần thiết cho việc thiết kế kết cấu bề mặt đĩa van, gia cường, bảo dưỡng đĩa van cũng như đưa ra các phương án vận hành hiệu quả cho hệ thống.
TỪ KHÓA	
Tro bay	
Nhiệt điện	
Mô phỏng số	
Dòng vật liệu	
Van cấp tro bay	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.3996>

* Corresponding author. Email: he.ngovan@hust.edu.vn

1. Đặt vấn đề

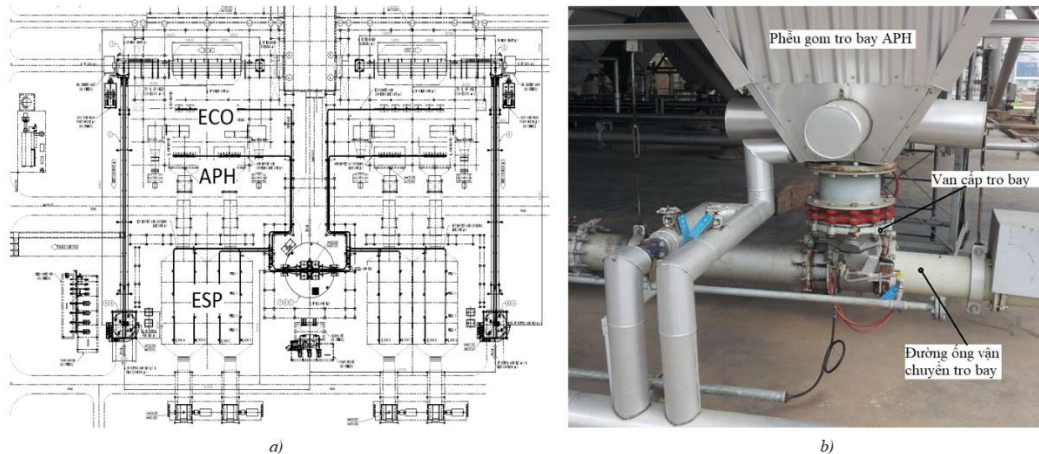
Trong những năm gần đây, bên cạnh sự phát triển của thủy điện cùng với sự phát triển của nhiều nguồn năng lượng mới, năng lượng xanh như năng lượng mặt trời, năng lượng điện gió, năng lượng thủy triều sóng biển. Nhiệt điện vẫn còn là nguồn năng lượng điện cần thiết nhằm phục vụ phát triển kinh tế xã hội trong giai đoạn hiện nay. Cho đến nay, các dự án phát triển nhiệt điện trong nước đã được thực hiện phát triển và hòa lưới điện quốc gia theo chiến lược phát triển năng lượng cho đất nước trong giai đoạn phát triển mới. Nhiều nhà máy nhiệt điện được xây dựng như nhiệt điện Hải Phòng, Quảng Ninh, Nam Định, Dung Quất và hiện đang hoàn thiện và đưa vào sử dụng nhà máy nhiệt điện Thái Bình. Đây có thể nói là một trong những vấn đề quan trọng trong chiến lược phát triển năng lượng điện của nước ta [1]. Đối với các hệ thống nhà máy nhiệt điện đốt than, vấn đề xử lý chất thải từ nhà máy nhiệt điện luôn được đặc biệt quan tâm. Theo đó, các hệ thống thu gom và xử lý chất thải từ lò đốt nhiệt điện được thiết kế, triển khai xây dựng theo những quy chuẩn đặc biệt để bảo vệ môi trường và tận dụng nguồn vật liệu tái sử dụng từ chất thải nhiệt điện. Một hệ thống thải tro được thiết kế bao gồm các hệ thống thải tro xỉ rắn và hệ thống thải tro bay. Hệ thống thải tro bay nhiệt điện là hệ thống được thiết kế đi kèm với tổ hợp nhà máy nhiệt điện nhằm thu gom, xử lý các chất thải tro từ nhà máy nhiệt điện nhằm tái sử dụng nguồn chất thải tro này [2]-[5]. Trong quá trình vận hành, hệ thống thải tro, một trong những vấn đề kỹ thuật thường gặp là chế độ vận hành van khóa, bảo trì và thay thế cửa van do mài mòn trong quá trình vận hành. Việc nghiên cứu dòng chảy tro bay, dòng vật liệu trên hệ thống qua các cửa van là vấn đề cần thiết trong thiết kế kết cấu hệ thống cũng như vận hành khai thác hệ thống thải tro.

Trong phần lớn các nghiên cứu gần đây cho thấy, phương pháp mô phỏng số đã được áp dụng trong hầu hết các lĩnh vực khoa học kỹ thuật và đời sống nói chung, cũng như trong lĩnh vực kỹ thuật nói riêng [6], [7]. Việc áp dụng công cụ mô phỏng dòng chảy trong giải quyết các vấn đề kỹ thuật đã mang lại nhiều lợi ích đặc biệt trong lĩnh vực dòng chảy, tương tác giữa dòng chảy với vật rắn và lực thủy khí động lực [8]. Một số công trình nghiên cứu đã công bố gần đây cho thấy, việc ứng dụng công cụ mô phỏng số giúp giải quyết, tìm ra những giải pháp trong các vấn đề kỹ thuật liên quan đến dòng chảy. Một số nghiên cứu có thể kể đến như nghiên cứu về tương tác dòng chảy với thành rắn và ứng dụng giảm lực cản tác động lên phương tiện giao thông vận tải thông qua sử dụng phương pháp mô phỏng số [9], [10]. Nghiên cứu dòng khí vận chuyển qua van cấp khí lên đường ống vận chuyển trong hệ thống thải tro bay nhiệt điện, quá trình truyền nhiệt và làm mát trong hệ thống nhà máy nhiệt điện [11], [12]. Trong điều kiện thực nghiệm còn khó khăn, việc áp dụng các công cụ mô phỏng số trong nghiên cứu đã góp phần thúc đẩy mạnh các lĩnh vực nghiên cứu quan trọng trong kỹ thuật mà thực nghiệm không thực hiện được hoặc không có điều kiện thực nghiệm như hiện nay.

Trong bài báo này, nhằm phân tích đặc tính dòng chảy vật liệu qua van cấp tro bay lên đường ống vận chuyển trong hệ thống thải tro bay nhiệt điện, nhóm tác giả thực hiện một số nghiên cứu khảo sát dòng vật liệu qua van cấp tro lên hệ thống đường ống vận chuyển tro bay về silo tro bay thông qua sử dụng mô phỏng số.

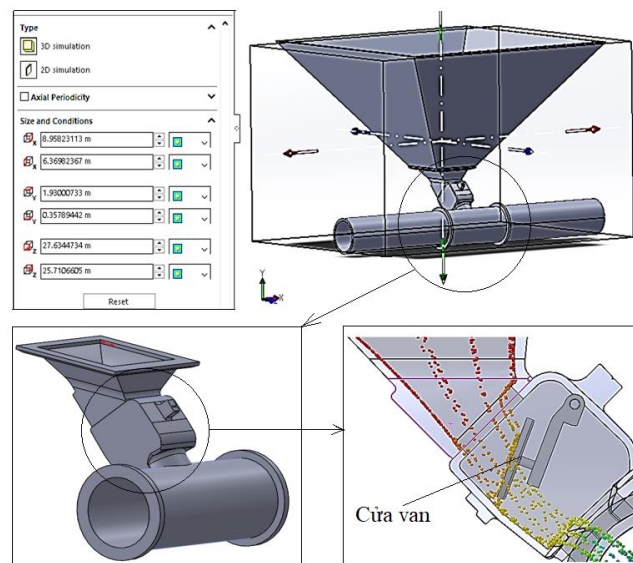
2. Hệ thống van cấp tro bay nhiệt điện

Trong hệ thống thải tro nhà máy nhiệt điện, để thực hiện quá trình thu gom tro bay, các hệ thống phễu gom tro được thiết kế thích hợp dọc theo hướng di chuyển của dòng tro bay, nhằm thu gom tối đa lượng tro bay thải ra từ lò đốt. Các hệ thống phễu gom tro này bao gồm: hệ thống ECO (*Economizer Ash*); hệ thống APH (*Air Preheater Ash*) và hệ thống ESP (*Electrostatic Precipitator Ash*). Các hệ thống này được thiết kế dựa trên nguyên lý trọng lực với các phễu gom tại đáy hệ thống, các phễu này được kết nối với van cấp tro lên đường ống vận chuyển. Từ đây tro bay được cấp lên các hệ thống đường ống vận chuyển tro bay thông qua các van cấp tro vận chuyển tro bay về silo chứa tro bay [1], [2].



Hình 1. Sơ đồ tổng thể hệ thống thải tro bay nhà máy nhiệt điện Thái Bình (a) và hình ảnh van cấp tro bay lên đường ống vận chuyển trong hệ thống thải tro (b)

Hình 1 thể hiện sơ đồ tổng thể hệ thống thải tro bay của nhà máy nhiệt điện đốt than và hệ thống van cấp tro bay lên đường ống vận chuyển tro về silo tro bay. 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 ảnh và vị trí của van cấp tro trong hệ thống [1]. Hình 2 thể hiện mô hình 3D hệ thống van cấp tro bay trong hệ thống thải tro sử dụng trong mô phỏng.

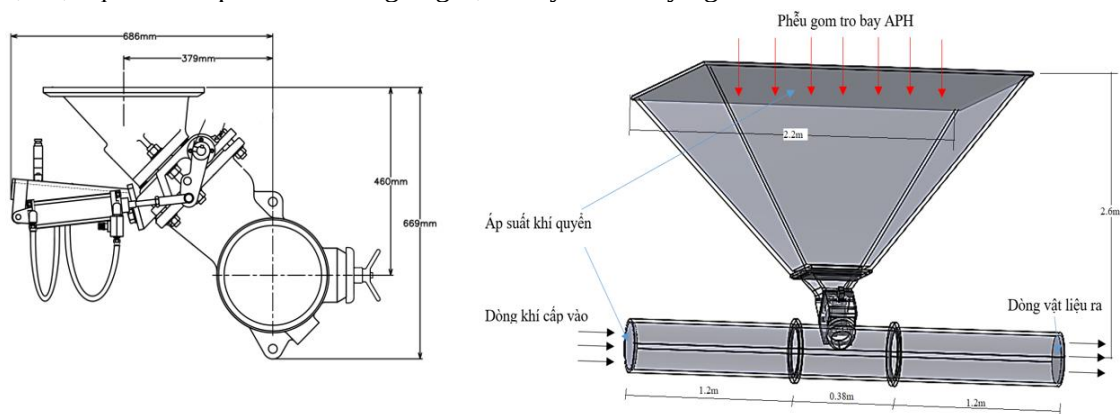


Hình 2. Mô hình van cấp tro bay lên đường ống vận chuyển về silo

3. Mô hình và các điều kiện thiết lập cho bài toán mô phỏng

Để thực hiện bài toán mô phỏng dòng chảy vật liệu qua van cấp tro lên đường ống vận chuyển, mô hình 3D hệ thống được xây dựng trên cơ sở bản vẽ thiết kế của hệ thống, thông qua sử dụng công cụ thiết kế chuyên dụng SolidWorks. Trên cơ sở mô hình hệ thống van cấp tro được xây dựng, các điều kiện mô phỏng dòng chảy vật liệu trên hệ thống được thiết lập tương ứng với quá trình hoạt động của hệ thống: sử dụng bơm hút chân không tạo ra độ chênh áp cần thiết để vận chuyển dòng vật liệu vào từ phễu gom tro, cùng với dòng không khí bổ sung từ van cấp khí vào đường ống. Theo cơ chế vận hành đó, tại miệng phễu gom tro được thiết lập với áp

suất khí quyển, dòng khí cấp bổ sung trong quá trình vận chuyển tro bay được thiết lập với áp suất không khí, đầu ra tương ứng là hỗn hợp tro bay và không khí có vận tốc thay đổi trong mô phỏng. Từ đây mô hình van cấp được thực hiện mô phỏng. Hình 3 thể hiện mô hình van cấp tro, giới hạn miền không gian khảo sát và các điều kiện thiết lập trong bài toán mô phỏng dòng chảy vật liệu qua van cấp tro lên đường ống vận chuyển tro bay nghiên cứu.



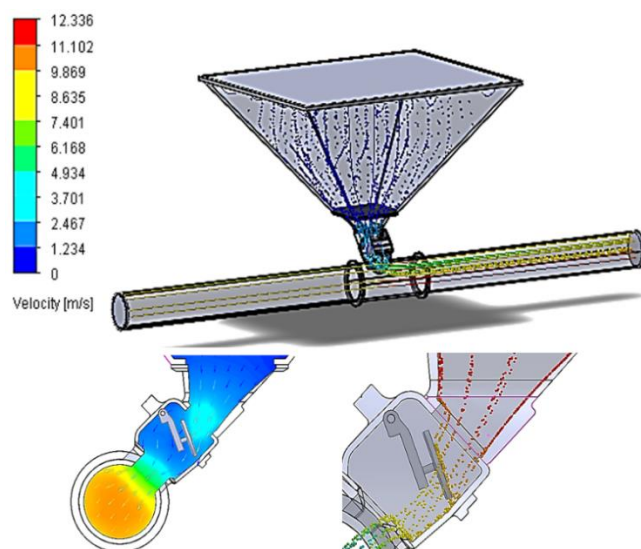
Hình 3. Mô hình và các điều kiện thiết lập cho bài toán mô phỏng

Để thực hiện bài toán mô phỏng dòng chảy vật liệu như được mô tả trong mô hình tính toán hình 3, các giả thiết được đưa vào khi thiết lập các thông số mô phỏng cụ thể là: đối với dòng vật liệu vào là dòng tro bay được thu gom tại miệng phễu gom tro APH, được giả thiết là đồng nhất, có mật độ không đổi, phân bố đều và tương ứng với khối lượng riêng trung bình của tro bay thực tế thu gom được tại miệng phễu gom tro APH của hệ thống thải tro; Để vận hành hoạt động của hệ thống vận chuyển tro bay về silo, không khí được cấp vào qua van cấp bổ sung không khí. Theo đó, không khí được cấp vào tương ứng với đầu vào là khí trời trong bài toán mô phỏng. Được giả thiết có khối lượng riêng của không khí bằng giá trị trung bình của không khí và phân bố đều, không đổi tại đầu vào.

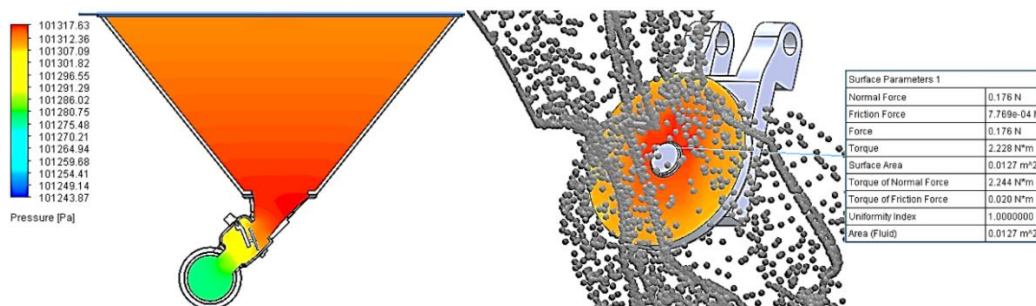
Trong nghiên cứu này, đặc tính dòng chảy qua van cấp tro bay lên đường ống vận chuyển trong hệ thống vận chuyển tro bay về silo được thực hiện khảo sát thông qua sử dụng công cụ mô phỏng số thương mại Solidwords, Ansys-Fluent v.14.5 [6]-[12]. Miền không gian tính toán được giới hạn bởi kích thước bao của van, đường ống và miệng phễu gom tro APH (Hình 3). Mô hình rối k-ε được sử dụng, áp suất khí trời được thiết lập tại đầu vào cấp khí và miệng phễu gom tro APH là 1.025 at, vận tốc dòng khí cấp bổ sung được thiết lập với vận tốc thay đổi từ 10-25m/s, nhiệt độ môi trường được lấy là 27°C tương đương với 300°K, khối lượng riêng của tro bay thiết lập là 762kg/m³ [1], [3], [6]. Trong nghiên cứu này, trạng thái hoạt động của van cấp tro được giữ cố định ở một góc mở, chỉ thay đổi điều kiện vận tốc dòng không khí được cấp bổ sung vào hệ thống đường ống vận chuyển tro bay. Từ đây mô hình được thực hiện tính toán khảo sát.

4. Kết quả mô phỏng dòng tro bay qua van cấp tro lên đường ống vận chuyển

Trên cơ sở thực hiện mô phỏng dòng chảy qua van cấp tro lên đường ống vận chuyển, 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 bao quanh van. Hình 4 và hình 5 thể hiện phân bố áp suất và vận tốc dòng chảy vật liệu qua van cấp tro bay lên đường ống vận chuyển.

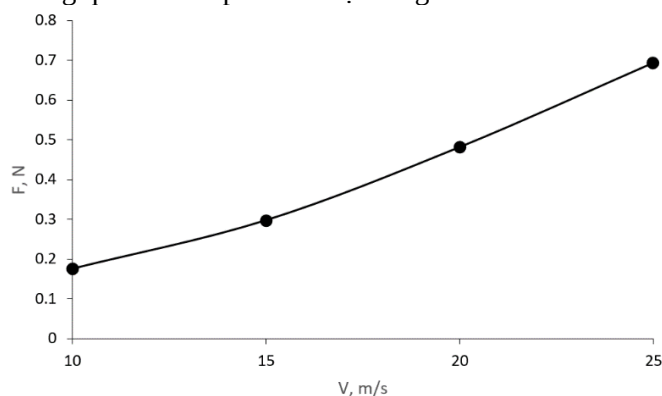


Hình 4. Phân bố vận tốc dòng qua van cấp tro bay trên đường ống vận chuyển



Hình 5. Phân bố áp suất dòng tro bay trong hệ thống vận chuyển

Kết quả phân bố dòng và áp suất dòng vật liệu qua van cấp tro trên đường ống trong hệ thống vận chuyển tro bay thể hiện rõ sự phân bố vận tốc, áp suất dòng vật liệu qua van, trên bề mặt đĩa cửa van, chênh lệch áp suất, vùng nhiễu động dòng qua van. Đây là cơ sở cho quá trình phân tích đánh giá hoạt động cấp tro bay lên đường ống trong hệ thống. Hình 6 thể hiện lực khí động tác động lên đĩa cửa van trong quá trình cấp tro lên hệ thống.



Hình 6. Lực tác động lên đĩa cửa van trong quá trình cấp tro lên đường ống

Kết quả tính toán thể hiện trên hình 6 cho thấy lực khí động do dòng vật liệu chuyển qua van tác động lên đĩa cửa van cấp tro tăng tỉ lệ theo vận tốc dòng khí cấp bổ sung cho hệ thống. Trong trạng thái khảo sát của van, với vận tốc dòng khí cấp thay đổi trong dải từ 10-25m/s, giá trị lực khí động tác động lên đĩa cửa van thay đổi trong khoảng từ 0.2-0.8N. Từ các kết quả phân bố áp suất trên bề mặt đĩa cửa van, dòng vật liệu qua van và đồ thị lực tác động lên cửa van sẽ là cơ sở cần thiết cho việc tính toán lựa chọn kết cấu cửa van phù hợp với hệ thống. Đồng thời là cơ sở đầu vào cho việc tính toán thiết kế hệ thống vận hành tự động đóng mở van cấp theo chế độ làm việc của hệ thống theo yêu cầu.

5. Kết luận

Trong bài báo này, đặc tính dòng tro bay qua van cấp tro lên đường ống vận chuyển của hệ thống thải tro bay nhà máy nhiệt điện được khảo sát thông qua sử dụng công cụ mô phỏng số, ứng với một chế độ mở cửa van khi thay đổi vận tốc dòng không khí cấp bổ sung vào hệ thống đường ống vận chuyển tro bay. Kết quả khảo sát phân bố áp suất, phân bố vận tốc dòng cho thấy rõ mức độ thay đổi áp suất dòng chảy tro bay, các vùng nhiễu động dòng qua van cấp tro và áp suất trên bề mặt cửa van. Đây là cơ sở cho quá trình phân tích đánh giá hoạt động cấp tro lên đường ống vận chuyển và điều chỉnh vận tốc dòng khí cấp cho hệ thống vận hành.

Kết quả tính toán lực dòng tro bay tác động lên đĩa cửa van trong điều kiện khảo sát cho thấy rõ sự thay đổi lực tác động lên đĩa cửa van khi thay đổi vận tốc dòng trong ống. Đây là cơ sở cần thiết cho việc tính toán độ bền van cấp tro và thiết kế hệ thống cơ cấu chấp hành điều khiển hoạt động cấp tro bay trong hệ thống thải tro bay. Tuy nhiên, để cụ thể được quá trình thực hiện các tính toán thiết kế van cấp, việc tính toán mô phỏng tương tự trong nghiên cứu này cần được thực hiện với nhiều chế độ mở cửa van khác nhau.

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 cũng như trong tính toán thiết kế tối ưu hệ thống van cấp 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/ REFERENCES

- [1] C. C. Nguyen, *Overview report on fly ash and slag removal technology*. National Research Institute of Mechanical Engineering, 2018.
- [2] R. C. Joshi, and R. 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, 2019, www.astm.org.
- [4] ASTM C618-05, Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 2005, www.astm.org.
- [5] F. 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.*, *An Introduction to Computational Fluid Dynamics, the Finite Volume Method*, 2nd Edition, Pearson Education, 2015.
- [8] B. B. Nayak *et al.*, "Numerical prediction of flow and heat transfer characteristics of water – fly ash slurry in a 1800 return pipe bend," *International journal of thermal sciences*, vol. 113, pp.100-115, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2016.11.019>.
- [9] V. H. Ngo, "Effect of computed fluid domain and mesh on the CFD results of viscous resistance acting on a ship," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 181, no. 5, pp. 105-110, 2018.

-
- [10] V. H. Ngo *et al.*, (2019), "Effects of side guards on aerodynamic performances of the wood chip carrier," *Ocean Engineering*, vol. 187, no. 1, pp. 106-217, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106217>.
- [11] C. C. Nguyen, H. L. Nguyen, and V. H. Ngo, "A study on air flow through air inlet valve in the fly ash system of thermal power by used CFD," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 200, no. 7, pp. 200-206, 2019.
- [12] A. A. R. Darzi *et al.*, "Numerical investigation on thermal performance of coiled tube with helical corrugated wall," *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 161, 2021, Art. no. 106759. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2020.106759>.