

Nghiên cứu và phát triển bơm phun tia ứng dụng vận chuyển tro xỉ trong nhà máy nhiệt điện đốt than

Nguyễn Hoàng Giang*, Nguyễn Chí Cường

Viện Nghiên cứu Cơ khí

**Email: giangnh.narime@gmail.com*

Tóm tắt: Chính phủ Việt Nam đang tập trung vào nội địa hóa thiết bị nhiệt điện như một công cụ hữu hiệu để thực hiện chính sách năng lượng bền vững. Bơm phun tia có chức năng vận chuyển tro xỉ trong nhà máy nhiệt điện đốt than là một lựa chọn phù hợp, bước đầu thực hiện nội địa hóa. Viện Nghiên cứu Cơ khí đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo bơm phun tia vận chuyển tro xỉ có năng suất lên tới 56 t/h. Dự kiến bơm sẽ được vận hành, khảo nghiệm, đánh giá tại nhà máy nhiệt điện than Thái Bình 1 trong thời gian tới. Kết quả đạt được trong nghiên cứu, phát triển bơm phun tia vận chuyển bùn tro xỉ là bước đầu thành công trong hoạt động nội địa hóa thiết bị nhà máy nhiệt điện tại Việt Nam.

Research and development of jetpump applying to transport ash in coal fired power plant

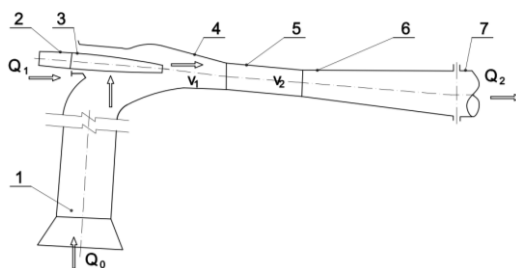
Abstract: Currently, the government of Vietnam is focusing on the localization of thermal power plant equipment as an effective tool to develop sustainable energy policy. Jet pump, which is utilized to transport ash in coal fired power plants, is a suitable choice. The National Research Institute of Mechanical Engineering has researched and developed an ash slurry jet pump with ash transport capacity up to 56 t/h. The pump is expected to be tested at Thai Binh 1 coal-fired thermal power plant in the coming time. The achieved in research and development of the ash slurry jet pump is the first successful step in the localization of thermal power plant equipment in Vietnam.

1. Khái niệm, ứng dụng bơm phun tia

Nhu cầu điện năng của Việt Nam tăng hàng năm, ước tính trong giai đoạn 2010 - 2020, mỗi năm sẽ tăng khoảng 10%. Theo quy hoạch của ngành điện, cho tới năm 2020, nhiệt điện than sẽ chiếm vai trò ngày càng quan trọng trong tổng điện năng cung cấp. Cụ thể, tới năm 2015, tỉ trọng nhiệt điện than khoảng 33%, năm 2020 sẽ vào khoảng 49%, và dừng lại ở mức 54% tại thời điểm năm 2030 [1]. Các dự án nhà máy nhiệt điện than tiếp tục được quy hoạch trên khắp Việt Nam. Đây là cơ hội lớn cho các cơ sở chế tạo trong nước tham gia cung cấp thiết bị cho các dự án nhà máy nhiệt điện. Tuy nhiên, trên thực tế hiện nay, các nhà máy nhiệt điện vẫn sử dụng nhiều các thiết bị ngoại nhập, tỉ trọng nội địa hóa trong các dự án nhiệt điện than còn rất hạn chế. Hiện tại, chính phủ Việt Nam đang thực hiện nhiều chính sách hỗ trợ nội địa hóa nhà máy nhiệt điện. Công việc nội địa hóa bắt đầu từ các thiết bị giản đơn, thuộc các thiết bị phụ trợ của nhà máy, dần dần tiến tới nội địa hóa các thiết bị có mức độ phức tạp hơn.

Bơm phun tia tại các nhà máy nhiệt điện than được dùng để vận chuyển tro xỉ than trong hệ thống xử lý tro xỉ của nhà máy. Mặc dù bơm phun tia là một dạng bơm chuyên dụng, có những đặc điểm riêng biệt, nhưng với nguyên lý vận hành giản đơn, không có các

chi tiết chuyển động khi làm việc, thuận tiện bảo trì, bảo dưỡng, do đó, bơm phun tia là lựa chọn phù hợp trong bước đầu thực hiện nội địa hóa nhà máy điện tại Việt Nam.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý bơm phun tia

Bơm phun tia sử dụng động năng của dòng chất lỏng có chứa năng lượng cao (dòng sơ cấp) để hút và đẩy dòng chất lỏng cần bơm, có năng lượng thấp hơn (dòng thứ cấp). Cấu tạo và nguyên lý của bơm khá đơn giản (Hình 1), bơm gồm có đường ống (2) để dẫn dòng sơ cấp đi qua vòi phun (3), vào trong bơm. Dòng sơ cấp có năng lượng lớn, khi qua vòi phun, tiết diện vòi phun bị thu hẹp, dòng chất lỏng tăng tốc đột ngột, áp suất xung quanh vòi phun bị hạ xuống thấp, hình thành môi trường chân không, hút dòng chất lỏng cần bơm từ bể hút theo ống hút vào buồng trộn (4). Dòng sơ cấp và dòng thứ cấp hòa trộn trong lòng bơm, tại khoang trộn (4), đoạn ống thắt (5). Năng lượng dòng sơ cấp có lưu lượng Q_{sup} truyền cho chất lỏng cần bơm có lưu lượng Q_{suc} . Hỗn hợp chất lỏng có lưu lượng $Q_{sup} + Q_{suc}$ cùng đi qua ống xả (6) theo đường ống dẫn tới nơi yêu cầu.

Bơm phun tia được sử dụng trong nhiều ứng dụng khác nhau, vận chuyển cả các vật chất ở các dạng thể khí, thể lỏng và thể rắn. Bơm thường gặp trong ngành khai thác mỏ, hút nước ở lỗ khoan hầm lò, hạ thấp mực nước ngầm, vận chuyển quặng vụn. Khi dùng vận chuyển các vật liệu rời, nhất là các vật liệu có tính mài mòn, bơm phun tia có ưu điểm vượt trội với các dạng bơm khác là vật liệu được vận chuyển không đi qua cánh bơm mà chỉ đi qua họng tiết lưu của bơm. Vì vậy, trong quá trình vận chuyển vật liệu thay vì phải thay thế, sửa chữa nhiều chi tiết quan trọng như trục bơm, bánh công tác, buồng bơm,..., với chi phí cao, phức tạp và mất nhiều thời gian, bơm chỉ phải thay họng tiết lưu với chi phí thấp hơn nhiều.

2. Tính toán, thiết kế

Trong các năm qua, Viện Nghiên cứu Cơ khí đã tiến hành thực hiện nghiên cứu, phát triển bơm phun tia cho vận chuyển tro xỉ tại các nhà máy nhiệt điện than với năng suất vận chuyển tro xỉ lên tới 56 t/h. Song song với nghiên cứu tính toán bơm, nhóm thực hiện đề tài đã tiến hành khảo sát, đo đạc, đánh giá các bơm phun tia có năng suất và chức năng tương tự hiện đang hoạt động tại các nhà máy nhiệt điện than làm cơ sở dữ liệu thiết kế.

2.1. Khảo sát, đánh giá

Nhóm thực hiện đề tài đã tiến hành khảo sát bơm phun tia tại nhà máy nhiệt điện Thái Bình 1 và nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh, đo đạc kích thước, vật liệu và đánh giá hiệu quả

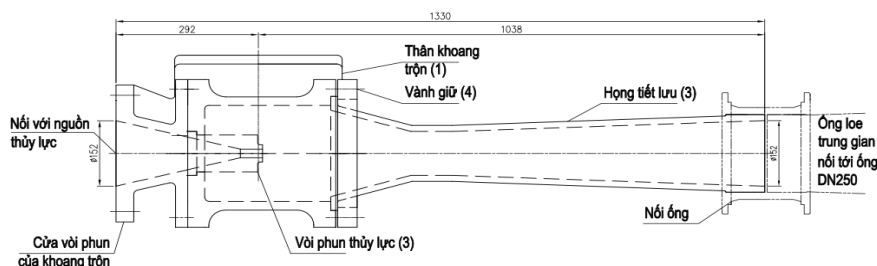
làm việc của các bơm. Nhà máy nhiệt điện Thái Bình 1 đặt tại xã Mỹ Lộc, huyện Thái Thụy, tỉnh Thái Bình, có tổng công suất lắp đặt 600 MW (2×300 MW), sản lượng điện sản xuất khoảng 3,6 tỉ kWh/năm, vận hành từ ngày 23/5/2017. Nhà máy tiêu thụ than anthraxit, khai thác tại các mỏ than tại khu vực Hồng Gai – Cẩm Phả – Uông Bí trong nước, pha trộn từ các loại than cám 4HG, 5HG, và 6HG. Hệ thống thải tro xỉ của nhà máy nhiệt điện Thái Bình 1 được chia thành hệ thống tháo xỉ dưới đáy các lò hơi và hệ thống gom tro bay dọc theo đường khí thải của nhà máy. Xỉ tháo ra mang theo nhiệt được làm mát bằng hơi nước, sau đó được vận chuyển về silo chứa xỉ. Tro được gom bằng hệ thống vận chuyển tro kiểu chân không, gom về silo chứa tro ở dạng khô. Tro xỉ của nhà máy được thiết kế với mục đích cung cấp cho công nghiệp vật liệu xây dựng. Khi tro xỉ không được tiêu thụ, sẽ được vận chuyển từ silo chứa tro, xỉ về hố gom bùn tro xỉ tại trạm bơm bùn tro xỉ bằng các bơm phun tia, sau đó, bơm ra bãi thải tro xỉ nằm ở phía bên ngoài nhà máy.

Hệ thống gom tro xỉ của nhà máy Thái Bình 1 có 02 hệ thống thải xỉ tương ứng với 02 lò hơi đưa xỉ về 02 silo chứa xỉ riêng biệt, tương ứng với từng lò hơi và 04 hệ thống vận chuyển tro kiểu chân không (02 hệ thống tương ứng với 01 lò hơi) gom tro về một silo chứa tro chung nhất. Bơm phun tia được đặt ở bên dưới các (02) silo chứa xỉ, có chức năng đưa tro xỉ về tới hố gom đặt tại trạm bơm bùn cách khoảng 20 m (và 80 m) với năng suất đạt tới 14 t/h (năng suất xỉ tháo ra khỏi lò hơi ở chế độ lò hơi công suất lớn nhất ổn định – Boiler Maximum Continuous Rating (BMCR) là 12 t/h). Tro được tháo xuống xe tải ở các trạng thái khô, hoặc ẩm tùy theo yêu cầu và mục đích tiêu thụ. Trong trường hợp tro không tiêu thụ được, tro được đẩy bằng bơm phun tia về hố gom tro xỉ đặt tại trạm bơm bùn có khoảng cách khoảng 50 m. Có 02 bơm phun tia được đặt dưới silo chứa tro với năng suất 2×56 t/h (năng suất tro tháo ra khỏi 01 lò hơi là 52 t/h ở chế độ BMCR). Bơm phun tia tại các vị trí chứa tro và chứa xỉ có kích cỡ tương tự nhau. Bơm dưới silo chứa xỉ nối với đường ống dẫn DN150, còn bơm tại silo chứa tro nối với đường ống dẫn DN250, có bố trí thêm ống lọc trung gian. Toàn nhà máy nhiệt điện Thái Bình sử dụng 04 bơm phun tia. Các bơm phun tia của nhà máy làm việc ổn định, đạt năng suất vận chuyển tro xỉ theo thiết kế. Các bơm phun tia tại nhiệt điện Thái Bình 1 do Hsing Sheng Engineering, Đài Loan, cung cấp, được chế tạo theo thiết kế và công nghệ của Allen Sherman Hoff – Diamond Power International, Inc. Bơm phun tia có sơ đồ kết cấu như mô tả ở hình 3. Bơm gồm các chi tiết chính gồm: (1) Thân khoang trộn có chức năng làm khoang hút và trộn dòng sơ cấp (nước) và dòng thứ cấp (hỗn hợp tro xỉ – nước), (2) họng tiết lưu (gồm đoạn ống côn, đoạn ống thắt, và đoạn ống lọc), tại đó dòng sơ cấp và dòng thứ cấp được hòa trộn hoàn toàn, được đẩy vào ống dẫn tới hố gom tro xỉ, và (3) Vòi phun thủy lực có chức năng dẫn dòng sơ cấp vào khoang trộn, cùng một số chi tiết phụ khác.

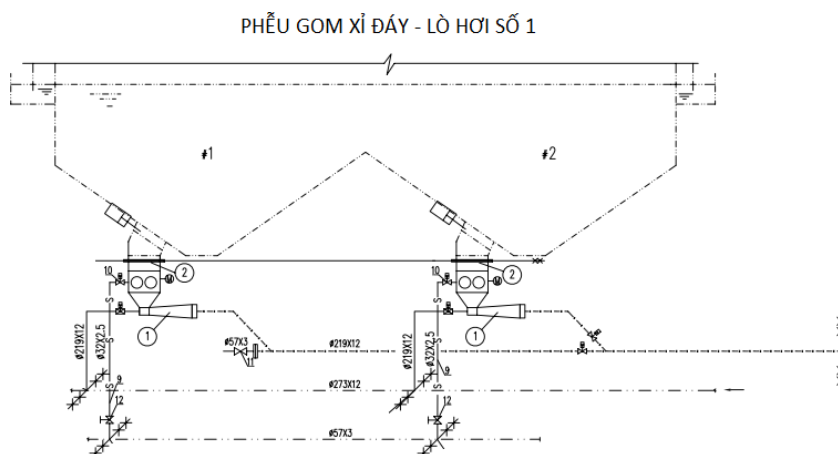
Nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh 1 thuộc Công ty nhiệt điện Quảng Ninh, đặt tại phường Hà Khánh, thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh với tổng công suất lắp đặt 2×300 MW. Nhà máy chính thức phát điện lên lưới điện quốc gia từ ngày 21/3/2010. Nhà máy sử dụng than trong nước cấp, tương tự Nhà máy Nhiệt điện Thái Bình 1.

Nhà máy Nhiệt điện Quảng Ninh 1 cũng chia thành hệ thống thải xỉ đáy và hệ thống gom tro bay. Tro được gom về 02 silo chứa tro tương ứng với 02 tổ máy. Tro từ silo có thể tháo xuống xe tải đem đi tiêu thụ hoặc được bơm về hố gom bùn tro bằng các bộ trộn (mixer). Xỉ rơi xuống từ lò hơi được trữ tại phễu gom chữ V đôi, được nghiền bằng máy

nghiên xỉ, rồi được bơm bởi phun tia về hồ gom tro xỉ tại trạm bơm bùn của nhà máy như hình 4 bên dưới (không có silo chứa xỉ). Số lượng bơm phun tia tại nhà máy là 04 bơm. Bơm phun tia tại nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh 1 do Viện Thiết kế Điện năng Tây Bắc, Trung Quốc cung cấp, có thiết kế tương tự như bơm phun tia đang làm việc tại nhà máy nhiệt điện Thái Bình 1. Bơm có năng suất đẩy xỉ (max) lên tới 77 t/h, với lưu lượng dòng nước sơ cấp là 200 m³/h, và áp suất là 0,7 MPa (71 m nước).



Hình 2. Hình vẽ phác thảo bơm phun tia tại Nhà máy Nhiệt điện Thái Bình 1



Hình 3. Sơ đồ vị trí của bơm phun tia dưới bể gom xỉ

Nhóm thực hiện đề tài cũng tham khảo thiết kế bơm phun tia do United Conveyor Corp, Hoa Kỳ, thiết kế cho nhà máy nhiệt điện Thái Bình 1. Vật liệu của các bơm phun tia được xem xét, khảo sát như Bảng 1 và 2.

Bảng 1. Vật liệu chế tạo bơm phun tia

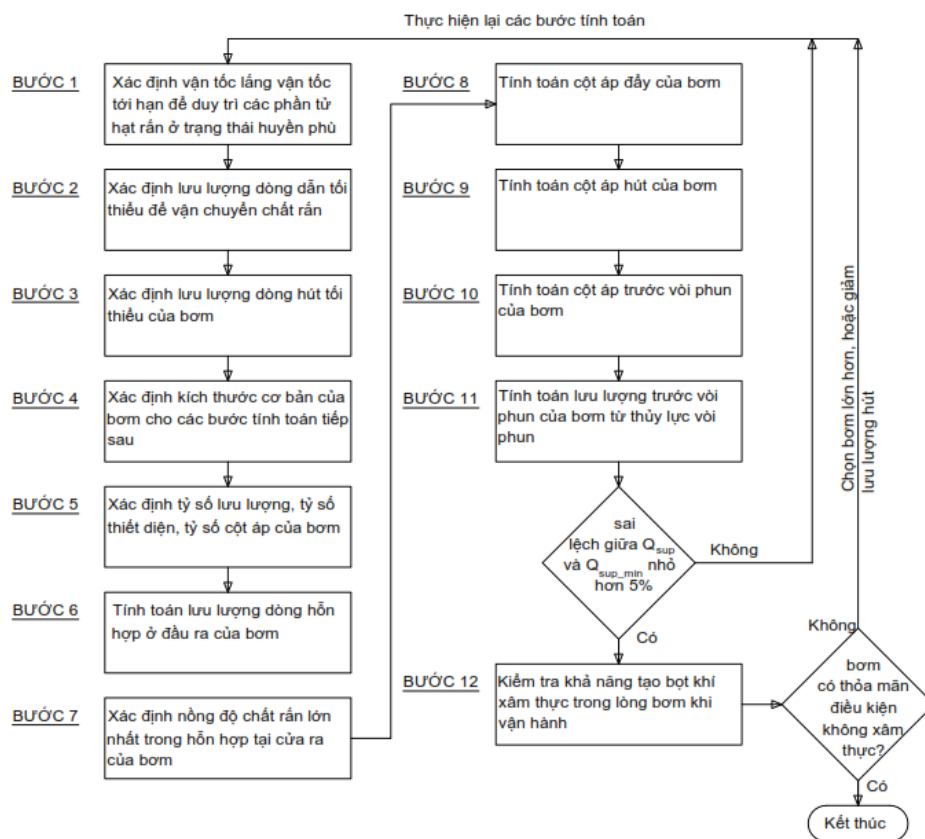
Nhà máy nhiệt điện	Vật liệu vòi phun	Vật liệu thân bơm	Ghi chú
Thái Bình 1	SUS 440C - JIS G4303	ASH33(93) - T.chuẩn hãng	
Quảng Ninh	-	-	
UCC (hãng chế tạo)	SS416 - ASTM 582	Durite H (ASTM - A532)	

2.2. Tính toán thiết kế

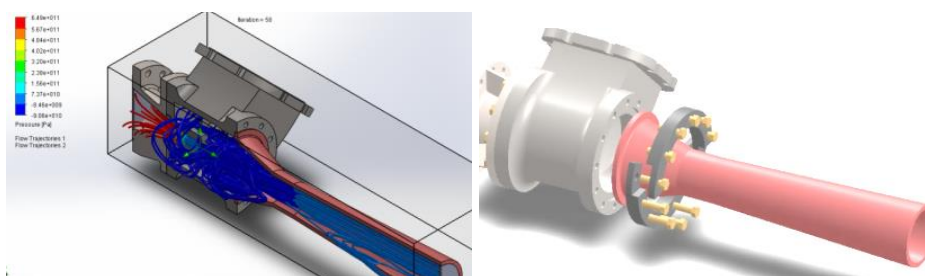
Tính toán bơm phun tia do đề tài thực hiện theo các trình tự như sơ đồ Hình 4. Bơm phun tia được tính toán trên cơ sở tham khảo các thông số của hệ thống bơm phun tia đặt dưới silo chứa tro của Nhà máy Nhiệt điện Thái Bình 1. Mục tiêu tính toán thiết kế bơm phun tia có năng suất vận chuyển tro xỉ tới 56 t/h. Quy trình tính toán được thực hiện tham khảo từ [3] – A guide to the planning and hydraulic design of jet pump remedial sand bypassing systems (Hình 5). Kết quả tính toán như được trình bày trong các Bảng 2, 3 và 4.

Bảng 2. Kết quả tính toán bơm [2], [3]

TT	Nội dung	Phương pháp xác định (công thức)	Giá trị	Giá trị	Ghi chú
1	Vận tốc lắng	(theo biểu đồ)	0,36 fps	0,11 m/s	
2	Vận tốc tới hạn v_{crit}	$= F_L \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot (s_{gol} - 1)}$	6,8 fps	2,1 m/s	
3	Vận tốc đầu vòi phun v_{noz}	$= \frac{Q_{sup}}{448,831 \cdot A_{noz}}$	86.8 fps	26,4 m/s	
4	Vận tốc hút v_{suc}	$= \frac{Q_{suc}}{448,831 \cdot A_{suc}}$	6,85 fps	2,08 m/s	
5	Vận tốc ra v_{dis}	$= \frac{Q_{dis}}{448,831 \cdot A_{dis}}$	11,5 fps	3,5 m/s	
6	Lưu lượng dòng cấp tối thiểu Q_{sup_min}	$= 448,831 \cdot A_{dis} \cdot v_{crit}$	1434 gpm	325 m ³ /h	
7	Lưu lượng dòng cấp Q_{sup}	$Q_{sup} = B \cdot A_{noz} \cdot \sqrt{H_{sup} - H_{suc}}$	1872 gpm	425,2 m ³ /h	
8	Lưu lượng dòng hút Q_{suc}	$= Q_{tro} \cdot 3,37 \cdot \frac{s_{gin} - s_{gwat}}{s_{suc} - s_{gwat}}$	984 gpm	223 m ³ /h	
9	Lưu lượng dòng ra Q_{dis}	$= Q_{suc} + Q_{sup}$	2859 gmp	650 m ³ /h	
10	Cột áp trước vòi phun H_{sup}	$H_{sup} = \frac{H_{dis} - H_{suc}}{N} + H_{dis}$	164 ft	50 m	
11	Cột áp hút H_{suc}	$H_{suc} = 3 \frac{v_{suc}^2}{2 \cdot g} + 2 \cdot L_{suc}$	8,75 ft	2,57 m	
12	Cột áp sau bơm H_{dis}	$H_{dis} = H_{mj} + \frac{v_{dis}^2}{2g}$	44,4 ft	13 m	
13	Nồng độ chất rắn lớn nhất C_{max}	$C_{vmax} = \frac{M}{1+M} \cdot \frac{s_{gsucm} - s_{gwat}}{s_{gsol} - s_{gwat}}$	31%		
14	Tỷ số cột áp N	(theo biểu đồ)	0,47		
15	Tỷ số lưu lượng M	$M_{op} = \frac{Q_{suc}}{Q_{sup_min}}$	0,55		
16	Tỷ số thiết diện vòi phun R	(theo bảng chọn)	0,202		
17	Hiệu suất bơm E	$= M \cdot N$	24%		



Hình 4. Sơ đồ các bước tính toán bơm phun tia của đề tài [2]



Hình 5. Hình ảnh thiết kế, mô phỏng bơm phun tia của đề tài

Bảng 3. Các kích thước cơ bản của bơm phun tia (mm)

Nội dung	Tính toán	Nhiệt điện Thái Bình 1	Nhiệt điện Quảng Ninh	UCC
Đường kính cửa hút	152,4	193,7	193,7	193,7
Đường kính ống khoang trộn	152	101	121	122,5
Đ.kính ống dẫn cửa ra của bơm	203	243	193,7	243
Thiết diện vòi phun	34	34	38	34

Bảng 4. So sánh giá trị tính toán của bơm

Nội dung	Tính toán	Nhiệt điện Thái Bình 1	Ghi chú
Lưu lượng dòng sơ cấp Q_{suc} (m ³ /h)	425,2	310	
Cột áp trước vòi phun H (m)	48	70	
$P = Q.H/3600$ (kW)	5,80	5,98	

Vòi phun thủy lực được gia công từ thép SUS 440C – JIS G4303. Thân và họng tiết lưu của bơm được đúc theo tiêu chuẩn ASTM A532 class 1 type A [4], được kiểm tra thử nghiệm độ bền mòn. Sau khi hoàn thiện chế tạo, bơm sẽ được lắp đặt thử nghiệm tại Nhà máy Nhiệt điện Thái Bình 1.

3. Kết luận

Việc nội địa hóa thành công bơm phun tia phục vụ vận chuyển tro xỉ tại nhà máy nhiệt điện than từ các khâu tính toán thiết kế, đến chế tạo sẽ góp phần từng bước thay đổi hiện trạng nội địa hóa thiết bị nhà máy nhiệt điện theo định hướng của Chính phủ, từng bước vươn lên làm chủ việc tính toán, thiết kế công nghệ chế tạo, hướng tới phát triển bền vững, không phụ thuộc vào bên ngoài.

Tài liệu tham khảo

- [1] Vũ Vũ (2017). “Nhu cầu điện ngày càng nóng lên: đâu là lời giải cho bài toán cung ứng điện”. Báo Công Thương điện tử, Bộ Công Thương, Việt Nam.
- [2] Nguyễn Trường Quang, Nguyễn Hoàng Giang (2018). “Các báo cáo thuộc đề tài Nghiên cứu, tính toán, thiết kế, chế tạo bơm phun tia dùng để vận chuyển bùn xỉ trong các nhà máy nhiệt điện than có công suất tổ máy lên tới 600 MW”. Viện Nghiên cứu Cơ khí, Hà Nội, Việt Nam.
- [3] Thomas W. Richardson (1981). “A guide to the planing and hydraulic design of jet pump remedial sand bypassing system”. Hydraulic Laboratory, U.S. Army, United Stated.
- [4] Mohinder L. Nayyar (2002). Piping Handbook, Seventh Edition. *United States of America*.