

**GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**


PHÙNG HỒNG TUẤN

**NGHIÊN CỨU TUA BIN TIA NGHIÊNG PHỤC VỤ
PHÁT TRIỂN THỦY ĐIỆN NHỎ Ở VIỆT NAM**

Chuyên ngành: **KỸ THUẬT MÁY VÀ THIẾT BỊ THỦY KHÍ**

Mã số: 62.52.16.01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

HÀ NỘI 2010

Công trình được hoàn thành tại: Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học:

PGS.TS Võ Sỹ Huỳnh

PGS.TS Nguyễn Thế Mịch

Phản biện 1: GS. TSKH Nguyễn Đức Cường

Viện Khoa học Kỹ thuật và Công nghệ Quân sự

Phản biện 2: TS. Nguyễn Bá Tân

Công ty Cổ phần Tư vấn xây dựng điện 1

Phản biện 3: PGS. TS Phạm Vũ Uy

Viện Tên lửa - Bộ Quốc Phòng

Buổi bảo vệ sẽ được tổ chức vào hồi:.....

Tại: Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện quốc gia
- Thư viện Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

**DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN NỘI
DUNG LUẬN ÁN**

1. **Hoàng Văn Thắng, Phùng Hồng Tuấn** (2004). Một số kết quả thí nghiệm mô hình tua bin tia nghiêng. Tạp chí tuyển tập công trình hội nghị toàn quốc về Khoa học Cơ học Thủy khí.
2. **Hoàng Văn Thắng, Phạm Phúc Yên, Phùng Hồng Tuấn** (2004). Nghiên cứu thiết kế tua bin tia nghiêng phục vụ cho việc phát triển thủy điện nhỏ và cực nhỏ ở Việt Nam. Tạp chí tuyển tập công trình hội nghị toàn quốc về Khoa học Cơ học Thủy khí.
3. **Phùng Hồng Tuấn** (2005). Phương pháp nghiên cứu và kết quả thực nghiệm các tổ máy thủy điện siêu nhỏ sử dụng tua bin tia nghiêng TN200 & TN500. Tạp chí tuyển tập công trình hội nghị toàn quốc về Khoa học Cơ học Thủy khí.
4. **Phùng Hồng Tuấn** (2010). Đánh giá kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định tỷ số D_1/d_0 tối ưu của tua bin tia nghiêng. Chuyên san Khoa học và Công nghệ kỳ 1 năm 2010, Tạp chí Công nghiệp.
5. **Phùng Hồng Tuấn, Nguyễn Thế Mịch** (2010). Kết Quả lựa chọn biên dạng vòi phun hợp lý cho tua bin tia nghiêng với ứng dụng phần mềm Fluent. Tạp chí Nông nghiệp và phát triển nông thôn số 5/2010.
6. **Phùng Hồng Tuấn, Nguyễn Vũ Việt** (2010). Đánh giá kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định đường kính D_1 tối ưu trên bánh công tác tua bin tia nghiêng. Tạp chí Công nghiệp số 5/2010.

Chương I

TỔNG QUAN

1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong công cuộc xóa đói giảm nghèo và tiến tới công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước hiện nay thì việc phát triển thủy điện nhỏ và cực nhỏ đóng một vai trò hết sức quan trọng, là một giải pháp có hiệu quả cao và có ý nghĩa lớn trong việc bảo vệ môi trường. Hơn nữa, đối với các vùng núi, biên giới nơi cuộc sống của người dân còn nhiều khó khăn, thì ngoài ý nghĩa kinh tế, giải pháp này còn mang ý nghĩa chính trị, xã hội sâu sắc.

Ở nước ta, việc nghiên cứu, sản xuất và đưa vào sử dụng các trạm thủy điện nhỏ được tiến hành từ những năm 1980 nhưng hiệu quả ứng dụng còn nhiều bất cập. Cho tới những năm gần đây, nhờ sự phát triển của khoa học kỹ thuật, các loại tua bin cũng đã được nghiên cứu, thiết kế, chế tạo hoàn thiện hơn, chất lượng làm việc tốt hơn. Tuy nhiên, trong dải số vòng quay đặc trưng $n_s=30\div 70$ còn nhiều vấn đề cần nghiên cứu. Do không có hồ điều tiết nên lưu lượng thay đổi lớn theo mùa dẫn tới việc sử dụng tua bin tâm trục vùng vòng quay đặc trưng nhỏ (sát với vùng làm việc của tua bin xung kích) kém hiệu quả. Loại tua bin này có hiệu suất đỉnh cao nhưng đường đặc tính dốc nên hiệu suất ở chế độ lưu lượng nhỏ rất thấp, kết cấu phức tạp, dễ xảy ra xâm thực. Tua bin xung kích tuy có hiệu suất đỉnh không cao bằng tua bin tâm trục nhưng đường đặc tính thoải, hiệu suất vẫn đạt giá trị cao khi lưu lượng thay đổi lớn. Đồng thời, chúng có kết cấu đơn giản hơn, dễ vận hành, bảo dưỡng, hầu như ít xảy ra xâm thực do đó hiệu quả sử dụng cao hơn. Trong các loại tua bin xung kích, tua bin gáo và tua bin xung kích hai lần đã được nghiên cứu khá kỹ. Tua bin tia nghiêng (TBTN), có vùng làm việc nằm trong khoảng giữa của hai loại trên mới được nghiên cứu ứng dụng trong vài năm gần đây.

Do còn ít thông tin, tài liệu về loại tua bin này, việc sử dụng TBTN trên thực tế ở nước ta còn gặp rất nhiều hạn chế như: Công suất tính toán không bảo đảm, xảy ra hiện tượng chèn dòng phía gần bầu cánh, tăng lưu lượng song không tăng công suất, đặt ra vấn đề cần nghiên cứu để nâng cao hiệu quả sử dụng loại tua bin này.

2. Tổng quan tình hình nghiên cứu, sử dụng TBTN:

Trên thế giới, TBTN đã được một số hãng nghiên cứu, sử dụng có hiệu quả cho các trạm thủy điện nhỏ có công suất tổ máy đến 10MW. Tuy nhiên, cho đến nay có rất ít công trình nghiên cứu về loại tua bin này công bố, đặc biệt là về mặt lý thuyết.

Quá trình nghiên cứu ứng dụng TBTN ở Việt Nam bắt đầu được tiến hành khoảng 10 năm trở lại đây tại Viện thủy điện và năng lượng tái tạo. Việc nghiên cứu, thiết kế, chế tạo được tiến hành trên cơ sở lý thuyết cơ bản của TBTN và tham khảo các mẫu TBTN ứng dụng trên thực tế do một số hãng sản xuất. Do thiếu thông tin, tài liệu và kinh nghiệm tính toán thiết kế nên việc sử dụng TBTN còn gặp rất nhiều hạn chế.

Xuất phát từ những vấn đề lý luận và thực tiễn nêu trên, tác giả chọn đề tài nghiên cứu TBTN nhằm hoàn thiện việc tính toán thiết kế, nâng cao hiệu quả ứng dụng của loại tua bin này cho việc phát triển thủy điện nhỏ ở Việt Nam.



Hiện tượng chèn dòng phía sát bầu bánh công tác (BCT) của TBTN lắp đặt tại nhà máy thủy điện Suối Tân

3. Lý thuyết TBTN

Cho đến nay, lý thuyết TBTN vẫn chỉ dừng lại ở lý thuyết đơn giản dựa trên nguyên lý biến thiên động lượng của dòng tia tác động lên tám bản, chỉ mang tính định hướng. Mọi nghiên cứu hoàn thiện hầu như đều dựa trên cơ sở thực nghiệm.

4. Mục đích và phạm vi nghiên cứu của đề tài

Với mục đích nghiên cứu nâng cao hiệu quả sử dụng TBTN cho phát triển thủy điện nhỏ ở Việt Nam, đồng thời dựa trên cơ sở các nghiên cứu ứng dụng ban đầu tại Viện Thủy điện và năng lượng tái tạo, qua đánh giá chất lượng làm việc của các TBTN đang vận hành trên thực tế kết hợp với điều kiện trang thiết bị nghiên cứu hiện có, tác giả đã định hướng cho luận án của mình như sau:

- Nghiên cứu lựa chọn loại vòi phun hợp lý cho TBTN với ứng dụng phần mềm Fluent.

- Nghiên cứu xác định đường kính vào của tâm trục dòng tia trên BCT (D_1) tối ưu của TBTN bằng thực nghiệm.

- Nghiên cứu xác định tỷ số tối ưu giữa đường kính D_1 với đường kính dòng tia (D_1/d_0) qua đó xác định vùng làm việc tối ưu của TBTN.

Từ kết quả các nghiên cứu trên sẽ rút ra các khuyến nghị quan trọng trong công tác thiết kế chế tạo và sử dụng loại tua bin này, đồng thời rút ra định hướng cho các nghiên cứu tiếp theo.

5. Phương pháp nghiên cứu

Kết hợp giữa nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm.

- Nghiên cứu lý thuyết động lực học dòng chảy trong vòi phun TBTN với ứng dụng phần mềm Fluent để tính toán lựa chọn loại biên dạng vòi phun hợp lý cho TBTN trên cơ sở một số loại biên dạng vòi phun đã được nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm sử dụng cho tua bin gió. Đồng thời rút ra phương pháp nghiên cứu tối ưu hóa biên dạng vòi phun giảm thiểu thời gian và chi phí.

- Các nghiên cứu xác định đường kính D_1 tối ưu và tỷ số D_1/d_0 tối ưu bằng phương pháp thực nghiệm, được tiến hành trên cơ sở lý luận rút ra từ lý thuyết đơn giản của TBTN và các vấn đề thực tế.

6. Bố cục của luận án

Luận án gồm: Mở đầu, 4 chương và Phụ lục với tổng số 166 trang, 43 hình vẽ, 20 đồ thị, 8 bảng và 31 tài liệu tham khảo được phân bố như sau:

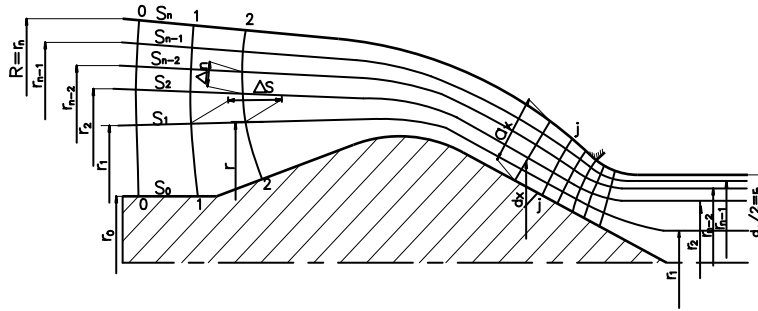
Mở đầu		4 trang
Chương I	Tổng quan	25 trang
Chương II	Phương pháp nghiên cứu	50 trang
Chương III	Kết quả nghiên cứu và đánh giá kết quả	38 trang
Chương IV	Kết luận	3 trang
Phụ lục		46 trang

Chương II
PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Nghiên cứu lý thuyết biên dạng vòi phun

Cơ sở lý thuyết:

Với giả thiết dòng chảy trong vòi phun là dòng chảy thế, việc phân tích động lực học dòng chảy có thể tiến hành với phương pháp giải bài toán thuận bằng đồ giải kết hợp giải tích gần đúng, được mô tả như sau:



Các đường dòng S_i , đường đẳng thế $j-j$ được xây dựng trên cơ sở các công thức:

- Xác định lưu lượng qua vòi phun:
$$Q = \int_r^R 2\pi r C_m \Delta n$$
- Xác định độ chênh thế:
$$\Delta\Phi = \frac{Q}{2\pi F}$$

Từ các phương trình cơ bản trên, bằng phương pháp đồ giải, xây dựng được các đường dòng và đường đẳng thế đồng thời xác định được phân bố vận tốc và áp suất tại các vị trí trong vòi phun.

Nhận xét:

- Là phương pháp tính toán cổ điển, bỏ qua nhiều vấn đề ảnh hưởng như: độ nhớt chất lỏng, vật liệu thành cứng □
- Khối lượng tính toán quá lớn do phải qua rất nhiều lần điều chỉnh mới có thể xây dựng được cho một vị trí của kim phun.

Một biên dạng vòi phun phải xây dựng ở rất nhiều vị trí của kim phun mới có thể phân tích động lực học đầy đủ được.

Ứng dụng phần mềm Fluent

Từ những bất cập nêu trên, tác giả đề xuất phương pháp phân tích động lực học dòng chảy trong vòi phun với ứng dụng phần mềm Fluent.

Các phương trình chính để giải bài toán trên phần mềm Fluent:

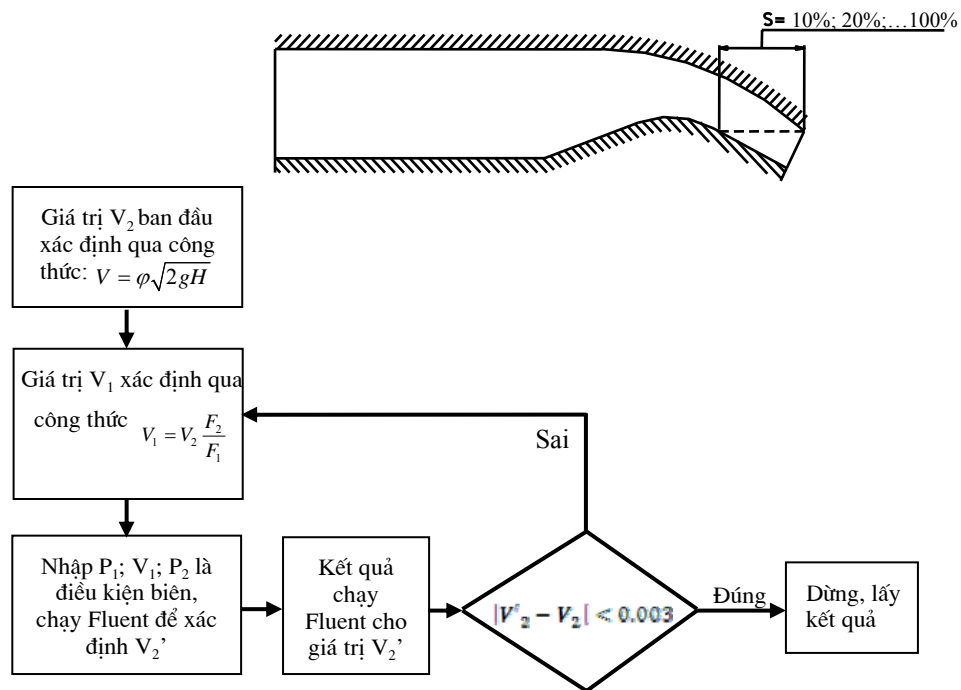
Phương trình Navie - Stốc

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad}p + \nu \Delta \vec{v} + \frac{\nu}{3} \text{grad}(\text{div} \vec{v})$$

Phương trình Becnuli:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{w1-2}$$

Sơ đồ mô hình hóa và chương trình tính toán như sau: (bài toán đối xứng):



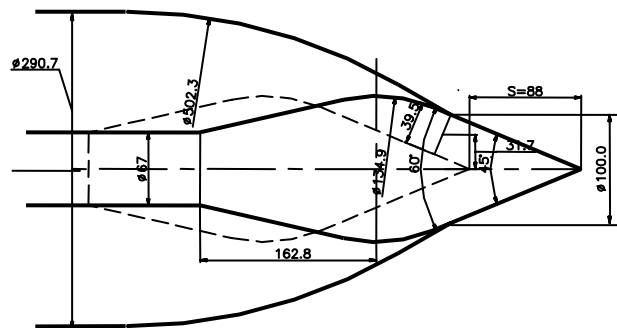
Với chương trình tính toán trên, việc phân tích động lực học dòng chảy trong vòi phun TBTN trở nên đơn giản và nhanh chóng, cho kết quả với độ chính xác cao (tùy theo điều kiện đặt trước).

Nghiên cứu lựa chọn loại vòi phun hợp lý cho TBTN

Về nguyên tắc, cần phải nghiên cứu thiết kế loại biên dạng riêng cho vòi phun của TBTN do vùng làm việc của loại tua bin này có tỷ tốc cao hơn tua bin gáo. Tuy nhiên, với bản chất dòng chảy trong vòi phun các loại tua bin xung kích là giống nhau, mặt khác, một số loại vòi phun của tua bin gáo cũng đã qua nghiên cứu thực nghiệm đạt hệ số vận tốc khá cao nên có thể sử dụng một trong số các loại biên dạng vòi phun này cho TBTN để giảm chi phí nghiên cứu thực nghiệm.

Vấn đề đặt ra là cần phải dùng lý thuyết để nghiên cứu phân tích động lực học dòng chảy trong các loại biên dạng vòi phun đã có với các điều kiện đầu vào là các thông số làm việc của TBTN để qua đó đánh giá chất lượng các loại vòi phun và tìm ra loại biên dạng vòi phun hợp lý nhất với điều kiện làm việc của TBTN.

Cụ thể, ở đây cần tiến hành nghiên cứu lý thuyết ba loại biên dạng vòi phun mẫu có hệ số vận tốc cao đã được nghiên cứu, sử dụng cho tua bin gáo là: Loại vòi phun dài (có góc côn phần miệng vòi/góc côn của van kim là $60^0/45^0$); loại trung bình ($80^0/54^0$) và loại ngắn ($85^0/60^0$). Biên dạng cụ thể của các loại vòi phun trên như sau:



Biên dạng vòi phun dài ($60^0/45^0$)

ii, Đường kính BCT: $D_1 = \frac{n_1' \sqrt{H}}{n}$

iii, Lưu lượng qui dẫn:

$$Q_1 = \frac{Q}{D_1^2 \sqrt{H}} = \frac{\pi \sqrt{2g}}{4} \varphi z_0 \left(\frac{d_0}{D_1} \right)^2 \quad \text{hay:} \quad Q_1 = K_Q \cdot z_0 \cdot \left(\frac{d_0}{D_1} \right)^2$$

iv, Số vòng quay qui dẫn: $n_1' = \frac{n D_1}{\sqrt{H}}$

v, Số vòng quay đặc trưng n_s :

$$n_s = \frac{n \sqrt{N}}{H^4 \sqrt{H}} \quad \text{hay} \quad n_s = 3,65 n_1' \sqrt{\eta Q_1'}$$

Từ phương pháp tính toán thiết kế và các kinh nghiệm thực tế, căn cứ vào các điều kiện thí nghiệm phục vụ nghiên cứu, TBTN mô hình được tính toán, lựa chọn là loại kết cấu trục ngang, hai vòi phun với các kích thước và thông số cơ bản sau:

Thông số đầu vào:

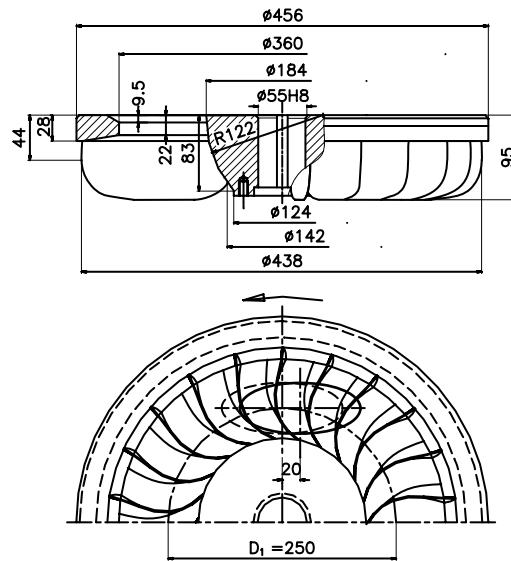
Cột áp:	H=10m
Công suất lớn nhất:	N=5kW

Các thông số cơ bản của TBTN mô hình:

Lưu lượng thiết kế:	0,064 m ³ /s
Đường kính BCT:	D ₁ =250mm
Đường kính dòng tia:	52 mm
Số vòng quay định mức:	500 v/ph
Số vòng quay qui dẫn:	39,5 v/ph
Lưu lượng qui dẫn:	0,322 m ³ /s
Tỷ số D ₁ /d ₀ :	4,8

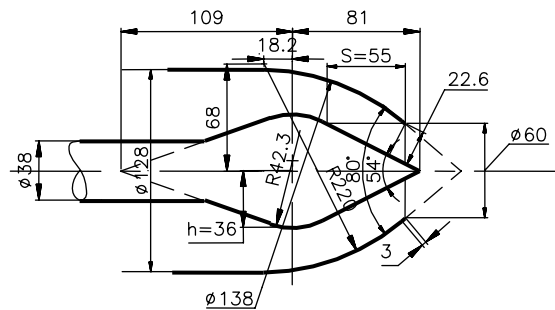
BCT của TBTN mô hình:

Mẫu BCT chọn để chế tạo TBTN mô hình là mẫu tham khảo tua bin thực của hãng GILKES lắp đặt nhà máy thủy điện Nà Chá, Mộc Châu, Sơn La. Các kích thước cơ bản của BCT tua bin mô hình như sau:



Vòi phun của TBTN mô hình:

Vòi phun tua bin mô hình được chọn theo mẫu biên dạng $80^0/54^0$, có kích thước xác định theo d_0 như sau:



TBTN mô hình được tính toán đảm bảo luật tương tự (ưu tiên đồng dạng hình học và hệ số Ray nôn đáp ứng theo qui định của Tiêu chuẩn IEC 41-1991-11) đảm bảo làm cơ sở để tính toán thiết kế các tua bin nguyên hình.

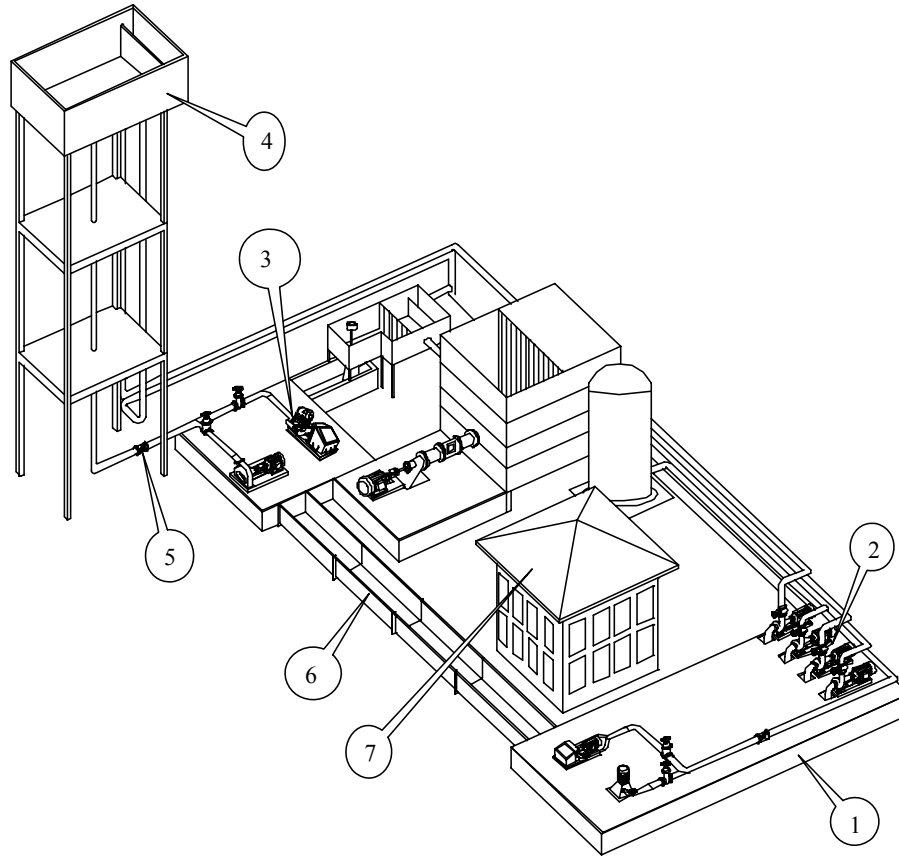
2.3 Nghiên cứu thực nghiệm TBTN

Hệ thống thí nghiệm

Hệ thống thí nghiệm được xác định từ các thông số yêu cầu thử nghiệm của TBTN mô hình:

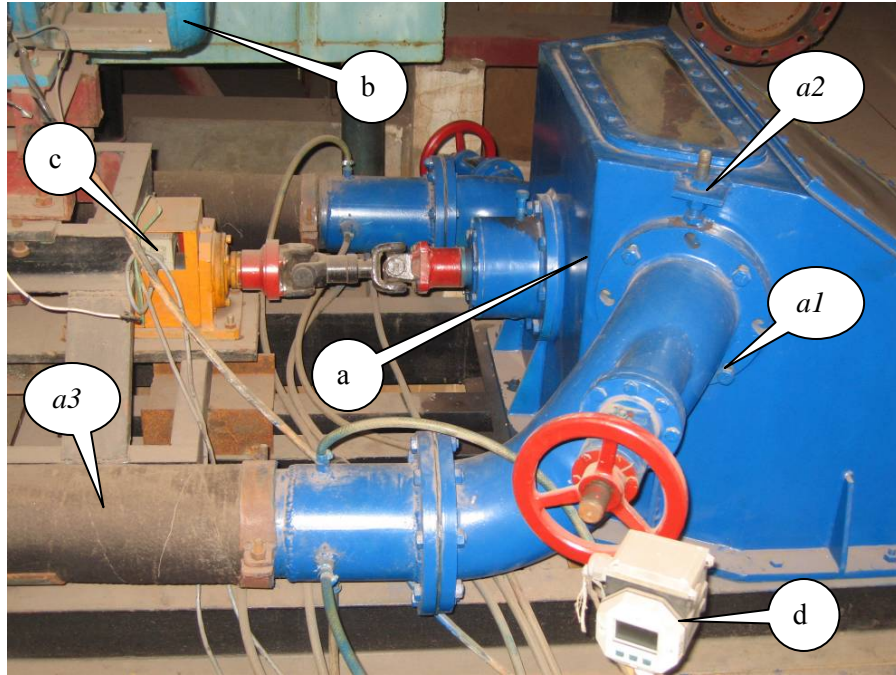
- Cột nước thiết kế của tua bin: $H = 10\text{ m}$
- Lưu lượng qua tua bin: $Q = 64\text{ l/s}$
- Công suất thiết kế: $N = 5\text{ kW}$

Sơ đồ hệ thống thí nghiệm như sau:



Trong đó: 1- Bể trữ nước ngầm; 2- Bơm cấp; 3- Tổ máy thí nghiệm; 4- Bể tạo cột áp; 5- Thiết bị đo lưu lượng; 6- Kênh dẫn nước sau thí nghiệm về bể cấp; 7- Trung tâm thu thập và xử lý số liệu.

Tổ máy thí nghiệm bố trí một số thiết bị sau: a- Tua bin mô hình (a1: Rãnh trượt của cụm vòi phun; a2 - Cụm đai ốc điều chỉnh và hãm vòi phun tại vị xác định; a3 - ống cao su chịu áp để cụm vòi phun có thể điều chỉnh vị trí được); b- Thiết bị gây tải; c- Thiết bị đo mô men và số vòng quay; d- Thiết bị đo áp suất dư). Chi tiết xem hình dưới đây:

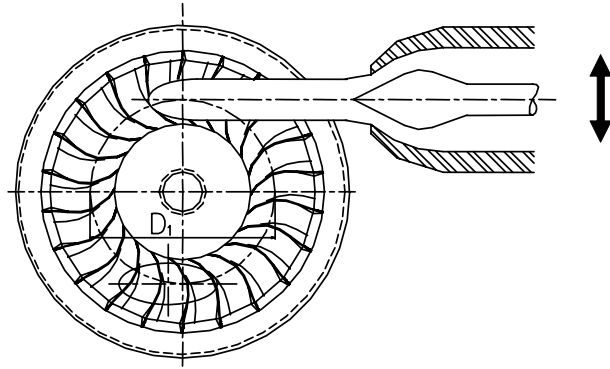


Thí nghiệm xác định đường kính vào của tâm trục dòng tia trên BCT

Phương pháp tiến hành thực nghiệm:

Để xác định vị trí tối ưu của tâm trục dòng tia trên BCT, cần di chuyển vòi phun theo chiều hướng kính của BCT và cần phải đảm bảo các yếu tố khác không bị ảnh hưởng.

Sơ đồ mô tả việc di chuyển vòi phun như sau:



Tại mỗi vị trí của vòi phun, tiến hành thí nghiệm năng lượng tua bin để xác định vị trí tối ưu.

Quá trình thực nghiệm đo đạc số liệu:

Tại vị trí ban đầu của vòi phun (theo mẫu thiết kế: $D_1 = 250$ mm), bắt đầu tiến hành thí nghiệm đo đạc và lấy số liệu, di chuyển vòi phun theo chiều hướng kính, xa tâm dẫn (từ $D_1 = 250 \sim 280$ mm) với bước điều chỉnh 2,5 mm theo bán kính (tương đương với D_1+5 mm).

Tại mỗi vị trí của D_1 , thực hiện quá trình đo với các độ mở $S=0$ đến S_{max} với bước điều chỉnh $S+10$ mm.

Để có cơ sở đánh giá chính xác hơn cho dữ liệu đo đạc được, tại vị trí của vòi phun ban đầu theo thiết kế và vị trí tối ưu của vòi phun tìm được (D_1 tối ưu), tiến hành đo với bước điều chỉnh độ mở vòi phun mịn hơn ($S+5$ mm).

Công thức cơ sở sử dụng trong quá trình thực nghiệm để đánh giá đặc tính hiệu suất của tua bin:

$$\eta_T = \frac{N_T}{9,81 * Q * H}$$

Trong đó: N_T : công suất trên trục tua bin

$$N_T = M * \omega$$

Thí nghiệm xác định tỷ số D_1/d_0

Quá trình thí nghiệm xác định tỷ số D_1/d_0 được tiến hành sau khi tìm được vị trí tối ưu của tâm trục đồng tia trên BCT.

Về mặt nguyên tắc, đường kính dòng tia lớn nhất có thể xác định theo điều kiện hình học, đảm bảo sao cho ô van dòng tia trên BCT không bị chạm vào bầu hoặc vành. Tất nhiên, với đường kính dòng tia lớn nhất đó, tua bin không thể cho hiệu suất vận hành cao nhất được. Nhưng, đó cũng là cơ sở để chọn kích thước vòi phun trong quá trình nghiên cứu thực nghiệm.

Do vòi phun cũng là một dạng của máy thủy lực, nó cũng tuân theo luật tương tự. Vì vậy, để có độ chính xác cao nhất, cần phải sử dụng nhiều vòi phun đồng dạng, có kích thước khác nhau nhưng cùng một tỷ lệ độ mở để đảm bảo rằng tỷ số D_1/d_0 tối ưu tìm được sẽ bị ảnh hưởng ít nhất bởi hiệu suất vòi phun. Tuy nhiên, như vậy khối lượng vòi phun cần chế tạo rất lớn, chi phí chế tạo và thời gian nghiên cứu sẽ tăng lên rất nhiều.

Vì vậy, việc sử dụng một vòi phun với kích thước được tính toán từ đường kính dòng tia lớn nhất, sau đó thay đổi đường kính dòng tia bằng cách điều chỉnh hành trình của nó là có thể chấp nhận được. Sự ảnh hưởng bởi hiệu suất vòi phun khi điều chỉnh hành trình thực tế là không đáng kể. Phương pháp này được sử dụng để nghiên cứu thực nghiệm xác định giá trị tối ưu của tỷ số D_1/d_0 .

Quá trình thực nghiệm cũng được tiến hành tương tự đối với quá trình thực nghiệm xác định vị trí tối ưu của tâm trục dòng tia trên BCT, nhưng thực hiện riêng tại vị trí D_1 tối ưu.

Thu thập và xử lý số liệu trong quá trình thực nghiệm

Thu thập số liệu trong quá trình thực nghiệm

Quá trình thu thập số liệu được tiến hành đồng thời cho một bộ các thông số để từ đó xác định hiệu suất của tua bin. Tại chế độ đo, được thiết lập bởi các điều chỉnh chế độ thử nghiệm trên tua bin (vị trí vòi phun, hành trình kim phun, □), ở phòng thu thập số liệu tiến hành điều chỉnh số vòng quay của tua bin thông qua công suất ra bởi bộ phận gây tải.

Tại mỗi điểm đo (xác lập được từ chế độ đo và số vòng quay đã được điều chỉnh), sau khi tua bin vận hành ổn định, bắt đầu thu thập bộ số liệu. Số lượng cặp số liệu được lấy đủ lớn để đảm bảo độ chính xác khi xử lý số liệu. Đây được coi là một bộ số liệu thô. Sau khi thu thập được đủ các bộ số liệu đo theo yêu cầu đặt ra, tiến hành xử lý số liệu để xây dựng các đặc tính làm việc và phân tích, đánh giá các kết quả nghiên cứu.

Quy trình xử lý dữ liệu thí nghiệm:

Để có cơ sở đánh giá kết quả nghiên cứu một cách chính xác, quá trình đánh giá cần đảm bảo các yêu cầu sau:

- Đánh giá sai số dụng cụ đo
- Đánh giá sai số bộ dữ liệu đo được
- Xác định độ phân tán chuẩn của dữ liệu
- Xây dựng đường mô tả (Fit line)
- Xử lý bộ dữ liệu

Bước 1: Xử lý sơ bộ: loại bỏ dữ liệu ngoại lai, không tin cậy.

Bước 2 : Tính toán: sử dụng phần mềm để tính toán, xây dựng biểu đồ, đồ thị.

2.3 Kết luận

- Việc nghiên cứu lý thuyết động lực học dòng chảy trong vòi phun với ứng dụng phần mềm tính toán thủy lực Fluent và việc sử dụng một sơ đồ tính toán hợp lý, lô gíc có thể có kết quả tính toán một cách nhanh chóng và một kết quả có độ chính xác cao hơn.

- Trong nghiên cứu thực nghiệm, điều cần thiết nhất là phải có đánh giá tổng quan từ điều kiện thực tế của phòng thí nghiệm đến khả năng của các thiết bị, phạm vi của dụng cụ đo và sai số của nó từ đó tính toán, lựa chọn được mô hình vật lý với các thông số, dải số liệu cần đo phù hợp, độ chính xác của số liệu đạt yêu cầu.

- Phương pháp xử lý số liệu thí nghiệm mô hình vật lý dựa trên cơ sở lý thuyết sắc xuất thống kê, đảm bảo độ tin cậy của dữ liệu thu thập được, từ đó có thể đánh giá kết quả nghiên cứu một cách chính xác hơn.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

3.1 Kết quả và đánh giá kết quả nghiên cứu vòi phun TBTN

Kết quả nghiên cứu:

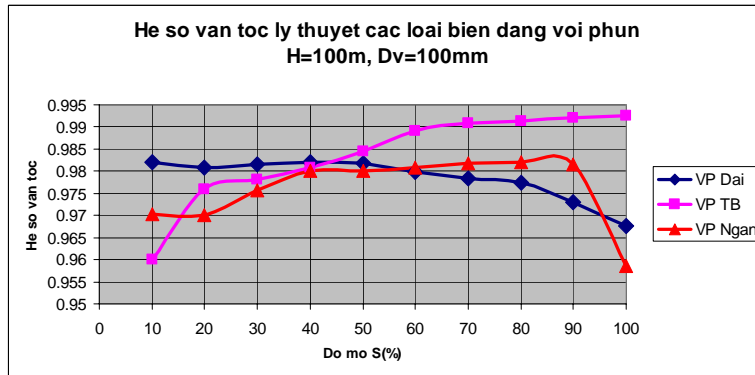
Tiến hành phân tích động lực học của ba loại vòi phun ở kích thước nguyên mẫu (đường kính miệng vòi 100mm) với các độ mở khác nhau từ S=10% đến S=100% (để đảm bảo quá trình phân tích được chính xác, chọn bước điều chỉnh độ mở là ΔS=10%). Chọn cột áp đầu vào là 100m, là cột áp phổ biến nhất trong phạm vi làm việc của TBTN. Kết quả tính toán ở các độ mở được thể hiện bởi các biểu đồ dạng trường giá trị theo màu; dạng trường véc tơ phân bố vận tốc vào áp suất và dạng số.

Với các giá trị vận tốc trung bình tính toán được ở các độ mở, xác định được hệ số vận tốc φ (là thông số đặc trưng cho hiệu quả làm việc của vòi phun) theo công thức:

$$\varphi = \frac{V_{2TB}}{\sqrt{2 \cdot g \cdot H}}$$

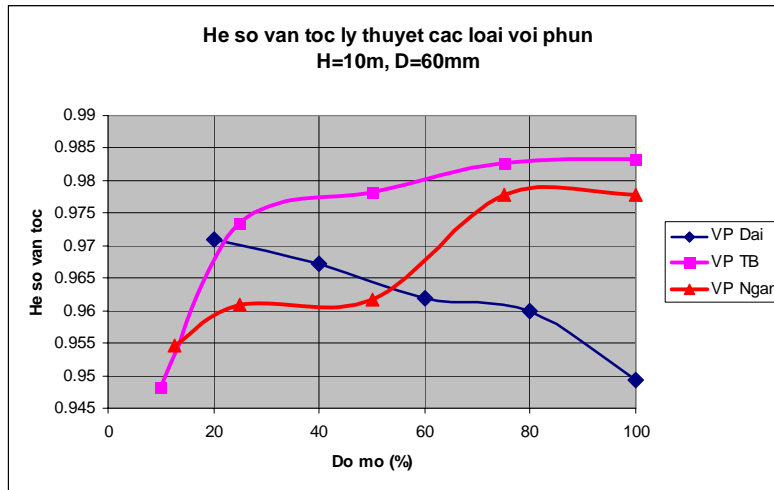
ở đây: V_{2TB} là vận tốc trung bình ở lõi ra của vòi phun tính toán được; g: gia tốc trọng trường; H: cột áp toàn phần của vòi phun.

Kết quả nghiên cứu như sau:



Đồ thị quan hệ giữa hệ số vận tốc lý thuyết và độ mở của các loại biên dạng vòi phun mẫu với cột áp làm việc H=100m

Để có kết luận chính xác hơn, xem xét thêm trường hợp tương ứng với điều kiện làm việc của tua bin mô hình nghiên cứu trong phòng thí nghiệm. Cụ thể, kích thước vòi là 60mm, cột áp đầu vào là 10m.



Đồ thị quan hệ giữa hệ số vận tốc lý thuyết và độ mở của các loại biên dạng vòi phun có kích thước 60mm, cột áp làm việc H=10m

Đánh giá kết quả:

- Kết quả phân tích động lực học dòng chảy với ứng dụng phần mềm Fluent cho ba loại biên dạng vòi phun cho thấy, cả ba loại đều có sự phân bố vận tốc và áp suất đều, tuân theo đúng quy luật biến đổi từ áp năng sang động năng của dòng chảy từ lõi vào đến lõi ra của vòi phun.
- Kết quả trên biểu đồ biểu diễn sự phụ thuộc giữa hệ số vận tốc lý thuyết của vòi phun và độ mở của kim phun của ba loại biên dạng vòi phun cho thấy cả ba loại vòi phun này đều có hệ số vận tốc lý thuyết cao (đến 99,2%). Tuy nhiên, loại vòi phun trung bình có hệ số vận tốc lý thuyết cao nhất và tương đối đều ở các độ mở khác nhau. Như vậy, với phạm vi cột áp làm việc của TBTN dao động xung quanh khoảng 100m thì việc sử dụng loại vòi phun này là hợp lý nhất.
- Khi các biên dạng vòi phun giữ nguyên và thu nhỏ kích thước, hệ số vận tốc lý thuyết của vòi phun giảm, kết quả này cũng rất phù hợp với thực tế

do khi kích thước vòi phun nhỏ, tổn thất ma sát thành tăng lên làm giảm hệ số vận tốc.

- Nghiên cứu các biên dạng vòi phun tương ứng với kích thước chọn cho TBTN mô hình cho thấy, với cột áp thấp, cả ba loại vòi phun có sự thay đổi về giá trị và qui luật thay đổi hệ số vận tốc lý thuyết theo độ mở. Tuy nhiên, loại biên dạng vòi phun trung bình ít thay đổi về qui luật nhất, đồng thời giá trị hệ số vận tốc lý thuyết tính toán vẫn đạt cao nhất.

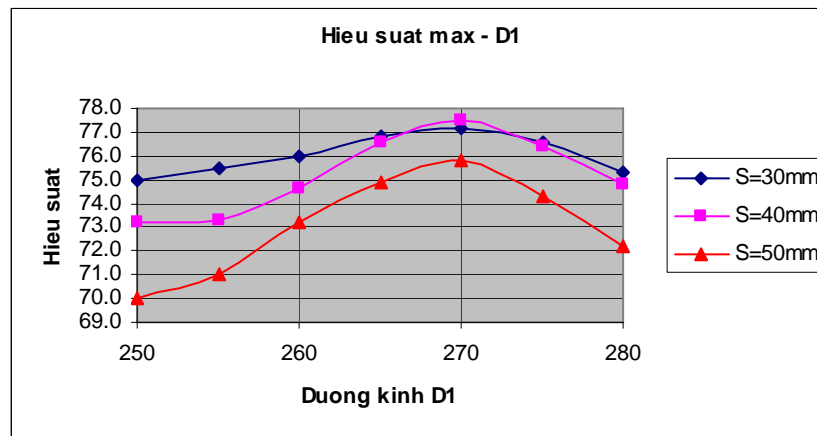
- Trong ba loại vòi phun nghiên cứu, loại có biên dạng trung bình còn có một ưu việt nữa là với cùng một kích thước miệng vòi, nó có kích thước ống dẫn nước đến nhỏ nhất so với hai loại kia. Điều này có ý nghĩa kinh tế cao do có thể giảm được kích thước của cụm vòi phun nói riêng cũng như đối với TBTN nói chung.

3.2. Kết quả và đánh giá kết quả nghiên cứu thực nghiệm TBTN:

3.2.1 Kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định đường kính vào tối ưu của trục dòng tia trên BCT:

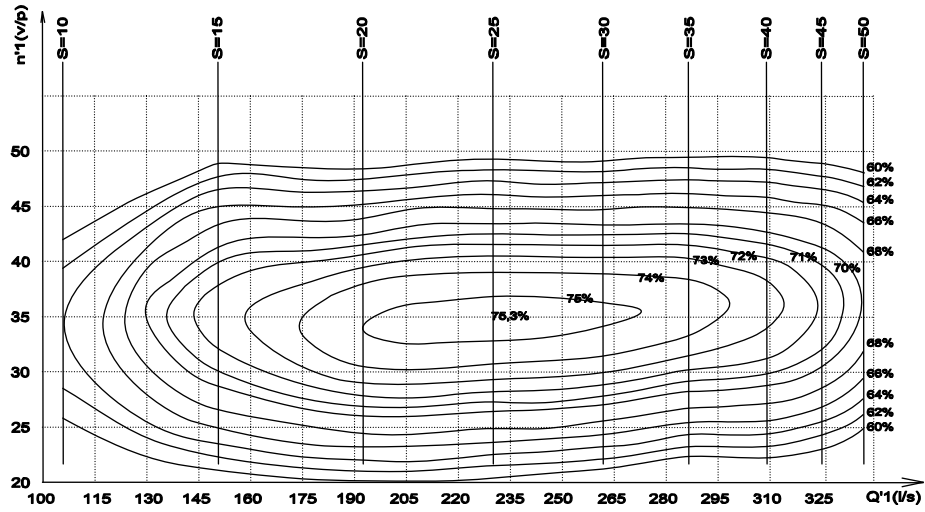
Kết quả nghiên cứu:

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm được trình bày một cách tổng quát như sau:

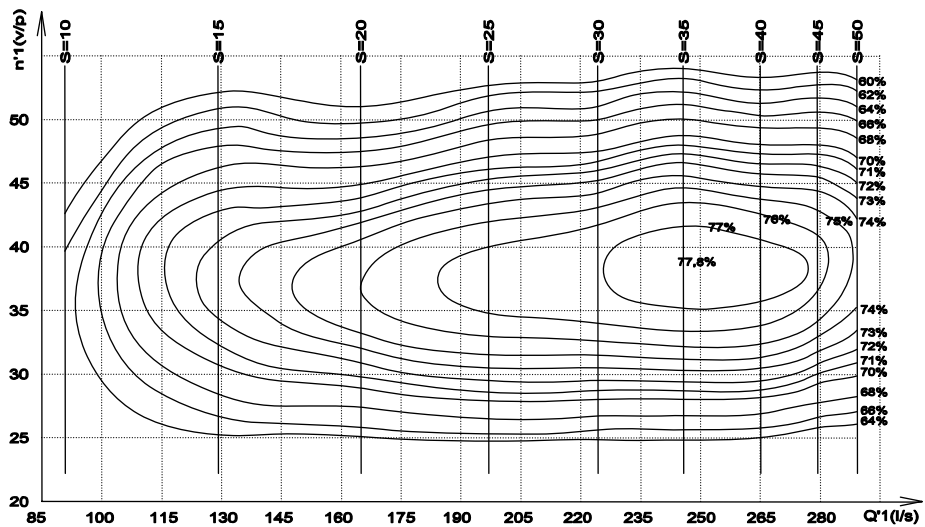


Biểu đồ quan hệ giữa hiệu suất lớn nhất của tua bin vào vị trí tâm trục dòng tia trên BCT (D_1) của TBTN mô hình

Với giá trị D_1 theo thiết kế ban đầu (250mm) và D_1 tối ưu tìm được ($D_{1o}=270\text{mm}$), tiến hành thực nghiệm chi tiết tại nhiều độ mở của vòi phun khác nhau. Từ đó, xây dựng được đặc tính tổng hợp chính của TBTN mô hình tương ứng với D_1 thiết kế và D_{1o} . Cụ thể như sau:



Đặc tính tổng hợp chính của tua bin mô hình theo D_1 thiết kế



Đặc tính tổng hợp chính của tua bin mô hình theo D_1 tối ưu

Đánh giá kết quả nghiên cứu:

Các biểu đồ kết quả thực nghiệm cho thấy, khi điều chỉnh vị trí tâm trục dòng tia ra xa bầu hơn (tăng D_1) trong một giới hạn cho phép (các thông số cột áp, lưu lượng không thay đổi), hiệu suất làm việc của tua bin tăng lên, điều này phù hợp với phân tích lý thuyết và thực tế vận hành. Tiếp tục tăng D_1 lên thêm, hiệu suất lớn nhất của tua bin bắt đầu giảm.

Từ biểu đồ quan hệ giữa hiệu suất lớn nhất của tua bin vào vị trí tâm trục dòng tia trên BCT của TBTN mô hình, có thể rút ra các nhận xét sau:

i) Độ chênh hiệu suất từ đường kính vào $D_1=250\text{mm}$ đến $D_1=270\text{mm}$ phụ thuộc vào độ mở của vòi phun (đường kính dòng tia):

+ Với độ mở $S=50\text{mm}$, độ chênh hiệu suất là:

$$\Delta\eta = \eta_{\max 270} - \eta_{\max 250} = 74,9\% - 70\% = 4,9\%$$

ở đây: $\eta_{\max 270}$; $\eta_{\max 250}$ là các giá trị hiệu suất lớn của tua bin ứng với các giá trị $D_1=270\text{mm}$ và $D_1=250\text{mm}$

+ Với độ mở $S=40\text{mm}$, độ chênh hiệu suất $\Delta\eta = 4,3\%$

+ Với độ mở $S=30\text{mm}$, độ chênh hiệu suất $\Delta\eta = 2,2\%$

ii) Giá trị độ chênh hiệu suất từ đường kính vào $D_1=250\text{mm}$ đến $D_1=270\text{mm}$ tăng theo độ mở của vòi phun hay đường kính dòng tia (lưu lượng tua bin).

iii) Với các độ mở khác nhau của vòi phun, ở giá trị $D_1=270\text{mm}$, tua bin đều có hiệu suất lớn nhất.

Các kết luận trên có thể được giải thích như sau:

Từ sơ đồ kết cấu BCT của TBTN có thể thấy rằng, khoảng cách giữa hai cánh liên tiếp sẽ càng tăng lên khi càng xa bầu. Khi dòng tia tác động lên BCT ở vị trí gần bầu (loại trừ vị trí làm cho dòng tia va vào bầu), về nguyên tắc, các lớp phân tử chất lỏng tác động lên cánh BCT sẽ mỏng hơn (do đồng thời tác động lên nhiều cánh hơn), góc vào trung bình của các phân tử chất lỏng sẽ gần hơn với giá trị tối ưu theo lý thuyết tính toán. Tuy nhiên, do khoảng hở (máng dẫn) giữa hai cánh hẹp, gây nên hiện tượng

xuất hiện dòng di động có áp trong máng dẫn làm mất đi bản chất xung kích của dòng tia. Như vậy, hiệu suất làm việc của tua bin giảm. Trường hợp khác, tuy lớp dòng tia chưa đủ dày để tạo nên dòng có áp trong máng dẫn, nhưng do độ dày của nó lớn, khi ra khỏi mép cánh, một phần lớp dòng va vào mặt lưng của cánh tiếp theo làm cản trở quá trình chuyển động của nó và cũng làm cho hiệu suất của tua bin giảm.

Bây giờ, xét đến các vị trí gần vành hơn. Ngoại trừ vị trí làm cho dòng tia va vào vành, khi vị trí vào của dòng tia càng sát vành, khoảng hở giữa hai cánh liên tiếp càng lớn. Lúc này, dòng tia sẽ tác động lên cánh một cách hoàn toàn xung kích. Tại mép ra của cánh, do khoảng cách lớn nên lớp dòng thoát ra một cách tự do, không xuất hiện hiện tượng dòng tia khi ra khỏi cánh này lại va vào lưng cánh tiếp theo. Tuy nhiên, khi khoảng hở giữa hai cánh liên tiếp ở phía dòng tia đi vào quá lớn, lớp dòng tia tác động lên lá cánh dày, các phần tử chất lỏng lúc này sẽ đi vào cánh với các góc khác nhau và khác với tính toán lý thuyết. Sự sai khác này gây hiện tượng va đập ở một số phần tử của lớp dòng tia và sẽ gây nên hiện tượng sụt giảm hiệu suất chung của tua bin.

Tổng hợp các phân tích trên đi đến kết luận: khi dòng tia vào ở gần bầu, tương quan tỷ lệ giữa lớp dòng tia và khe hở máng dẫn lớn, gây hiện tượng chèn dòng hoặc va đập ở lối ra; ngược lại, khi dòng tia vào ở vị trí gần vành, do khoảng hở lớn, gây ra hiện tượng va đập đối với một số phần tử dòng tia ở lối vào. Cả hai trường hợp nêu trên đều làm sụt giảm hiệu suất làm việc của tua bin. Như vậy, việc tồn tại một vị trí vào nào đó của dòng tia giữa vành và bầu làm cho tua bin làm việc tối ưu là đúng. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đã tìm ra vị trí tối ưu đó ($D_{10}=270\text{mm}$).

Từ giá trị D_{10} của tua bin mô hình xác định qua thực nghiệm, có thể tìm được mối quan hệ hình học giữa đường kính vào tối ưu với các kích thước bầu và vành ở lối vào BCT theo công thức:

$$D_1 = \frac{D_v + D_b}{2,015}$$

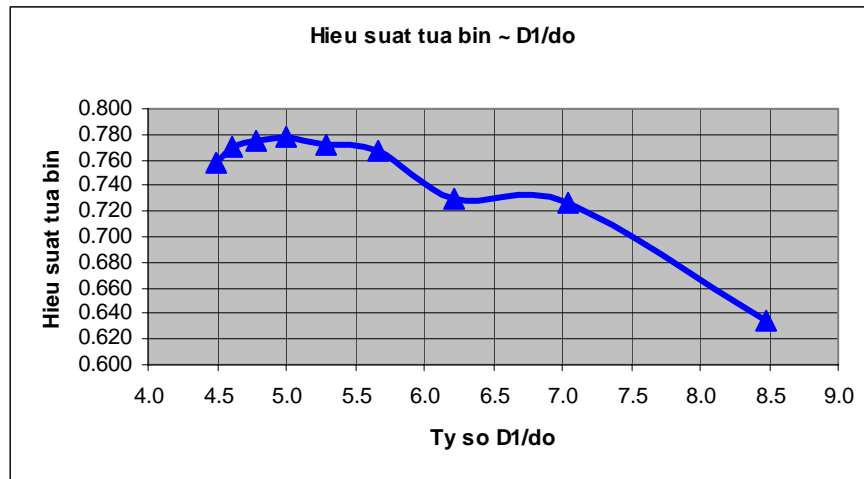
ở đây: D_v , D_b đường kính trong của vành và đường kính ngoài của bầu ở mặt vào BCT.

3.2.1 Kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định tỷ số D_1/d_0 tối ưu:

Kết quả nghiên cứu:

Đường kính dòng tia, nếu quan niệm là kích thước của dòng tia ngay trước khi tác động lên BCT thì rất khó xác định vì nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố: độ mở vòi phun, chất lượng của loại vòi phun sử dụng và cả bộ phận ống dẫn nước vào tua bin (làm cho dòng tia bị loe nhiều hay ít sau khi ra khỏi vòi phun). Do đó, đường kính dòng tia được qui ước bằng diện tích thoát qua vòi (qui tròn) để việc tính toán đơn giản vì trên thực tế giữa kích thước theo qui định như vậy so với kích thước dòng tia trước khi tác động lên BCT khác nhau không đáng kể. Như vậy, có thể xác định được đường kính dòng tia qua độ mở của vòi phun bằng phương pháp hình học.

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm thể hiện trên biểu đồ sau:



Biểu đồ quan hệ giữa hiệu suất TBTN mô hình và tỷ số D_1/d_0

Đánh giá kết quả nghiên cứu:

Từ biểu đồ kết quả nghiên cứu, có thể rút ra các nhận xét sau:

- + Tua bin đạt hiệu suất làm việc cao nhất với tỷ số $D_1/d_0 \approx 5$
- + Khi $D_1/d_0 > 5$, hiệu suất tua bin có xu hướng giảm nhanh
- + Khi $D_1/d_0 < 5$, hiệu suất tua bin giảm với xu hướng chậm hơn

+ Vùng làm việc tối ưu của tua bin trong khoảng $4,5 < D_1/d_0 < 6$ (có hiệu suất lớn hơn 75%)

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm có thể được phân tích như sau:

Khi tỷ số D_1/d_0 lớn hơn so với giá trị tối ưu, có nghĩa là đường kính dòng tia nhỏ đi, về nguyên tắc lý thuyết, hiệu suất tua bin sẽ không giảm do lớp dòng tia trên cánh BCT sẽ mỏng hơn, không xảy ra hiện tượng chèn dòng hoặc va đập ở lối vào cũng như lối ra. Tuy nhiên, trên thực tế, ngoài các yếu tố gây sụt giảm hiệu suất nêu trên, còn có nhiều yếu tố khác như: tổn thất ma sát ở các ổ trục, tổn thất cơ khí khi BCT quay trong không khí, tổn thất do ma sát của dòng chảy với mặt cánh. Các loại tổn thất này tuy rất nhỏ nhưng khi đường kính dòng tia nhỏ (công suất tua bin nhỏ), tỷ lệ của chúng so với công suất của tua bin tăng lên gây ra hiện tượng giảm hiệu suất, đặc biệt là khi D_1/d_0 lớn ($D_1/d_0 > 9$).

Trường hợp ngược lại, khi D_1/d_0 giảm, có nghĩa là đường kính dòng tia tăng lên, lúc này tỷ lệ các tổn thất cơ khí giảm do công suất của tua bin cao. Tuy nhiên, khi đường kính dòng tia đạt tới giá trị nào đó, hiện tượng chèn dòng và va đập bắt đầu xảy ra, lúc này hiệu suất tua bin sẽ giảm rất nhanh.

3.3. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm thu được, qua phân tích đánh giá, rút ra các kết luận sau:

- Vòi phun sử dụng trong TBTN tương tự như đối với tua bin gáo nhưng do phạm vi cột nước làm việc thấp hơn, vận tốc dòng tia nhỏ hơn nên biên dạng tối ưu đối với TBTN là loại $80^\circ/54^\circ$.
- Giá trị tối ưu của đường kính vào của tâm trục dòng tia trên BCT đối với tua bin mô hình nghiên cứu là $D_{1o}=270\text{mm}$. Với giá trị D_{1o} , hiệu suất làm việc của tua bin cao nhất với tất cả các độ mở của vòi phun.
- Các thông số qui dẫn n_i , Q_i và số vòng quay đặc trưng n_s của tua bin ứng với $D_{1o}=270\text{mm}$ cao hơn so với mẫu thiết kế $D_1=250\text{mm}$. Các giá trị này có ý nghĩa quan trọng trong việc giảm giá thành chế tạo tổ máy, nâng cao hiệu quả sử dụng TBTN.
- Xác định được tỷ số D_1/d_0 tối ưu ≈ 5 , phạm vi D_1/d_0 để tua bin đạt hiệu suất cao nhất ($D_1/d_0 = 4,5 \sim 6$).

Chương IV. KẾT LUẬN

4.1 Kết luận chung:

1. Kết quả nghiên cứu, phân tích động lực học dòng chảy trong vòi phun TBTN bằng việc sử dụng phần mềm Fluent cho thấy phù hợp với các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm trước đây. Điều đó cho phép việc kiểm tra lựa chọn một loại biên dạng vòi phun cho một tổ máy TBTN nói riêng, tua bin xung kích nói chung được tiến hành nhanh chóng và chính xác mà có thể không cần thực nghiệm bằng mô hình vật lý, giúp giảm thiểu thời gian, chi phí nghiên cứu, có ý nghĩa lớn trong nghiên cứu khoa học.

2. Đường kính vào D_1 của BCT trong TBTN quyết định chất lượng và phạm vi làm việc của TBTN. Qua kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy ngoài việc tăng hiệu suất làm việc của tua bin khi xác định được đường kính vào tối ưu còn cho phép tăng công suất vận hành của TBTN, điều này có ý nghĩa thực tiễn cao do có thể giảm giá thành chế tạo tổ máy.

3. Qua nghiên cứu, tổng hợp và phân tích tình hình nghiên cứu và phát triển TBTN trên thế giới cho thấy rằng loại tua bin này với kết cấu hợp lý sẽ rất phù hợp với thủy điện nhỏ và cực nhỏ trong điều kiện tự nhiên, kinh tế và trình độ công nghệ của Việt Nam hiện nay do công nghệ chế tạo đơn giản, dễ lắp đặt, vận hành, bảo dưỡng và đặc tính vận hành tốt.

4. Tổng hợp được cơ sở lý thuyết, lý thuyết đơn giản của TBTN để từ đó rút ra các nguyên tắc cơ bản nhất trong việc tính toán thiết kế. Đồng thời dựa vào các thực nghiệm đã được nghiên cứu trước đây đối với các loại tua bin xung kích khác để làm cơ sở cho việc nghiên cứu thực nghiệm TBTN tại phòng thí nghiệm.

5. Đã đi sâu phân tích các quá trình của dòng chảy trong TBTN, đánh giá bản chất và tổn thất năng lượng của dòng chảy trong từng giai đoạn để có thể đưa ra phương pháp thiết kế các bộ phận một cách hợp lý nâng cao hiệu suất chung của tua bin.

6. Đề tài đã giải quyết được nhiều vấn đề tồn tại trong quá trình nghiên cứu ứng dụng TBTN trên thực tế, với cơ sở là một mẫu thiết kế tua bin cũ còn nhiều nhược điểm đã sử dụng trước đây, đã tìm ra được các thông số mới ưu việt hơn và phương pháp tính toán phù hợp hơn để sử dụng một

cách hiệu quả loại tua bin này phục vụ cho việc phát triển thủy điện nhỏ ở Việt Nam.

7. Qua đề tài, các TBTN mới sử dụng cho các tổ máy thủy điện nhỏ và cực nhỏ đã được sản xuất và đưa vào sử dụng với chất lượng tốt tại nhiều nơi trong cả nước, sản phẩm cũng đã được xuất khẩu đi nhiều nước trên thế giới và được đánh giá cao.

4.2 Những đóng góp mới của luận án:

1. Đã đề xuất được phương pháp nghiên cứu hợp lý biên dạng vòi phun tia nghiêng trên cơ sở ứng dụng phần mềm Fluent cho phép rút ngắn thời gian nghiên cứu. Bằng phương pháp nghiên cứu lý thuyết, đã lựa chọn được biên dạng vòi phun hợp lý cho tua bin ($80^0/54^0$) ;

2. Trên cơ sở mẫu cánh tham khảo, xác định được mối quan hệ hình học giữa các bộ phận quan trọng trong TBTN là vòi phun và BCT, tạo ra một mẫu TBTN mới có hiệu suất cao hơn, phạm vi làm việc rộng hơn. Đưa ra biểu thức quan hệ mới để xác định đường kính D_1 tối ưu:

$$D_1 = \frac{D_v + D_b}{2,015};$$

3. Xác định được phạm vi tỷ số D_1/d_0 cũng là giới hạn phạm vi làm việc của TBTN làm cơ sở để tính toán thiết kế TBTN cho các dự án thực tế:

- Tỷ số D_1/d_0 tối ưu ≈ 5
- Vùng làm việc tối ưu: $D_1/d_0 = 4,5 \sim 6$.

4.3 Kiến nghị về hướng nghiên cứu tiếp theo:

1. Để kiểm chứng được chính xác hơn hiệu suất của vòi phun, cần có hệ thống thí nghiệm với phạm vi thí nghiệm lớn hơn, các thiết bị đo hiện đại hơn để xác định chính xác vận tốc của dòng tia tại các vị trí khác nhau trên mặt cắt ngang của dòng tia, sự thay đổi cấu trúc của dòng tia trong quá trình từ khi ra khỏi vòi phun đến khi tác động lên BCT.

2. Phối hợp với các chuyên gia ngành cơ học chất lỏng để nghiên cứu lý thuyết phân tích quá trình dòng tia chảy trên cánh gáo từ mép vào đến khi ra khỏi cánh gáo làm cơ sở cho việc tối ưu hóa biên dạng cánh gáo của TBTN.