

## MÔ HÌNH BƠM HƯỚNG TRỤC CHÌM $N_s > 1750$ PHỤC VỤ CHO GIẢI PHÁP CẤP NƯỚC BỂ HÚT VÀO MÙA KIẾT

GS. TS Lê Danh Liên, Th.S Kiều Tiên Mạnh

Th.S Nguyễn Ngọc Thắng

Viện Bơm và Thiết bị Thủy lợi

**Tóm tắt:** Bài báo này giới thiệu nhu cầu thực tế đối với loại bơm hướng trục chìm tỷ tốc lớn, phương pháp lựa chọn thông số mô hình phù hợp với đặc tính của máy thực, tính toán và thiết kế mô hình theo phương pháp của các nhà bác học Vozonhexenski - Pekin. Kết quả tính toán tổn thất và hiệu suất mô hình cho thấy, mô hình thiết kế mới đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật và cho hiệu suất tương ứng với mục tiêu đề ra.

**Từ khóa:** Bơm, hướng trục, chìm, tỷ tốc, lưu lượng, cột áp, vòng quay, tổn thất, hiệu suất.

**Summary:** In this paper, the actual needs for submersible axial pump with great specific speed, the method of selection suitable model parameters with the characteristics of the real pump, calculation and designing of the model given by the method of Vozonhexenski-Pekin are presented. According to the result of calculation of loss and of model productivity, the new-designed model successfully meets the demands of technical requirements and shows target productivity.

**Key words:** Pumps, axial, submersible, specific speed, flow, head, rotation, loss, performance.

### I. TỔNG QUAN VỀ NHU CẦU BƠM NƯỚC HƯỚNG TRỤC $N_s$ CAO<sup>1</sup>

Nền nông nghiệp nước ta phụ thuộc rất nhiều vào hệ thống kênh và cấp nước thủy lợi. Đa số các máy bơm và trạm bơm sử dụng trong tưới tiêu cho nông nghiệp tập trung ở các vùng đồng bằng sông Hồng và ven biển miền Trung. Những năm gần đây mực nước sông Hồng vào mùa khô thường xuống thấp dưới cả mực nước thấp nhất thiết kế của bể hút ở các trạm bơm tưới ven sông và có khả năng vẫn còn tiếp diễn trong những năm tới. Thống kê sơ bộ hiện nay cho thấy, có 506 trạm bơm lấy nước tưới được lắp ở ven sông Hồng với lưu lượng trên  $7000\text{m}^3/\text{h}$ . Ở Hà Nội có 33 trạm, chưa tính đến rất nhiều các trạm bơm nhỏ dưới  $7000\text{m}^3/\text{h}$  và các trạm bơm do các hợp tác xã tự làm. Một trong những giải pháp tình huống là sử dụng

các loại bơm hướng trục chìm cột nước thấp, lưu lượng lớn làm nhiệm vụ bổ sung nước cho bể hút vào mùa kiệt. Các bơm này thường có tỷ tốc  $n_s$  rất lớn tới trên  $1500\text{v}/\text{ph}$ .

Bơm hướng trục chìm có tỷ tốc cao còn được sử dụng rộng rãi trong một số các lĩnh vực khác, đặc biệt là tiêu thoát nước ở các đô thị, các khu công nghiệp, khu vực đồng bằng ven biển, hoặc để chuyển nước trong các lưu vực... tuy nhiên hầu hết các loại bơm hướng trục chìm này hiện nay đều phải nhập ngoại.

Chính vì vậy, cần nghiên cứu thiết kế, chế tạo các loại bơm hướng trục chìm có lưu lượng lớn, cột áp thấp với  $n_s$  cao hơn  $1500\text{v}/\text{ph}$  để có thể chủ động về thiết bị ở trong nước.

### II. LỰA CHỌN THÔNG SỐ NGHIÊN CỨU CỦA BƠM MÔ HÌNH

Viện Bơm và Thiết bị Thủy Lợi đang thực hiện đề tài nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước: “Nghiên cứu giải pháp nhằm đảm bảo lấy

Người phân biên: PGSTS Nguyễn Đăng Cường

Ngày nhận bài: 19/3/2013 - Ngày thông qua phân biên: 20/5/2013 - Ngày duyệt đăng: 20/6/2013

nước tưới chủ động cho hệ thống các trạm bơm ở hạ du hệ thống sông Hồng - Thái Bình trong điều kiện mực nước sông xuống thấp". Một trong các nhiệm vụ chính của đề tài là: Nghiên cứu thiết kế, chế tạo bơm hướng trục chìm có lưu lượng  $Q = 8000 \text{ m}^3/\text{h}$ , cột áp  $H = 1,7 \text{ m}$ , số vòng quay  $n = 485 \text{ vg/phút}$ , tỷ tốc  $n_s = 1770 \text{ vg/phút}$  với hiệu suất  $\eta \geq 72\%$ . Đây là bơm hướng trục chìm có tỷ tốc rất cao, ở Việt Nam chưa chế tạo được.

Trước khi chế tạo bơm thực (ký hiệu HT8000-1.7) cần thiết kế, chế tạo và nghiên cứu thử nghiệm mô hình để lựa chọn được mẫu thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật và đạt hiệu suất dự kiến.

Bơm mô hình và bơm thực sẽ tương tự nhau khi chúng có các thông số làm việc không thứ nguyên như nhau đặc trưng bởi các hệ số không thứ nguyên về lưu lượng  $K_Q$  và cột áp  $K_H$ :

$$\text{Hệ số lưu lượng } K_Q = \frac{Q}{nD^3},$$

$$\text{Hệ số cột áp: } K_H = \frac{H}{n^2 D^2};$$

Trong đó:

$Q$  là lưu lượng đơn vị  $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $H$  - cột áp, - m cột nước,  $n$  - vòng quay, -  $\text{vg/s}$ ,  $D$  - đường kính, - m.

Bơm thực với lưu lượng  $Q = 8000 \text{ m}^3/\text{h} = 2,222 \text{ m}^3/\text{s}$ , vòng quay  $n = 485 \text{ vg/ph}$ . Bơm có tỷ tốc bằng:

$$n_s = \frac{3,65n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} = \frac{3,65 \cdot 485 \cdot \sqrt{2,222}}{1,7^{3/4}} = 1772 \text{ vg/ph}.$$

Chọn đường kính bầu tương đối  $\bar{d}_b$  bằng 0,4 (theo mẫu OΠ6 [5] là mẫu có tỷ tốc  $n_s$  tương đối cao) ta sẽ có đường kính bánh công tác bằng

$$D = (4 \div 4,6) \sqrt{\frac{1}{1 - \bar{d}_b^2}} \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} = \\ = (4 \div 4,6) \sqrt{\frac{1}{1 - 0,4^2}} \sqrt[3]{\frac{2,222}{485}} = 0,725 \div 0,834 \text{ m}$$

Lấy giá trị trung bình của đường kính tính toán  $D = 0,78 \text{ m}$ , ta có các hệ số không thứ nguyên bằng:

$$K_Q = \frac{2,222}{8,083 \cdot 0,78^3} = 0,579;$$

$$K_H = \frac{1,7}{8,083^2 \cdot 0,78^2} = 0,0428.$$

Trên đường đặc tính mô hình OΠ6 các thông số này ứng với điểm có góc đặt cánh bằng  $+1^\circ$  với hiệu suất mô hình bằng 72%. Song hiệu suất này chưa kể tới hiệu suất cơ khí của mô hình. Tổn thất cơ khí có giá trị bằng khoảng  $2 \div 3\%$  công suất của máy. Như vậy, hiệu suất mô hình OΠ6 tại điểm này chỉ bằng  $69 \div 70\%$ .

Vấn đề đặt ra là nếu dựa theo mô hình OΠ6 thì phải đưa vào các cải biến như thế nào đó để tăng khả năng thoát và tăng hiệu suất của mô hình. Hiệu suất mô hình phải bằng hoặc lớn hơn 72% kể cả tổn thất cơ khí.

Ngoài ra, cần tính tới khả năng nghiên cứu thực nghiệm trên giá thí nghiệm của Viện Bơm và Thiết bị Thủy lợi. Với giá thí nghiệm hiện có của Viện Bơm và Thiết bị Thủy lợi có thể thí nghiệm mô hình bơm hướng trục với đường kính bánh công tác  $D \leq 350 \text{ mm}$ , công suất 22kW, vòng quay  $750 \div 1450 \text{ vg/ph}$ .

Chọn đường kính mô hình  $D_M = 300 \text{ mm}$  (đủ phù hợp với giá thử) và với vòng quay 1450 v/ph ( $= 24,167 \text{ vg/s}$ ) ta sẽ có các thông số làm việc của mô hình như sau

Lưu lượng bơm mô hình:

$$Q = K_Q n D^3 = 0,579 \cdot 24,167 \cdot 0,3^3 = 0,3778 \text{ m}^3/\text{s} \\ \approx 0,378 \text{ m}^3/\text{s} \approx 1360 \text{ m}^3/\text{h};$$

Cột áp của bơm mô hình:

$$H = K_H n^2 D^2 = 0,0428 \cdot 24,167^2 \cdot 0,3^2 = 2,2497 \text{m} \approx 2,25 \text{m}.$$

### III. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BƠM MÔ HÌNH

#### 3.1 Tính toán thiết kế bánh công tác

Bánh công tác của bơm hướng trục có thể thiết kế bằng các phương pháp khác nhau, nhưng rộng phạm vi nghiên cứu của đề tài chỉ sử dụng phương pháp phổ biến nhất hiện nay trong nghiên cứu và sản xuất và có nhiều ưu điểm so với các phương pháp khác. Đó là phương pháp thiết kế của Vôzohexenski - Pêkin, phương pháp được sử dụng phổ biến ở Nga và các nước SNG [3, 4, 5].

Nội dung cơ bản của phương pháp này là thay thế tác động của rôphin lên dòng chất lỏng bởi các xoáy phân bố trên đường nhân rôphin theo một quy luật xác định. Dòng tổng hợp chảy bao rôphin nhận được là tổng của dòng song phẳng không nhiễu và dòng cảm ứng tạo bởi các xoáy trên tất cả các rôphin trong lưới.

$$\psi_1(T) = \frac{1}{2\pi} \int_0^\lambda \gamma(S) \ln \left[ \sin^2 \frac{\pi}{T_0} (x - x_0) + \text{sh}^2 \frac{\pi}{T_0} (y - y_0) \right] dS$$

Trong đó,  $T_0 = t/l$  là bước lưới tương đối.

Do lưới rôphin của cánh công tác bơm hướng trục có thể coi là lưới thẳng vô tận

$$\psi(T) = \psi_0(T) + \frac{1}{2\pi} \int_0^\lambda \gamma(S) \ln \left[ \sin^2 \frac{\pi}{T_0} (x - x_0) + \text{sh}^2 \frac{\pi}{T_0} (y - y_0) \right] dS = \text{const}.$$

Trong phương pháp tính của Vôzohexenski - Pêkin đường nhân (đường trung bình) của rôphin cánh được coi là cung cong có bán kính không đổi. Nhờ vậy có thể giải phương trình tích phân bằng phương pháp giải tích.

Giải phương trình này ta tìm được cường độ xoáy  $\gamma(S)$ , do vậy xác định được vận tốc tương đối trong chảy bao rôphin. Từ đó ta xác định được lưu số vận tốc  $\Gamma_1$  bao quanh rôphin. Khi biết lưu số vận tốc  $\Gamma_1$  ta sẽ xác định được độ cong của đường nhân rôphin và góc va của

Phương trình hàm dòng của dòng tổng hợp được viết dưới dạng:

$$\psi(T) = \psi_0(T) + \int_0^\lambda \frac{\gamma(S)}{2\pi} \ln r(S, T) dS = \text{const}.$$

Trong đó:  $\psi_0(T)$  là hàm dòng của dòng song phẳng không nhiễu tại điểm có tọa độ  $T$  của đường nhân rôphin;

$$\psi_1(T) = \int_0^\lambda \frac{\gamma(S)}{2\pi} \ln r(S, T) dS - \text{hàm dòng của các}$$

xoáy liên hợp ứng với điểm có tọa độ  $T$  của đường nhân;  $\gamma(S)$  – cường độ xoáy;  $r(S, T)$  – khoảng cách từ điểm khảo sát tới điểm phân bố xoáy;  $dS$  – phân tố chiều dài đường dòng (đường nhân rôphin).

Nếu điểm  $S$  xác định bởi tọa độ  $x_0, y_0$ , điểm  $T$  xác định bởi tọa độ  $x, y$  thì hàm dòng tại điểm  $T$  của chuỗi vô tận các xoáy được xác định bằng

nên cuối cùng ta nhận được phương trình hàm dòng tổng cộng của đường nhân bằng

rôphin trong lưới. Khi đó lưới rôphin đã được xác định. Phương pháp giải của bài toán này được giới thiệu trong tài liệu [4, 5].

Để thuận tiện cho việc tính toán thiết kế, chúng tôi đã xây dựng phần mềm thiết kế cánh bơm hướng trục và cánh hướng dòng theo phương pháp của Vôzohexenski-Pêkin [1].

Các số liệu chính của file điều kiện vào gồm:

Công suất động cơ, kW	12
Số vòng quay của động cơ, vg/ph	1450

Cột nước tính toán, m	2.25
Lưu lượng tính toán, m <sup>3</sup> /h	1360
Số tiết diện tính toán.	5
Bán kính tương đối tại 5 tiết diện	0.200
	0.275 0.350 0.425 0.500

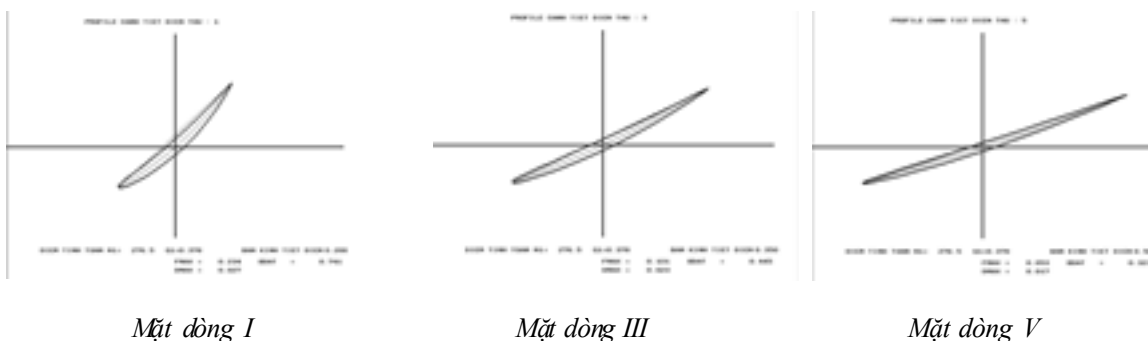
Khi tính toán để thuận tiện cho việc thiết kế các máy đồng dạng (bơm mô hình và nguyên hình), thông số tính toán được quy về thông số quy dẫn  $Q'_1$ - lưu lượng quy dẫn và  $n'_1$ - số vòng quay quy dẫn. Đó là lưu lượng và số vòng quay của bánh công tác có đường kính bằng 1m và cột áp bằng 1m. Các thông số quy dẫn được xác định bằng

$$Q'_1 = \frac{Q}{D^2 \sqrt{H}}; \quad n'_1 = \frac{nD}{\sqrt{H}}$$

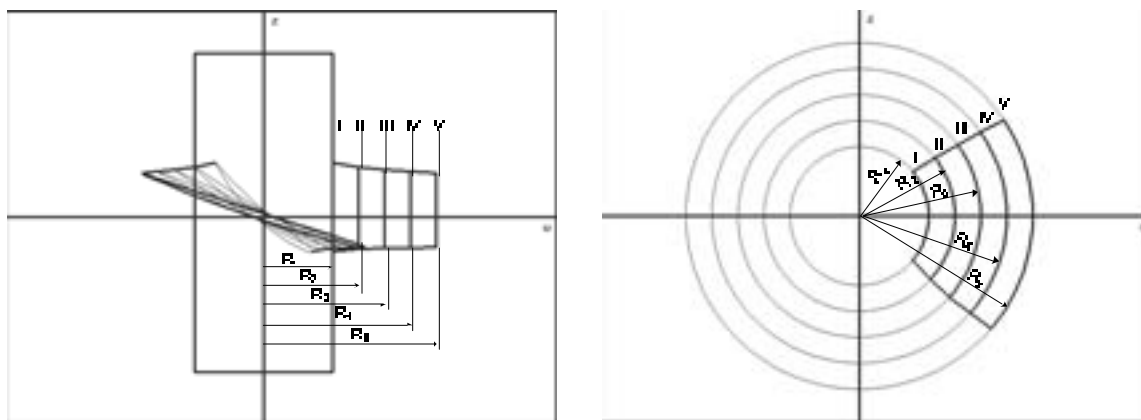
Vì vậy thông số bán kính trong file điều kiện vào ở trên lấy tương ứng cho bánh công tác đường kính bằng 1m.

Đối với các máy tương tự với đường kính khác 1m ta chỉ việc nhân tỷ lệ giữa đường kính máy thực và máy mẫu với các thông số hình học nhận được qua tính toán.

Kết quả tính toán ta nhận được dưới dạng file (KQ I.KQ) và các bản vẽ hình dạng prôphin tại các tiết diện và bản vẽ xâu cánh trên mặt chiếu đứng và chiếu bằng (hình 1 và 2).



Hình 1. Sơ đồ các lưới prôphin cánh trên các mặt dòng mô hình MH01



Hình 2,a. Sơ đồ hình chiếu đứng bánh công tác bơm hướng trục mô hình MH01

Hình 2,b. Sơ đồ hình chiếu bằng bánh công tác bơm hướng trục mô hình MH01

Các thông số chính của lưới cánh với bánh công tác (với đường kính bằng 1m):

Bảng 1. Các thông số chính của lưới cánh với bánh công tác (với đường kính bằng 1m):

Các tiết diện tính toán	1	2	3	4	5
Bán kính tại các tiết diện R, m	0.200	0.275	0.350	0.425	0.500
Chiều dài đường nhân, m	0.341	0.404	0.475	0.547	0.613
Trị số chiều dày max, m	0.027	0.027	0.023	0.022	0.017
Trị số góc đặt cánh, độ	42.446	31.904	25.513	21.407	18.415
Trị số góc bao cánh, độ	42.525	55.619	63.219	67.858	71.121
Độ cong tương đối của prôphin, %	5.868	3.973	2.538	1.797	1.328

Bánh công tác mô hình MH01 thiết kế mới có các thông số hình học và động học nằm trong phạm vi thích hợp của bơm hướng trục:

- Góc đặt của cánh:

Tiết diện gốc:  $\beta_1 = 42^\circ 446$ ,

Tiết diện biên:  $\beta_v = 18^\circ 415$ .

- Độ vắn cánh:  $\Delta\beta = 24^\circ 031$ .

- Góc va của cánh:

Tiết diện gốc:  $\alpha_1 = 0^\circ 416$ ;

Tiết diện biên:  $\alpha_v = 0^\circ 006$ ;

- Độ cong tương đối của prôphin tại các tiết diện:

Tiết diện gốc:  $f/l = 5,868\%$ ;

*Bảng 2. Kết quả tính toán tổn thất trong chảy bao lưới cánh và qua khe đầu mút cánh*

Tiết diện thứ 1	$C_{xp} = 0.0125$	$Jeta = 0.0342$
Tiết diện thứ 2	$C_{xp} = 0.0102$	$Jeta = 0.0506$
Tiết diện thứ 3	$C_{xp} = 0.0382$	$Jeta = 0.3310$
Tiết diện thứ 4	$C_{xp} = 0.0102$	$Jeta = 0.1425$
Tiết diện thứ 5	$C_{xp} = 0.0076$	$Jeta = 0.1589$
Trị số tổn thất bánh công tác	0.190093	
Tính tổn thất mứ		
	Trị số Lamda:	0.489708
	Trị số $C_v$ :	-0.173224
	Trị số $C_{\text{sk}}$	0.000548
Trị số tổn thất qua khe đầu mút cánh:	0.011432	

Bánh công tác sẽ có hiệu suất thủy lực bằng:

$\eta_{tl} = 1 - \zeta_{\Sigma} = 1 - (0.1901 + 0.0114) = 0,7985$ .

Nếu coi hiệu suất cơ khí  $\eta_{ck} = 0,97$  và hiệu suất lưu lượng  $\eta_Q = 0,95$  ta có hiệu suất chung của bơm bằng:

Tiết diện biên:  $f/l = 1,328\%$ .

- Góc bao của cánh:

Tiết diện gốc:  $\theta_1 = 42^\circ 525$  ;

Tiết diện biên:  $\theta_v = 71^\circ 121$ .

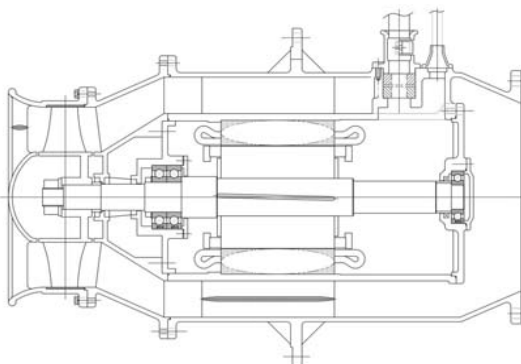
Để đánh giá sơ bộ tổn thất và hiệu suất thủy lực của lưới cánh chúng tôi đã tính toán chảy bao và hiệu suất thủy lực của lưới cánh bằng phương pháp lý thuyết [2]. Kết quả nhận được tổng tổn thất trong chảy bao bánh công tác và qua khe đầu mút cánh bằng (xem bảng 1):

$\zeta_{\Sigma} = \zeta_{\text{bct}} + \zeta_{\text{mứ}} = 0,1901 + 0,0114 = 0,2015$ .

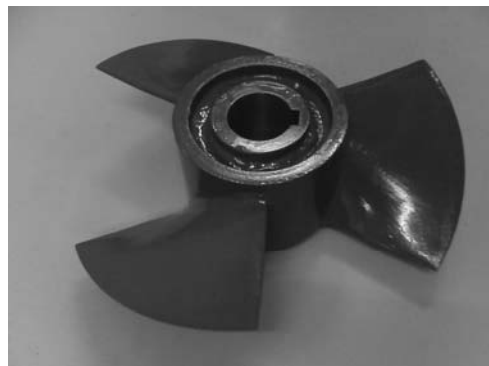
$\eta = \eta_{tl} \cdot \eta_Q \cdot \eta_{ck} = 0,798 \cdot 0,95 \cdot 0,97 = 0,735$  .

Như vậy, hiệu suất tính toán lý thuyết của mô hình phù hợp với mục tiêu của đề tài là cần tạo ra bơm mẫu có hiệu suất  $\eta \geq 72\%$ .

### 3.2. Thiết kế kết cấu bơm mô hình.



Hình 3 : Sơ đồ kết cấu bơm mô hình hướng trục chìm



Hình 4: Mẫu bánh công tác hướng trục chìm loại 3 cánh ,  $D = 300\text{mm}$

Bơm mô hình có dạng capsule. Máy đặt ngang, khi làm việc sẽ đặt chìm trong nước. Do động cơ điện có kích thước lớn nên cánh hướng có dạng loe, với góc loe lớn hơn  $30^\circ$ . Trong trường hợp này cánh hướng không thể tính toán như cánh hướng dạng trụ mà phải tính toán thiết kế theo phương pháp cánh cong hai chiều (cong không gian). Dòng chảy qua cánh hướng theo mô hình dòng đẳng tốc. Cánh hướng được thiết kế theo phương pháp biến hình bảo giác (BHBG) trên mặt trụ với số tiết diện tính toán bằng 5. Trên hình 3 là sơ đồ kết cấu bơm mô hình.

Bơm mô hình đã được chế tạo và đưa vào nghiên cứu thực nghiệm. Trên hình 4 là bánh công tác mô hình đường kính  $D = 300\text{mm}$ , số cánh  $z = 3$ . Kết quả nghiên cứu thực nghiệm của bơm mô hình này sẽ giới thiệu trong công

trình tiếp theo.

#### IV. KẾT LUẬN

Việc nghiên cứu thiết kế, chế tạo bơm hướng trục chìm tỷ tốc cao có ý nghĩa thực tiễn và ý nghĩa khoa học rất quan trọng, giúp chúng ta thực hiện giải pháp cấp nước cho bể hút các trạm bơm vào mùa kiệt không tiêu hao nhiều năng lượng. Bơm hướng trục chìm lưu lượng lớn còn được sử dụng trong lĩnh vực cấp thoát nước cho các thành phố và đồng bằng ven biển, các khu công nghiệp... Ngoài ra việc nghiên cứu thành công mẫu cánh bơm tỷ tốc cao giúp chúng ta có thể giảm đáng kể kích thước của tổ máy bơm, giảm giá thành sản phẩm, chủ động về thiết bị, đồng thời giảm kích thước công trình trạm dẫn đến giảm chi phí chung trong lĩnh vực cấp thoát nước.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Báo cáo khoa học đề tài NCKH độc lập cấp Nhà nước về bơm thủy lợi lưu lượng lớn: “Nghiên cứu thiết kế và thử nghiệm mô hình bơm hướng trục loại  $20.000\text{m}^3/\text{h}$  và  $36.000\text{m}^3/\text{h}$ ”. Chủ nhiệm đề tài: Phạm Văn Thu. Hà Nội 1996.
- [2]. Lê Danh Liên, Võ Sỹ Huỳnh. Phương pháp lý thuyết đánh giá tổn thất và hiệu suất của máy thủy lực cánh dẫn. Tuyển tập công trình khoa học Hội nghị Cơ học Toàn quốc lần thứ sáu. Hà Nội 1997.
- [3]. A. A. Lô-Ma-Kin. Bơm ly tâm và hướng trục. Bản dịch từ tiếng Nga. Người dịch: Lê Phú, Lê Duy Tùng, Đặng Xuân Thi. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội 1971.
- [4]. А. К. Михайлов, В. В. Маюшенко. Лопастные Насосы. Теория, Расчет и Конструирование. Москва “Машиностроение” 1977.
- [5]. Лопастные Насосы. Справочник. Под общей редакцией В. А. Зимницкого и В. А. Умова. Ленинград “Машиностроение”. Ленинградское Отделение 1986.