

Nghiên cứu thiết kế chế tạo máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3

PGS.TS NGUYỄN VĂN BÀ, ThS NGUYỄN MINH TUẤN

Trung tâm Nghiên cứu Tư vấn Cơ điện và Xây dựng
Tổng công ty Cơ điện và Xây dựng

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo và thử nghiệm máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 phục vụ tưới tiêu trong nông nghiệp và chống úng ngập cục bộ với điều kiện chênh lệch địa hình $\Delta Z = (0,5-3,0)$ m. Máy bơm được lắp với động cơ điện chìm công suất 7,5 kW, dùng điện 3 pha 380 V/50 Hz.

Máy bơm HTC370-3 đã được thử nghiệm trên hệ thống thử bơm của Công ty cổ phần chế tạo bơm Hải Dương đạt các thông số kỹ thuật tốt: cột nước $H = (1-4)$ m, lưu lượng $Q = (200-700)$ m³/h, hiệu suất $\eta_{bmax} = 61,52\%$, trọng lượng tổng thể tổ máy bơm $G = 500$ kg. Bơm có thể lắp cố định hoặc trên xe goòng di động, sử dụng thuận lợi cho các điều kiện địa hình khác nhau ở các thành phố và nông thôn.

Từ khóa: bơm chìm hướng trục, kiểu capsun, bộ phận hướng dòng, cột nước, lưu lượng, đường đặc tính năng lượng.

RESEARCH RESULTS OF DESIGN, MANUFACTURE AND TESTING OF HORIZONTAL AXIAL-FLOW SUBMERSIBLE PUMP (CAPSULE TYPE) HTC370-3

Summary

This paper presents research results of design, manufacture and testing of horizontal axial-flow submersible pump (capsule type) HTC370-3 for irrigation, drainage in agriculture and preventing local flooding with the different ground conditions $\Delta Z = (0.5-3.0)$ m. The pump has been installed with the submersible motor power of 7.5 kW, three-phase current, voltage of 380 V, and frequency of 50 Hz. The pump HTC370-3 has been tested on the pump testing system of Hai Duong Pump Manufacturing Joint Stock Company and received the good technical parameters:

Head $H = (1-4)$ m, capacity $Q = (200-700)$ m³/h, and pump efficient $\eta_{bmax} = 61.52\%$. Total weight of the pump unit is 500 kg. The pump may be fixed or installed on the moving wagon with the advantageous use for different ground conditions of cities or countries.

Key words: axial flow submersible pump, capsule type, discharge bowl, head, capacity, energy characteristic curves.

Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, các đơn vị trong nước đã triển khai nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và ứng dụng vào thực tế sản xuất một số loại máy bơm chìm hướng trục kiểu ly tâm, hỗn lưu và hướng trục đứng với cột áp khác nhau phục vụ tưới tiêu trong nông nghiệp.

Sự biến đổi khí hậu đã gây ra tình trạng ngập úng trên quy mô ngày một rộng, với mức độ tác hại ngày càng trầm trọng. Nghiên cứu thiết kế các loại máy bơm chìm - động cơ điện chìm công suất nhỏ với các tính năng phù hợp, đáp ứng đầy đủ các yêu cầu thực tế hiện nay đang là vấn đề rất cần thiết, đặc biệt là các loại máy bơm chìm cột nước thấp, lưu lượng lớn. Bài báo này giới thiệu kết quả của dự án sản xuất thử nghiệm về nghiên cứu thiết kế chế tạo tổ máy

bơm chìm - động cơ điện chìm công suất nhỏ (7,5 kW), cột nước thấp $H = (1-4)$ m hướng trục ngang (kiểu capsun) phục vụ tưới tiêu trong nông nghiệp và chống úng ngập cục bộ.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu

Xuất phát từ thực tế sản xuất, dựa trên kinh nghiệm đã có trong quá trình nghiên cứu nhiều năm về máy bơm hướng trục chìm, nhóm nghiên cứu đã xác định đối tượng nghiên cứu là máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) với các thông số kỹ thuật chính:

- Công suất động cơ điện chìm: $N = 7,5$ kW
- Số vòng quay: $n = 980$ v/ph
- Cột nước máy bơm: $H = (1-4)$ m
- Lưu lượng máy bơm: $Q = (200-700)$ m³/h

Vật liệu chế tạo

Vật liệu dùng để chế tạo máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun):

- Bánh công tác: thép không gỉ SUS304
- Bộ phận hướng dòng và các chi tiết đúc khác: gang xám 21-40
- Ống trụ thân bơm và hệ thống xe goòng di động: thép cacbon CT38
- Vòng làm kín cơ khí: thép không gỉ SUS304
- các bon

Phương pháp nghiên cứu

Lý thuyết tính toán thiết kế các máy bơm hướng trục thông thường đã được phổ biến rộng rãi ở trong và ngoài nước. Tuy nhiên, lý thuyết tính toán, thiết kế cũng như các tài liệu kỹ thuật phục vụ cho công tác thiết kế, công nghệ chế tạo các máy bơm chìm nói chung và bơm hướng trục chìm nói riêng, hầu như không được các nước trên thế giới công bố một cách chi tiết, cụ thể. Các cơ quan nghiên cứu và các công ty chuyên sản xuất máy bơm chìm chỉ công bố các thông tin kỹ thuật rất sơ lược, chung chung, có tính nguyên lý. Máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) đã được nhiều nước tập trung nghiên cứu và đạt kết quả tốt phục vụ tưới tiêu trong nông nghiệp cũng như chống úng ngập trên quy mô lớn,

trong khi các thông tin kỹ thuật chuyên sâu về loại máy bơm này ít được công bố trên các tạp chí khoa học.

Ở Việt Nam, các đơn vị như Công ty cổ phần chế tạo bơm Hải Dương, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam... đã quan tâm đầu tư kinh phí và nhân lực cho công tác nghiên cứu, thiết kế, chế tạo các loại máy bơm chìm nói chung và máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) nói riêng. Tuy vậy, các kết quả đạt được còn rất hạn chế. Các kết quả nghiên cứu của các đơn vị nêu trên cũng chưa được đăng tải cụ thể, do vậy, tài liệu thu thập được từ các đơn vị trong nước hầu như không có.

Trong nghiên cứu thiết kế chế tạo và thử nghiệm máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 phục vụ tưới tiêu trong nông nghiệp và chống úng ngập cục bộ với điều kiện chênh lệch địa hình $\Delta Z = (0,5-3,0)$ m, chúng tôi đã sử dụng phương pháp nghiên cứu truyền thống là thu thập, phân tích đánh giá các tài liệu về các loại máy bơm chìm nói chung của nước ngoài, mặc dù tài liệu có được rất ít và sơ lược. Ngoài ra, nhóm nghiên cứu tập trung nghiên cứu các vấn đề liên quan đến cơ sở lý thuyết tính toán thiết kế phần dẫn dòng máy bơm chìm hướng trục (kiểu capsun) dựa trên cơ sở lý thuyết tính toán các máy bơm hướng trục thông thường. Để thực hiện thiết kế, chế tạo và thử nghiệm máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3, chúng tôi thu thập kinh nghiệm trong quá trình nghiên cứu các máy bơm hướng trục truyền thống và máy bơm hướng trục chìm đặt đứng do Trung tâm Nghiên cứu Tư vấn Cơ điện và Xây dựng trực tiếp nghiên cứu từ năm 2000 đến nay.

Việc hoàn thiện nghiên cứu, thiết kế và chế tạo đã kết hợp chặt chẽ việc nghiên cứu tính toán thiết kế phần dẫn dòng với thử nghiệm các mẫu cánh bánh công tác, đặc biệt là các mẫu của bộ phận hướng dòng máy bơm chìm hướng trục kiểu capsun với các hệ số tỷ tốc khác nhau ($n_s = 595, 980, 1.200$).

Kết quả nghiên cứu

Xác định ảnh hưởng của số lá cánh bánh công tác và số lá cánh bộ phận hướng dòng máy bơm

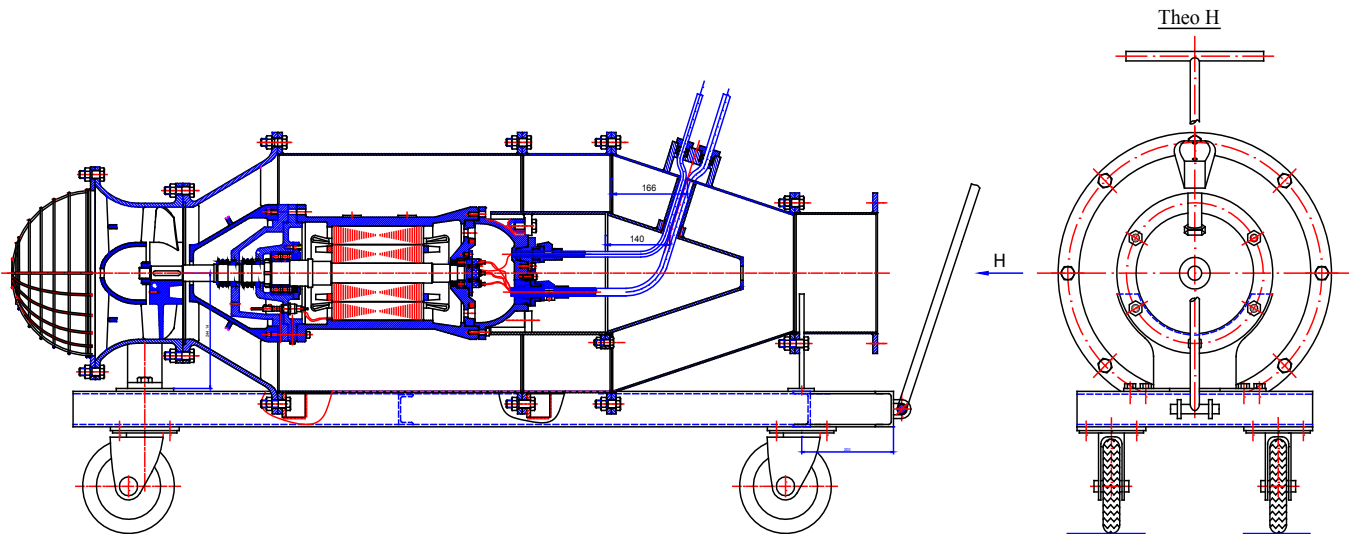
- Các phương án số lá cánh bánh công tác: $Z_1 =$

3, 4, 5

- Các phương án số lá cánh hướng dòng: $Z_2 = 5, 6, 7$.

Với số vòng quay của bơm $n = 980$ v/ph và hệ số tỷ tốc $n_s = 595$, bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) công suất $N = 7,5$ kW, $n = 980$ v/ph của dự án có kết cấu tổ máy như trình bày ở hình 1. Số lá cánh bánh công tác và số lá cánh hướng dòng được lựa chọn là $Z_1 = 4$ và $Z_2 = 7$.

bình thường mà phải chảy lệch ra ngoài bao quanh vỏ động cơ điện chìm (hình 1). Nghĩa là, chất lỏng sẽ chảy theo hình loe mở khi ra khỏi khu vực bộ phận hướng dòng. Góc loe mở có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng dòng chảy trong phần dẫn dòng máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun). Thông thường, góc loe mở của bộ phận hướng dòng trong máy bơm chìm hướng trục có trị số: $\gamma_{\text{loe, chđ}} = (50-76)^\circ$.



Hình 1: kết cấu máy bơm chìm hướng trục ngang kiểu capsun HTC370-3

Ảnh hưởng của số vòng quay máy bơm

Số vòng quay của máy bơm là một trong những yếu tố chính quyết định hệ số tỷ tốc của máy bơm. Với các hệ số tỷ tốc khác nhau sẽ xác định được kết cấu phần dẫn dòng khác nhau của bơm chìm. Để xác định ảnh hưởng của số vòng quay máy bơm đến kết cấu và đặc tính năng lượng của bơm chìm hướng trục ngang kiểu capsun, dự án tập trung nghiên cứu các phương án hệ số tỷ tốc của bơm chìm $n_s = 595, 980$ và 1.200 .

Ảnh hưởng của góc loe mở của bộ phận hướng dòng trong máy bơm hướng trục chìm (kiểu capsun)

Cũng như máy bơm chìm hướng trục đứng, dòng chảy chất lỏng sau khi ra khỏi bánh công tác sẽ chảy vào khu vực của bộ phận hướng dòng. Khi chảy ra khỏi cánh hướng dòng, dòng chất lỏng không thể chảy thẳng như trong bơm hướng trục

Đối với bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3, góc loe mở được lựa chọn là $\gamma_{\text{loe, chđ}} = 60^\circ$.

Kết quả thử nghiệm máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun)

Với công suất $7,5$ kW, số vòng quay $n = 980$ v/ph, cột nước thiết kế $H_{\text{tk}} = 3,0$ m, lưu lượng tính toán $Q = 370$ m³/h thì hệ số tỷ tốc của bơm sẽ là $n_s = 595$. Kết quả thử nghiệm đã đo được các thông số kỹ thuật. Trên cơ sở tính toán hiệu chỉnh các thông số kỹ thuật đã xác định được các thông số kỹ thuật cơ bản của máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 (bảng 1). Tổ máy bơm chìm hướng trục ngang của dự án gồm động cơ điện chìm trục ngang (kiểu capsun) công suất $7,5$ kW được sản xuất tại Công ty cổ phần chế tạo điện cơ Hà Nội, máy bơm chìm HTC370-3 được hoàn thành tại Công ty cổ phần chế tạo bơm Hải Dương.

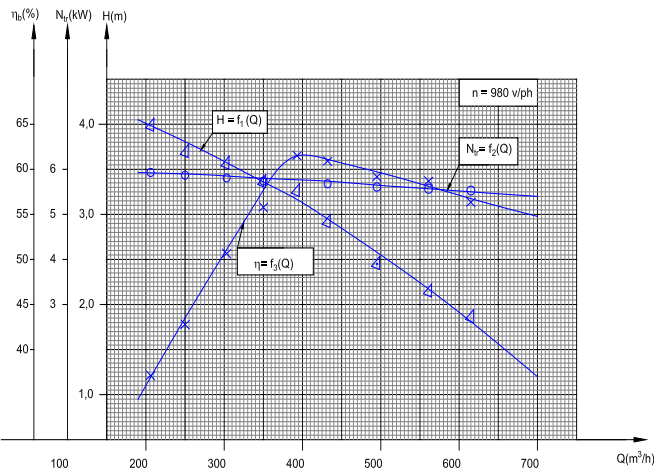
Bảng 1: thông số kỹ thuật máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3
($Z_1 = 4, Z_2 = 7, n_s = 595, \gamma_{loe, chđ} = 60^\circ$)

TT	n	Nđc	Ntr	U	I	cosφ	Q	F	V	v/2g	ΔZ	Hak	Hb	Ntl	ξ _b	
	v/ph	kW	kW	V	A	%	m ³ /h	m ³ /s	m ²	m/s	m	m	m	m	kW	%
1	980	6,50	5,53	400	14,21	0,66	615	0,171	0,071	2,42	0,30	1,54	0,02	1,86	3,11	56,36
2	980	6,55	5,57	400	14,32	0,66	561	0,156	0,071	2,21	0,25	1,54	0,35	2,14	3,27	58,70
3	980	6,58	5,59	400	14,43	0,66	495	0,138	0,071	1,95	0,19	1,54	0,72	2,45	3,31	59,16
4	980	6,61	5,62	400	14,46	0,66	432	0,120	0,071	1,70	0,15	1,54	1,22	2,91	3,42	60,91
5	980	6,68	5,68	400	14,60	0,66	393	0,109	0,071	1,55	0,12	1,54	1,60	3,26	3,49	61,52
6	980	6,75	5,74	400	14,60	0,67	350	0,097	0,071	1,38	0,10	1,54	1,72	3,36	3,20	55,80
7	980	6,83	5,81	400	14,70	0,67	303	0,084	0,071	1,19	0,07	1,54	1,95	3,56	2,94	50,66
8	980	6,91	5,87	400	14,78	0,67	250	0,069	0,071	0,98	0,05	1,54	2,10	3,69	2,51	42,79
9	980	6,98	5,93	400	14,82	0,68	206	0,057	0,071	0,81	0,03	1,54	2,35	3,92	2,20	37,12

Ghi chú:

- Đường kính ống xả và vị trí lắp đầu đo lưu lượng: $D_x = 250 \text{ mm}$
- Cột nước máy bơm: $H_b = H_{ak} + \Delta Z + \alpha v^2/2g \text{ (m)}$
- Công suất động cơ điện: $N_{dc} = 3UI\cos\phi/1.000 \text{ (kW)}$
- Công suất trên trục: $N_{tr} = N_{dc} \cdot \eta_{dc} \text{ (kW)}$ ($\eta_{dc} = 86\%$)
- Công suất thủy lực: $N_H = 9,81 \cdot H_b \cdot Q \text{ (kW)}$
- Hiệu suất máy bơm: $\eta_b = N_H/N_{tr}$

Từ bảng 1 có thể xây dựng được đường đặc tính năng lượng của máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 (hình 2).



Hình 2: đường đặc tính năng lượng máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3
($D_x = 280 \text{ mm}, Z_1 = 4, Z_2 = 7, n_s = 595$)

Kết luận

Đối với trường hợp máy bơm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 (công suất $N = 7,5 \text{ kW}$, số vòng quay $n = 980 \text{ v/ph}$ và hệ số tỷ tốc $n_s = 595$),

có thể xác định phương án bộ phận dẫn dòng như sau:

+ Số lá cánh bánh công tác: $Z_1 = 4$

+ Số lá cánh bánh hướng dòng: $Z_2 = 7$

+ Góc loe mở của bộ phận hướng dòng: $\gamma_{loe, chđ} = 60^\circ$

Khi đó, các thông số kỹ thuật cơ bản của của bơm đạt trị số tối ưu tại cột nước $H_{tu} = 3,26 \text{ m}$ và lưu lượng $Q_{tu} = 393 \text{ m}^3/\text{h}$. Hiệu suất của bơm đạt cao nhất $\eta_{max} = 61,52\%$.

Sau nghiên cứu máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 với các kết quả nêu trên có thể tiếp tục nghiên cứu bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) HTC370-3 với hệ số tỷ tốc khác ($n_s = 980$ và 1.200), số lá cánh bánh công tác $Z_1 = (3, 5)$ và số lá cánh hướng dòng $Z_2 = (5, 9)$ cũng như các góc loe mở khác $\gamma = (55 \div 76)^\circ$. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu đạt được sẽ xác định chính xác phương án kết cấu tối ưu cho các loại máy bơm chìm hướng trục ngang (kiểu capsun) công suất lớn hơn, đáp ứng các yêu cầu thực tế sản xuất ■

Tài liệu tham khảo

1. Lômakin A.A, *Bơm ly tâm và hướng trục*, NXB Khoa học kỹ thuật, 1976.
2. EBARA pump system engineering han book, Tokyo, 1997.
3. PGS.TS Nguyễn Văn Bày, *Báo cáo tổng kết khoa học đề tài cấp nhà nước theo Nghị định thư với nước ngoài: Hợp tác nghiên cứu chế tạo máy bơm chìm công suất lớn cho nông nghiệp*. Hà Nội, 12.2002.
4. PGS.TS Nguyễn Văn Bày, *Báo cáo tổng kết khoa học dự án sản xuất thử nghiệm cấp nhà nước: Sản xuất thử nghiệm máy bơm chìm công suất $N = 37, 55, 75 \text{ kW}$ phục vụ nông nghiệp*. Hà Nội, 12.2004.
5. PGS.TS Nguyễn Văn Bày, *Báo cáo tổng kết khoa học đề tài cấp cơ sở: Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và lắp đặt máy bơm chìm - động cơ điện chìm cỡ nhỏ kiểu di động có thể lắp với động cơ diezen phục vụ tưới tiêu trong nông nghiệp và chống úng ngập cục bộ ở các khu đô thị và vùng trồng cây ăn trái tập trung*. Hà Nội, 12.2010.