TRƯỜNG ĐẠI HỌC VĂN LANG
KHOA MÔI TRƯỜNG

ĐỀ THI, ĐÁP ÁN/RUBRIC VÀ THANG ĐIỂM
THI KẾT THÚC HỌC PHẦN
Học kỳ 2, năm học 2024-2025

I. Thông tin chung

Tên học phần:	Trạm bơm và công trình thu		
Mã học phần:	71PSWI30362	Số tín chỉ:	02
Mã nhóm lớp học phần:	242_71PSWI30362_01 242_71PUWA30083_01 242_DMT0110_01 242_DMT0111_01		
Hình thức thi: **Tự luận**		Thời gian làm bài: **90**	phút
☐ Đề thi có sử dụng phần mềm riêng		GV ghi cụ thể tên phần mềm: …… ……	
Thí sinh được tham khảo tài liệu:	☒ Có	☐ Không	

III. Nội dung câu hỏi thi

Câu 1 (1,50 điểm)

a. Độ dự trữ chống xâm thực là gì? Cho biết sự khác nhau giữa các giá trị độ dự trữ chống xâm thực $NPSH_A$, $NPSH_r$, $NPSH_i$. (0,50 điểm)
b. Trình bày hiện tượng búa nước. Nguyên nhân nào gây ra hiện tượng này trong hệ thống bơm và ống dẫn? Các ảnh hưởng có thể xảy ra với hệ thống nếu không kiểm soát hiện tượng búa nước? (0,50 điểm)
c. Một đường ống thép dài 250m, đường kính 200mm đang dẫn nước với vận tốc 2,5 m/s. Nếu van ở cuối ống bị đóng nhanh trong 0,3 giây. Cho biết có xảy ra hiện tượng búa nước không? Biết rằng tốc độ sóng áp lực trong ống thép có thể lấy gần đúng là $a \approx 1000 - 1200\ m/s$. Nếu xảy ra búa nước, làm sao để giảm ảnh hưởng? (0,50 điểm)

Câu 2 (2,00 điểm)

Một máy bơm hoạt động tại mực nước biển, nhiệt độ nước 20°C. Tổng cột áp là 30,0m, tốc độ quay 1480 vòng/phút. Sử dụng bơm ly tâm một cửa vào với lưu lượng là 450 m^3/h. Biết rằng:

- Tổn thất qua đường ống hút và phụ kiện là 1,8m.
- Áp suất khí quyển tại mực nước biển: 10,33m.
- Áp suất hơi nước ở 20°C là 0,24m.
- Hệ số K = 1210 tương ứng với hiệu suất 80%

- $NPSH_r$ = 2,15m (dựa theo đường đặc tính máy bơm).

Xác định:

a. $NPSH_i$ (sử dụng công thức xấp xỉ với tốc độ đặc trưng). (1,00 điểm)
b. So sánh NPSHi với NPSHr. (0,25 điểm)
c. Tính chiều cao hút cho phép của hệ thống. (0,75 điểm)

Câu 3 (2,00 điểm)

Một máy bơm ly tâm có đường kính bánh công tác ban đầu là 460mm, hoạt động ở tốc độ quay là 1200 vòng/phút, có đường cong H-Q như sau

Điểm	Lưu lượng (m^3/h)	Cột áp (m)
a	0	50,0
b	100	48,0
c	200	45,5
d	300	43,0
e	400	38,5
f	500	33,0
g	600	26,0

Giả sử bánh xe công tác được thay bằng loại đường kính nhỏ hơn là 400 mm.

a. Lập đường cong H-Q cho bánh xe công tác mới (400 mm). (1,25 điểm)
b. So sánh với kết quả đo từ thử nghiệm (bảng đã cho). (0,50 điểm)
c. Tính tốc độ quay mới cần thiết cho bánh xe công tác 400 mm đạt cùng lưu lượng và cột áp tại điểm có Q = 300 m^3/h như bánh xe công tác 460 mm ở tốc độ quay 1200 vòng/phút. (0,25 điểm)

Câu 4 (2,00 điểm)

Nước ở 20°C được bơm bằng máy bơm ly tâm thông qua hệ thống ống gang lót vữa xi măng (DIP). Trong đường ống hút có hai co 90° và một van hai chiều. Đường ống đẩy có ba co 90° và một van một chiều. Máy bơm được đặt thấp hơn mực nước thấp nhất trong bể hút. Các thông số thiết kế khác gồm:

- Lưu lượng Q = 0,085 m^3/s.
- Cột áp tĩnh H_{stat} = 12,0 m.
- Tâm máy bơm thấp hơn mực nước hút độ sâu h_s = +1,8 m.
- Công suất đầu vào trục bơm P = 17,5 W.
- Ống hút dài 3,5 m làm bằng ống DIP, đường kính trong danh định: 300 mm → đường kính thực tế là 305 mm.
- Ống đẩy chung dài 42,0 m làm bằng ống DIP, đường kính trong danh định: 250 mm → đường kính thực tế là 264 mm.
- Hệ số ma sát ống gang xi măng của ống hút là f = 0,018 và ống đẩy là f = 0,020.

Xác định:

a. Cột áp tổng cộng. (1,50 điểm)

b. Công suất mà dòng chất lỏng nhận được. (0,25 điểm)
c. Hiệu suất của tổ hợp máy bơm. (0,25 điểm)

Câu 5 (2,50 điểm)

Một hệ thống nước bao gồm:

- Chiều cao tĩnh: 15 m.
- Đường ống: tổng chiều dài 100 m, đường kính trong 150 mm, vật liệu thép với hệ số nhám tương đương $\varepsilon = 0{,}00015$ m.
- Trên đường ống có phụ kiện gồm 4 co 90° tiêu chuẩn và 1 van cổng mở hoàn toàn.
- Lưu lượng hoạt động dự kiến: từ 0 – 50 L/s.

Tính Tổn Thất Ma Sát:

Tổn thất ma sát trong hệ thống bao gồm:

Tổn thất trên đường ống thẳng

$$h_f = f.\frac{L}{D}.\frac{v^2}{2g}$$

Trong đó:

- f: Hệ số ma sát (tính theo công thức Colebrook-White hoặc tra bảng Moody).
- L: Chiều dài ống (100 m).
- D: Đường kính trong của ống (0,15 m).
- v: Vận tốc dòng chảy (tính từ lưu lượng Q).
- g: Gia tốc trọng trường (9,81 m/s²).

Tổn thất cục bộ từ phụ kiện

$$h_{phụ\ kiện} = \sum K.\frac{v^2}{2g}$$

Với K là hệ số tổn thất cục bộ của từng phụ kiện:

- Co 90° tiêu chuẩn: K = 0,9 mỗi cái.
- Van cổng mở hoàn toàn: K = 0,2.

Xác định:

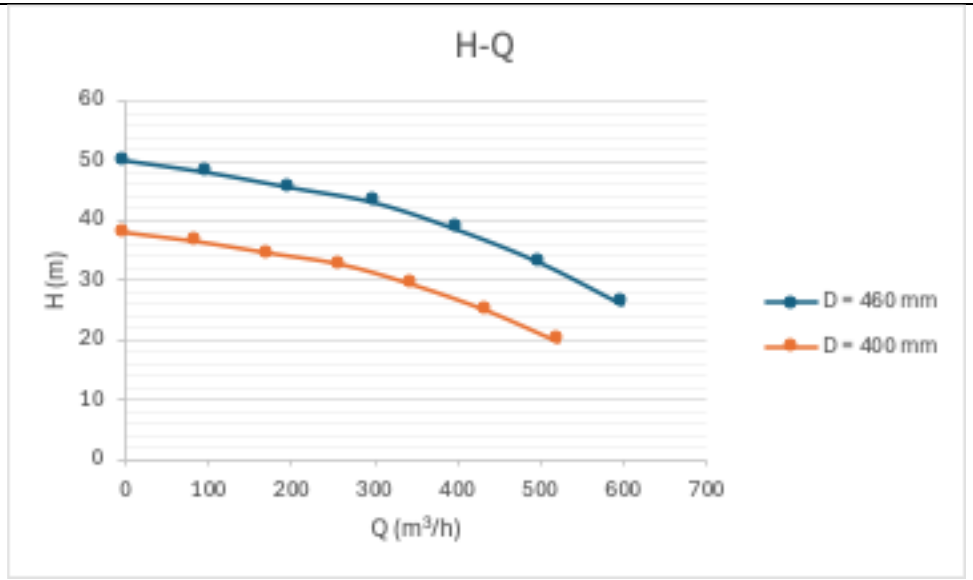
a. Tổn thất ma sát trong hệ thống ở các lưu lượng khác nhau. (1,25 điểm)
b. Vẽ đường đặc tính hệ thống (H-Q) biểu diễn mối quan hệ giữa cột áp tổng cộng và lưu lượng. (1,25 điểm)

ĐÁP ÁP VÀ THANG ĐIỂM

Phần câu hỏi	Nội dung đáp án	Thang điểm	Ghi chú
I. Tự luận			
Câu 1		1,50	
a. Độ dự trữ chống xâm thực là gì? Cho biết sự khác nhau giữa các giá trị độ dự trữ chống xâm thực $NPSH_A$, $NPSH_r$, $NPSH_i$.	Độ dự trữ chống xâm thực (Negative Possible Suction Head, NPSH) là một đại lượng đo mức năng lượng thủy lực (hay cột áp) còn lại tại miệng hút của máy bơm, sau khi đã loại trừ áp suất hơi bão hòa của chất lỏng nhằm đảm bảo chất lỏng không bị sôi tại tâm cánh bơm và tránh hiện tượng xâm thực.	0,25	
	NPSH gồm có: - $NPSH_i$ là ngưỡng bắt đầu xảy ra xâm thực. - $NPSH_r$ là mức năng lượng tại đó xâm thực đã xảy ra và làm giảm 3% cột áp của hệ thống, có thể được chấp nhận trong công nghiệp. - $NPSH_A > NPSH_r$ máy bơm ở mức an toàn, không xảy ra xâm thực trong quá trình vận hành.	0,25	
b. Trình bày hiện tượng búa nước. Nguyên nhân nào gây ra hiện tượng này trong hệ thống bơm và ống dẫn? Các ảnh hưởng có thể xảy ra với hệ thống nếu không kiểm soát hiện tượng búa nước?	Búa nước là hiện tượng gia tăng đột ngột áp suất trong ống dẫn do dòng chất lỏng đang chuyển động bị dừng lại hoặc đổi hướng đột ngột. Nguyên nhân chính là do đóng van nhanh, tắt bơm đột ngột, hoặc sự cố nguồn điện	0,25	
	Khi dòng chảy dừng lại, khối lượng nước tiếp tục di chuyển quán tính, va đập vào cột chất lỏng phía trước và sinh sóng áp lực lan truyền ngược trong ống. Kết quả là (i) áp suất có thể tăng gấp nhiều lần áp suất làm việc, (ii) gây vỡ đường ống, hỏng phụ kiện, chấn động lớn, và (iii) đặc biệt nguy hiểm trong ống có vận tốc cao và đoạn ống dài.	0,25	

c. Một đường ống thép dài 250m, đường kính 200mm đang dẫn nước với vận tốc 2,5 m/s. Nếu van ở cuối ống bị đóng nhanh trong 0,3 giây. Cho biết có xảy ra hiện tượng búa nước không? Biết rằng tốc độ sóng áp lực trong ống thép có thể lấy gần đúng là a≈1000-1200 m/s. Nếu xảy ra búa nước, làm sao để giảm ảnh hưởng?	Kiểm tra thời gian đóng van so với thời gian truyền sóng Tốc độ sóng áp lực trong ống thép có thể lấy gần đúng là a ≈1000-1200 m/s Thời gian phản xạ sóng áp lực $t_w=2L/a=2*250/1200 \approx 0,417$ giây Thời gian đóng van $t_v = 0,3$ giây < $t_w = 0,417$ giây do đó búa nước có thể xảy ra	0,25	
	Biện pháp giảm búa nước gồm: - Giảm tốc độ đóng van để $t_v > t_w$ - Dùng van chống búa nước, van 2 tốc độ - Dùng bể khí hoặc buồng đệm	0,25	
Câu 2		2,00	
Một máy bơm hoạt động tại mực nước biển, nhiệt độ nước 20°C. Tổng cột áp là 30,0m, tốc độ quay 1480 vòng/phút. Sử dụng bơm ly tâm một cửa vào với lưu lượng là 450 m^3/h. Biết rằng: -Tổn thất qua đường ống hút và phụ kiện là 1,8m.	a. NPSHi (sử dụng công thức xấp xỉ với tốc độ đặc trưng) $NPSH_i = H_t.(K.n_s^{4/3})/10^6$ trong đó $n_s = n.Q^{1/2}/H^{3/4}$ với n = 1480 vòng/phút, Q = 450/3600 = 0,125 m^3/s H_t = 30,0 m Tính tỷ tốc $n_s = [1480 . (0,125)^{1/2}] / [(30,0)^{3/4}] = 49,15$ $NPSH_i = [30,0 . 1210.(49,15)^{4/3}]/(10^6) = 14,67$ m	1,00	công thức và tính n_s: 0,5 điểm công thức và tính $NPSH_i$: 0,5 điểm
-Áp suất khí quyển tại mực nước biển: 10,33m. -Áp suất hơi nước ở 20oC là 0,24m. -Hệ số K = 1210 tương ứng với hiệu suất 80% -NPSHr = 2,15m (dựa theo đường đặc tính máy bơm).	b. So sánh NPSHi với NPSHr NPSHi = 14,67 m NPSHr = 2,15 m NPSHi lớn hơn rất nhiều vì đây là giá trị lý thuyết tại điểm bắt đầu xảy ra xâm thực, còn NPSHr là điểm kỹ thuật tại đó áp suất bị giảm 3% và được sử dụng cho thiết kế thực tế	0,25	
Xác định: a. NPSHi (sử dụng công thức xấp xỉ với tốc độ đặc trưng). b. So sánh NPSHi với NPSHr. c. Tính chiều cao hút cho phép của hệ thống.	c. Tính chiều cao hút cho phép của hệ thống. $h_s=NPSH_A-H_{bar}+H_{vap}+h_{fs}+\sum h_m+FS$ Trong đó $NPSH_A \sim NPSH_i$ = 14,67 m H_{bar} = 10,33 m H_{vap} = 0,24 m $h_{fs}+\sum h_m$ = 1,8 m Giả sử FS = 1,0 m	0,75	Công thức tính h_s 0,25 điểm Chọn giá trị $NPSH_A$: 0,25 điểm

	h_s = 14,67 - 10,33 + 0,24 + 1,8 + 1,0 = 7,38 m		Tính toán h_s: 0,25 điểm
Câu 3		2,00	
Một máy bơm ly tâm có đường kính bánh công tác ban đầu là 460mm, hoạt động ở tốc độ quay là 1200 vòng/phút, có đường cong H-Q như sau Điểm Lưu lượng (m^3/h) Cột áp (m) a 0 50,0 b 100 48,0 c 200 45,5 d 300 43,0 e 400 38,5 f 500 33,0 g 600 26,0 Giả sử bánh xe công tác được thay bằng loại đường kính nhỏ hơn là 400 mm. a. Lập đường cong H-Q cho bánh xe công tác mới (400 mm). b. So sánh với kết quả đo từ thử nghiệm (bảng đã cho). c. Tính tốc độ quay mới cần thiết cho bánh xe công tác 400 mm đạt cùng lưu lượng và cột áp tại điểm có Q = 300 m^3/h như bánh xe công tác 460 mm ở tốc độ quay 1200 vòng/phút.	Tính H-Q cho bánh xe công tác nhỏ hơn bằng cách áp dụng công thức gần đúng $Q_2=Q_1.(D_2/D_1)$ $H_2=H_1.(D_2/D_1)^2$ D_1 = 0,46 m và D_2 = 0,4 m D_2/D_1 = 400/460 = 0,8696 Tính toán các điểm mới từ a' đến g' Điểm Q_1 (m^3/h) H_1 (m) $Q_2 = Q_1 \cdot (D_2/D_1)$ $H_2 = H_1 \cdot (D_2/D_1)^2$ a′ 0 50 0 50,0 . 0,756 = 37,8 b′ 100 48 86,96 48,0 . 0,756 = 36,3 c′ 200 45.5 173,9 34,4 d′ 300 43 260,9 32,5 e′ 400 38,5 347,8 29,1 f′ 500 33 434,8 24,9 g′ 600 26 521,7 19,7	1,25	tính toán cho 5 điểm đầu tiên, mỗi điểm 0,25 điểm

		0,50	
	Tính tốc độ quay mới để giữ nguyên hiệu s uất tại điểm D $n_2 = n_1.\sqrt{(H_1/H_2)}$ $n_2 = 1200.\sqrt{(43,0/32,5)}=1380$ vòng/phút	0,25	
Câu 4		2,00	
Nước ở 20°C được bơm bằng máy bơm ly tâm thông qua hệ thống ống gang lót vữa xi măng (DIP). Trong đường ống hút có hai co 90° và một van hai chiều. Đường ống đẩy có ba co	Tính diện tích mặt cắt ướt và vận tốc Đường kính trong ống 300 mm ~ 305 mm $D_s = 0,305$ m, $A_s = 0,0731$ m^2 Đường kính trong ống 250 mm ~ 264 mm $D_d = 0,264$ mm, $A_d = 0,0547$ m^2	0,25	

90^o và một van một chiều. Máy bơm được đặt thấp hơn mực nước thấp nhất trong bể hút. Các thông số thiết kế khác gồm: - Lưu lượng Q = 0,085 m^3/s. - Cột áp tĩnh H_{stat} = 12,0 m. - Tâm máy bơm thấp hơn mực nước hút độ sâu h_s = +1,8 m. - Công suất đầu vào trục bơm P = 17,5 W. - Ống hút dài 3,5 m làm bằng ống DIP, đường kính trong danh định: 300 mm. - Ống đẩy chung dài 42,0 m làm bằng ống DIP, đường kính trong danh định: 250 mm. **Xác định:** a. Cột áp tổng cộng. b. Công suất mà dòng chất lỏng nhận được. c. Hiệu suất của tổ hợp máy bơm	Vận tốc v = Q/A v_s = 0,085/0,0731 = 1,163 m/s v_d = 0,085/0,0547 = 1,554 m/s $v_s^2/2g = 1,163^2/(2.9,81)$ = 0,069 m $v_d^2/2g = 1,554^2/(2.9,81)$ = 0,123 m Chênh lệch động năng = 0,123 - 0,069 = 0,054 m	0,50	
	Tổn thất ma sát h_f $h_f = f . L/D . v^2/2g + K . v^2/2g$ Chiều dài ống hút L_s = 3,5 m, D_s = 0,305 m Tổn thất cục bộ 2 co 90 độ = 2. 0,9 = 1,8 1 van hai chiều = 0,2 K_s = 2,0 hệ số ma sát ống gang xi măng f = 0,018 h_{f_s} = 0,018 . 3,5/0,305 . 0,069 + 2 . 0,069 = 0,152 m	0,25	
	Chiều dài ống: L_d = 42 m, D_d = 0,264 m Tổn thất cục bộ: 3 co 90°: 3 . 0,9 = 2,7 1 van một chiều: 2,0 K_d = 4,7 Hệ số ma sát ống đẩy: f ~ 0,020 h_{f_d} = 0,020 . 42/0,264 . 0,123 + 4,7 . 0,123 = 0,391 + 0,578 = 0,969m	0,25	
	Cột áp tổng cộng $H = H_{stat} + h_{fs} + h_{fd} + (v_d^2 - v_s^2)/2g$ H = 12,0 + 0,152 + 0,969 + 0,054 = 13,18 m	0,25	
	Tính công suất nước $P_w = \gamma Q H$ = 9810 . 0,085 . 13,18 = 10,98 W	0,25	

	Hiệu suất máy bơm $\eta = P_w/P_{đầu\ vào} = 10,98/17,5 = 62,8\ \%$	0,25	
Câu 5		2,50	
Một hệ thống nước bao gồm: - Chiều cao tĩnh: 15 m. - Đường ống: tổng chiều dài 100 m, đường kính trong 150 mm, vật liệu thép với hệ số nhám tương đương ε=0,00015 m. - Trên đường ống có phụ kiện gồm 4 co 90o tiêu chuẩn và 1 van cổng mở hoàn toàn. - Lưu lượng hoạt động dự kiến: từ 0 – 50 L/s. Xác định: a. Tổn thất ma sát trong hệ thống ở các lưu lượng khác nhau. b. Vẽ đường đặc tính hệ thống (H-Q) biểu diễn mối quan hệ giữa cột áp tổng cộng và lưu lượng.	Tính vận tốc dòng chảy v cho từng lưu lượng: $v = Q/A = Q/\boldsymbol{\pi}\ (D/2)^2$ Với Q từ 0 đến 50 lít/giây (tương đương 0 đến 0,05 m^3/s).	0,25	
	Tính số Reynolds Re: $Re = vD/\boldsymbol{\nu}$ Với $\boldsymbol{\nu}$ là độ nhớt động học của nước (~1 . $10^{-6} m^2/s$).	0,25	
	Xác định hệ số ma sát f: Sử dụng công thức Colebrook-White: $1/f = -2\ .\ \log\ \{[(\varepsilon/D)/3,7] + 2,51/(Re\sqrt{f})\}$	0,25	
	Tính tổn thất ma sát trên đường ống thẳng h_f và tổn thất cục bộ $h_{cục\ bộ}$.		
	Tổng tổn thất ma sát: $h_{tổng} = h_f + h_{cục\ bộ}$	0,25	
	Vẽ Đường Đặc Tính Hệ Thống (H-Q): Tổng cột áp của hệ thống tại mỗi lưu lượng là: $H = H_{stat} + h_{tổng}$ Với H_{stat} = 15 mét.	0,25	
	Q (L/s) H (m) 5 15,08 10 15,30 15 15,67 20 16,18 25 16,82 30 17,60 35 18,52 40 19,58	1,25	tính toán cho 5 điểm đầu, mỗi điểm 0,25 điểm

	45 20,78 50 22,11		
Tổng		10,0	

TP. Hồ Chí Minh, ngày 10 tháng 4 năm 2025

Người duyệt đề

TS. Hồ Thị Thanh Hiền

Giảng viên ra đề

TS. Lê Minh Trường