

Chương 5

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI

5.1 CÁC THÔNG SỐ THIẾT KẾ

5.1.1 Thành phần nước thải và Quy chuẩn thiết kế

Thành phần nước thải và Quy chuẩn thiết kế được thể hiện trong bảng 5.1:

STT	Thông số	Đơn vị	Tiêu chuẩn tiếp nhận	QCVN24:2009/BTNMT cột A
1	pH	-	6,5 - 6,7	5,4-9
3	BOD ₅ (20°C)	mg/l	500	27
4	COD	mg/l	800	45
5	Chất rắn lơ lửng	mg/l	150	45
6	Amoniac	mg/l	45	4,5
7	Tổng Nitơ	mg/l	60	13,5
8	Tổng Photpho	mg/l	14	3,6
9	Coliforms	MPN/100ml	5x10 ⁶	2700

Bảng 5.1 Thành phần nước thải và quy chuẩn thiết kế.

Dựa vào bảng trên cho thấy thành phần nước thải đầu vào vượt quá Quy chuẩn thiết kế, do vậy cần xây dựng 1 hệ thống xử lý nước thải để đạt chuẩn thải ra nguồn tiếp nhận, theo QCVN 24:2009/BTNMT, cột A.

5.1.2 Công suất thiết kế

Công suất thiết kế của KCN dệt may Bình An là 1000m³/ngày đêm.

5.1.3 Mức độ cần thiết xử lý

Mức độ cần thiết phải xử lý hàm lượng chất lơ lửng SS

$$SS = \frac{SS_v - SS_r}{SS_v} \times 100\% = \frac{150 - 45}{150} \times 100\% = 70\%$$

Trong đó:

SS_v: Hàm lượng chất lơ lửng trong nước thải chưa xử lý, SS_v= 150mg/l

SS_r: Hàm lượng chất lơ lửng trong nước thải sau xử lý cho phép xả thải vào nguồn nước, SS_r= 45mg/l

Mức độ cần thiết phải xử lý hàm lượng BOD

$$BOD = \frac{BOD_{svao} - BOD_{sra}}{BOD_{svao}} \times 100\% = \frac{500 - 27}{500} \times 100\% = 95 \%$$

Trong đó:

BOD_5^v : Hàm lượng BOD₅ trong nước thải đầu vào, BOD_v= 500 mg/l

BOD_5^r : Hàm lượng BOD₅ trong nước thải sau xử lý cho phép xả thải vào nguồn nước, BOD_r= 27 mg/l

Mức độ cần thiết phải xử lý hàm lượng COD

$$COD = \frac{COD_{vao} - COD_{ra}}{COD_{vao}} \times 100\% = \frac{800 - 45}{800} \times 100\% = 94 \%$$

Trong đó:

COD_v : Hàm lượng COD trong nước thải đầu vào, COD_v = 800 mg/l

COD_r : Hàm lượng COD trong nước thải sau xử lý cho phép xả thải vào nguồn nước,

COD_r = 45 mg/l

5.1.4 Các thông số tính toán

Dựa vào bảng 5.2 ta có thể xác định các thông số cần thiết phục vụ tính toán:

Giờ trong ngày	Lưu lượng vào bể (m ³)	Lưu lượng ra bể (m ³)	Lưu lượng còn lại (m ³)	Lưu lượng tích lũy (m ³)
0-1	2,5	41,7	-39,2	-39,2
1-2	2,5	41,7	-39,2	-78,4
2-3	2,5	41,7	-39,2	-117,6
3-4	7,5	41,7	-34,2	-151,8
4-5	12,5	41,7	-29,2	-181
5-6	43,0	41,7	1,3	-179,7
6-7	60,0	41,7	18,3	-161,4
7-8	72,0	41,7	30,3	-131,1
8-9	75,0	41,7	33,3	-97,8
9-10	75,0	41,7	33,3	-64,5
10-11	75,0	41,7	33,3	-31,2

11-12	64,0	41,7	22,3	-8,9
12-13	42,0	41,7	0,3	-8,6
13-14	42,0	41,7	0,3	-8,3
14-15	50,0	41,7	8,3	0
15-16	57,0	41,7	15,3	15,3
16-17	73,0	41,7	31,3	46,6
17-18	73,0	41,7	31,3	77,9
18-19	73,0	41,7	31,3	109,2
19-20	47,5	41,7	5,8	115
20-21	34,0	41,7	-7,7	107,3
21-22	12,0	41,7	-29,7	77,6
22-23	2,5	41,7	-39,2	38,4
23-24	2,5	41,7	-39,2	-0,8
Tổng	1000			

Bảng 5.2 Bảng thống kê lưu lượng nước thải theo các giờ trong ngày.

Hệ thống xử lý nước thải hoạt động 24/24 vận lượng nước thải đổ ra liên tục,

Lưu lượng trung bình ngày: $Q_{tb}^{ngđ} = 1000 \text{ m}^3/\text{ngđ}$

Lưu lượng trung bình giờ:

$$Q_{tb}^h = Q_{tb}^{ngđ} / 24 = 1000 / 24 = 41,67 \text{ m}^3/\text{h}$$

Lưu lượng trung bình giây:

$$Q_{tb}^s = Q_{tb}^h / 3,6 = 41,67 / 3,6 = 11,57 \text{ l/s} = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$$

Lưu lượng giờ lớn nhất: $Q_{max}^h = 75 \text{ m}^3/\text{h} = 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$

Lưu lượng giờ nhỏ nhất: $Q_{min}^h = 2,5 \text{ m}^3 / \text{h}$

5.2 TÍNH TOÁN CÁC CÔNG TRÌNH ĐƠN VỊ PHƯƠNG ÁN 1

5.2.1 Song chắn rác

5.2.1.1 Nhiệm vụ

Song chắn rác (SCR) nhiệm vụ giữ lại các tạp chất có kích thước lớn. Song chắn rác gồm các thanh kim loại (thép không rỉ), dễ dàng trượt lên xuống dọc theo 2 khe hở của thành mương dẫn, vận tốc nước qua song $v_{max} \leq 1 \text{ m/s}$ (ứng với Q_{max}), (Diệu, 2008).

5.2.1.2 Tính toán

Bảng 5.3 Các thông số ban đầu phục vụ tính toán thiết kế song chắn rác.

Thông số tính toán	Giá trị ứng với lưu lượng	
	$Q_{tb} = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{max} = 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$
Độ dốc thủy lực 1000i	5	5
Chiều rộng mương dẫn B(m)	0,3	0,3
Độ đầy h/H (m)	0,2	0,45
Vận tốc U_m (m/s)	0,63	0,78

(Nguồn : Diêu, 2008).

Chọn SCR lấy rác bằng cơ giới, góc nghiêng đặt SCR là 80° .

Chọn thanh đan SCR có tiết diện vuông $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$.

Chiều cao lớp nước qua SCR bằng chiều cao lớp nước trong mương dẫn.

Số lượng khe hở qua SCR

$$n = \frac{Q_{max}}{v \times h \times b} \times k_0 = \frac{0,021}{0,8 \times 0,09 \times 0,02} \times 1,05 = 16 \text{ khe}$$

Trong đó:

v: vận tốc nước chảy qua SCR, chọn $v = 0,8 \text{ m/s}$ ($0,6 \text{ m/s} \leq v \leq 1 \text{ m/s}$) (Diêu, 2008)

h: độ sâu nước ở chân SCR, tính $h = \frac{Q}{B \times v} = \frac{0,021}{0,3 \times 0,8} = 0,09 \text{ m}$

b: khe hở giữa các thanh chắn, chọn $b = 0,02 \text{ m}$ ($SCR_{tho} = 10 - 25 \text{ mm}$) (Diêu, 2008)

k: hệ số tính đến mức độ cản trở của dòng chảy do hệ thống cào rác, $K = 1,05$.

Tổng chiều rộng khe

$$B_k = 16 \times 0,02 = 0,32 \text{ (m)}$$

Chiều rộng buồng đặt SCR

$$B_s = a \times (n - 1) + B_k = 0,01 \times (16 - 1) + 0,32 = 0,47 \text{ (m)}$$

Với: a: chiều dày thanh song chắn, lấy $a = 0,01 \text{ m}$

Góc mở rộng của buồng đặt SCR lấy bằng 20° thì chiều dài đoạn mở rộng trước SCR được tính

$$L_1 = \frac{B_s - B}{2 \times \text{tg} 20^\circ} = \frac{0,47 - 0,32}{2 \times \text{tg} 20^\circ} = 0,2 \text{ (m)}$$

Chiều dài đoạn thu hẹp sau SCR

$$L_2 = \frac{1}{2} L_1 = 0,1 \text{ (m)}$$

Tổng chiều dài xây dựng

$$L = L_1 + L_2 + L_o = 0,2 + 0,1 + 1,2 = 1,5 \text{ (m)}$$

Trong đó: L_o : Chiều dài đoạn mương đặt SCR, chọn $L_o = 1,2 \text{ m}$ (L_o không nhỏ hơn 1 m) (Diêu, 2008)

Tổn thất áp lực qua SCR

$$h_s = \beta \times \left(\frac{W}{b}\right)^{4/3} \times \left(\frac{u^2}{2g}\right) \times \sin \theta \times K = 2,42 \times \left(\frac{0,015}{0,015}\right)^{4/3} \times \left(\frac{0,5^2}{2 \times 9,8}\right) \sin 80^\circ \times 3 = 0,091 \text{ (m)}$$

Trong đó:

h_s : tổn thất áp lực (m)

$W = 0,015$: chiều rộng lớn nhất của thanh chắn (m)

$b = 0,015$: khe hở nhỏ nhất giữa các thanh chắn (m)

u : vận tốc dòng chảy trong kênh dẫn (m/s).

$$u = \frac{u_m \times B}{B_s} = \frac{0,78 \times 0,3}{0,47} = 0,5 \text{ (m/s)}$$

θ : góc nghiêng của thanh chắn so với phương ngang

g : gia tốc trọng trường (m/s²)

$\beta = 2,42$: hệ số phụ thuộc vào hình dạng của thanh chắn, SCR có tiết diện vuông (Diệu, 2008)

K : hệ số tính đến sự tăng tổn thất do vướng mắc ở SCR, $K = 2 - 3$, lấy $K = 3$, (Diệu, 2008).

Kiểm tra lại vận tốc của dòng chảy qua SCR sạch ứng với lưu lượng max

$$u_{\max} = \frac{Q_{\max}}{B_k \times h_{hd}}$$

Chiều cao lớp nước max trong mương

$$h_{\max} = \frac{Q_{\max}}{B \times u_{\max}} = \frac{0,021}{0,3 \times 0,78} = 0,089 \text{ (m)}$$

Chiều cao lớp nước hữu dụng max

$$h_{hd} = \frac{h_{\max}}{\sin 80^\circ} = \frac{0,089}{\sin 80^\circ} = 0,091 \text{ (m)}$$

$$\Rightarrow v_{\max} = \frac{0,021}{0,32 \times 0,091} = 0,72 \text{ (m)} \text{ (thỏa vì } 0,4 \text{ m/s} < v_{\max} < 1 \text{ m/s)}$$

Chiều sâu xây dựng của mương đặt SCR

$$H = h_{\max} + h_s + h_o = 0,25 + 0,091 + 0,3 = 0,64 \text{ (m)}$$

Trong đó:

h_{\max} : Độ đầy ứng với chế độ Q_{\max} (m), $h_{\max} = 0,25$ m;

h_s : Tổn thất áp lực ở song chắn rác (m), $h_s = 0,091$ m;

h_o : Chiều cao bảo vệ (m), $h_o = 0,3$ m.

Chiều cao lớp nước sau mương dẫn

$$h = h_{\max} - h_l = 0,25 - 0,091 = 0,16 \text{ (m)}$$

Bảng 5.4 Các thông số thiết kế song chắn rác, (Phụ lục 1).

Hàm lượng SS còn lại trong nước sau khi đi qua song chắn rác:

$$SS = 145 \times 95\% = 142,5 \text{ (mg/l)}.$$

5.2.2 Hồ thu gom**5.2.2.1 Nhiệm vụ**

Tập trung nước thải từ các nhà máy trong khu công nghiệp về trạm xử lý.

5.2.2.2 Tính toán

Chọn thời gian lưu nước: $t = 20$ phút (6 – 30 phút)

Thể tích cần thiết

$$W = Q_{\max.h} \cdot t = \frac{75m^3/h \times 20\text{phút}}{60\text{phút/h}} = 25 \text{ m}^3$$

Chọn chiều cao hữu ích của bể $H = 2,5$ m

Chiều cao xây dựng của bể thu gom

$$H_{xd} = H + h_{bv}$$

Với H : Chiều cao hữu ích của bể, $H = 2,5$ m

h_{bv} : Chiều cao bảo vệ, $h_{bv} = 0,5$ m

$$\rightarrow H_{xd} = 2,5 + 0,5 = 3 \text{ m}$$

\rightarrow Diện tích mặt bằng:

$$A = \frac{W}{H} = \frac{25}{2,5} = 10 \text{ m}^2 \Rightarrow L = 3,7 ; B = 2,7$$

Kích thước bể thu gom: $L \times B \times H_{xd} = 3,7\text{m} \times 2,7\text{m} \times 3 \text{ m}$

Thể tích xây dựng bể: $W_t = 3,7 \times 2,7 \times 3 = 30 \text{ m}^3$

Chọn ống dẫn nước thải vào hồ thu

Chọn ống dẫn nước vào với vận tốc $v = 0,9\text{m/s}$, $D = 400\text{mm}$, với độ sâu đặt ống đối với nơi có nhiều xe cơ giới đi lại $H_{\min} = 0,7\text{m}$. Vậy, Chọn $H = 1\text{m}$.

Ống dẫn nước thải sang bể lắng cát

Nước thải được bơm sang bể lắng cát nhờ một bơm chìm, với vận tốc nước chảy trong ống là $v = 2\text{m/s}$ (1 – 2,5 m/s _TCVN 51 – 2008)

$$\text{Tiết diện ướt của ống : } A = Q_{\max}^s / v = \frac{0,021}{2} = 0,01 \text{ m}^2$$

Đường kính ống dẫn nước thải ra:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4,0,01}{3,14 \cdot 2}} = 0,08 \text{ m} \text{ Chọn } D = 80 \text{ mm.}$$

Chọn máy bơm

$$Q_{\max} = 75 \text{ m}^3/\text{h} = 0,021 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ cột áp } H = 12(\text{m}).$$

Công suất bơm

$$N = \frac{Q \rho g H}{1000 \eta} = \frac{0,021 \times 1000 \times 9,81 \times 12}{1000 \times 0,75} = 3,3 \text{ kW}$$

Trong đó:

η : Hiệu suất chung của bơm từ 0,72 – 0,93, chọn $\eta = 0,75$

ρ : Khối lượng riêng của nước 1000 kg/m³

Chọn bơm chìm, được thiết kế 2 bơm có công suất như nhau (3,3 Kw). Trong đó 1 bơm đủ để hoạt động với công suất tối đa của hệ thống xử lý, 1 bơm còn lại là dự phòng.

Bảng 5.5 Tổng hợp tính toán hồ thu gom, (phụ lục 1).

5.2.3 Mương lắng cát

5.2.3.1 Nhiệm vụ:

Tách các hạt cặn ra khỏi nước thải, mục đích tránh mài mòn những bộ phận chuyển động cơ học; giảm sự hình thành các chất lắng trong đường cống, kênh dẫn; giảm số lần làm sạch thiết bị phân hủy.

5.2.3.2 Tính Toán

❖ Mương dẫn nước thải

Sau khi nước thải được bơm từ hồ thu sẽ qua mương dẫn (có đặt lưới lọc tinh) rồi đến bể lắng cát. Chiều dài mương dẫn: $l = 1 \text{ m}$. Tính toán thủy lực mương dẫn xác định độ dốc i , vận tốc v , độ đầy h/d dựa vào bảng tra thủy lực. Thông số thủy lực mương dẫn nước thải được trình bày trong bảng 5.6.

Bảng 5.6 Các thông số thiết kế mương dẫn nước thải.

Thông số thủy lực	Đơn vị	$Q_{\max} = 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$
Chiều rộng mương dẫn B	(m)	5
Độ dốc i	(‰)	0,3
Vận tốc u_m	(m/s)	0,45
Độ đầy h/H	(m)	0,78

❖ Tính toán mương lắng cát

Mương lắng cát dùng để chắn giữ các hạt cặn lớn có chứa trong nước thải mà chủ yếu là cát. Mương lắng cát giúp tránh quá trình mài mòn và phá hỏng những bộ phận chuyển động cơ học,

giảm sự hình thành các chất lắng trong đường ống, kênh dẫn do cát gây ra và còn có tác dụng làm giảm số lần làm sạch thiết bị phân hủy.

Phương án lựa chọn: mương lắng cát ngang có dòng nước chuyển động thẳng dọc theo chiều dài của bể. Do lưu lượng thiết kế nhỏ vì vậy tính toán thiết kế với 1 mương lắng cát ngang.

Bảng 5.7 Các thông số ban đầu phục vụ tính toán thiết kế.

Thông số tính toán	Giá trị ứng với lưu lượng	
	$Q_{\min} = 0,004 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{\max} = 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$
Độ dốc thủy lực 1000i	5	5
Chiều rộng mương dẫn B(m)	0,4	0,3
Độ dày h/H (m)	0,2	0,45
Vận tốc U_m (m/s)	0,5	0,78

(Nguồn: Diệu-2008)

Diện tích mặt thoáng của mỗi mương lắng cát ngang:

$$F = K \times \frac{Q_{\max}}{U_o} = 1,3 \times \frac{0,021(\text{m}^3/\text{s})}{17,8(\text{mm}/\text{s})} = 2,4(\text{m}^2)$$

Chiều dài mương:

Tỉ lệ giữa chiều dài và chiều cao phần công tác mương:

$$\frac{L}{h_{\max}} = \frac{K \times v_{\max}}{U_o} = \frac{1,3 \times 0,3}{0,0178} = 20 \rightarrow L = 20 \times h_{\max} = 20 \times 0,3 = 6 \text{ (m)}$$

Trong đó:

v_{\max} : tốc độ chuyển động của nước thải ứng với lưu lượng nước thải lớn nhất, $v_{\max} = 0,3$ m/s.

H_{\max} : độ sâu của lớp nước trong mương lắng cát, chọn $H_{\max} = 0,3$ m ($H = 0,25 \div 1$ m).

U_o : kích thước thủy lực của hạt cát ứng với cỡ hạt $d = 0,2$ mm, $U_o = 17,8$ mm/s. (Trần Thị Mỹ Diệu – 2008)

K : hệ số thực nghiệm tính đến ảnh hưởng đặc tính của dòng chảy của nước đến tốc độ lắng của hạt cát trong bể lắng, $k = 1,3$ ứng với $U_o = 17,8$ mm/s.

Chiều rộng của mương lắng cát ngang

$$B = \frac{F}{L} = \frac{2,4}{6} = 0,4 \text{ m}$$

Kiểm tra lại với điều kiện $v_{\min} \geq 0,15$ m/s và với Q_{\max} thì thời gian lưu nước $HRT = 1-2$ phút, (Diệu-2008).

$$v_{\min} = \frac{Q_{\min}}{B \times H_{\min}} = \frac{0,004}{0,4 \times 0,032} = 0,31(\text{m}/\text{s}) > 0,15(\text{m}/\text{s}) \text{ (thỏa)}$$

Trong đó:

Q_{\min} : Lưu lượng nhỏ nhất đi vào mương, $Q_{\min} = 0,004$ m/s

H_{\min} : độ sâu của lớp nước trong mương lắng cát ứng với lưu lượng Q_{\min}

$$H_{\min} = \frac{Q_{\min}}{B_{\min} \times u_{\min}} = \frac{0,004}{0,25 \times 0,5} = 0,032(\text{m})$$

B: Chiều rộng của mương lắng cát.

Thời gian lưu nước trong mương lắng cát:

$$T = \frac{V}{Q_{\max}} = \frac{3,2 \times 0,25}{0,021} = 60s < 120s \text{ (thỏa).}$$

Chọn góc tới $\theta = 45^\circ$, $\text{Cotg } \theta = 1$

Chiều rộng cửa tràn thu hẹp từ B xuống b:

$$b = \frac{B \times v}{m \times \sqrt{2g}} \times \sqrt{\frac{B \times v}{Q_{\max}} \times \left(\frac{1 - K^{\frac{2}{3}}}{1 - K} \right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{1 \times 0,3}{0,356 \sqrt{2 \times 9,81}} \times \sqrt{\frac{1 \times 0,3}{0,021} \times \left(\frac{1 - 0,19^{\frac{2}{3}}}{1 - 0,19} \right)^{\frac{3}{2}}} = 0,56m$$

Trong đó:

m: hệ số lưu lượng của cửa tràn phụ thuộc vào góc tới θ , $m = 0,356$ (Bảng 2.2, Điều – 2008)

$$K = \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} = \frac{0,004}{0,021} = 0,19$$

Độ chênh giữa đáy cửa tràn và đáy mương lắng cát

$$\Delta P = \frac{Q_{\max}}{B \times v} \times \frac{1 - K^{\frac{-1}{3}}}{1 - K^{\frac{2}{3}}} = \frac{0,021}{1 \times 0,3} \times \frac{1 - 0,19^{\frac{-1}{3}}}{1 - 0,19^{\frac{2}{3}}} = -0,05m$$

❖ Tính hồ thu cát

Thể tích phân chứa cặn của mương lắng cát

$$W_c = \frac{N_{tt} \times P \times t}{1000} = \frac{15000 \times 0,02 \times 0,5}{1000} = 0,15(m^3)$$

Trong đó:

N_{tt} : Công nhân tính toán. $N_{tt} = 15000$ người

P: Lượng cát giữ lại trong mương cho một người trong ngày đêm. $P = 0,02$ l/ng.ngđ (Điều , 2008)

t: Chu kỳ xả cát. $t = 12h = 0,5$ ngày (Quy phạm $t < 2$ ngày đêm)

Hồ thu cát được bố trí ở đầu mương lắng cát ngang, cách tường 0,2 m. Mặt bằng hồ thu có dạng hình vuông. Chọn chiều cao hồ thu cát: $h_c = 1m$.

Diện tích của hồ thu

$$F = \frac{W_c}{h_c} = \frac{0,15}{1} = 0,15(m^2)$$

Chọn kích thước hồ thu cát: $a \times a = 0,4m \times 0,4m$

❖ Tính mương thu cát

Dưới hệ thống thổi khí là mương thu cát. Góc nghiêng thành bên là 60° (Quy phạm $\geq 60^\circ$).

Lưu lượng cát $a = 0,02 \text{ l/ng.ngđ} = 0,48 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{người.h}$ (Điều, 2008)

Số công nhân tính toán là $N_{tt} = 15000$ người

Thu cát liên tục sau 3 phút = 0,05 giờ

Thể tích mương chứa cát:

$$V = a \times N_{tt} \times t = 0,48 \times 10^{-3} \times 15000 \times 0,05 = 0,36 \text{ (m}^3\text{)}$$

Diện tích hình thang mương thu cát

$$F = \frac{V}{L} = \frac{0,36}{5 - 0,2 - 0,6} = 0,1 \text{ (m}^2\text{)}$$

Kích thước mương thu cát:

Chiều dài $L = 4,2 \text{ m}$; Chiều cao $h_m = 0,2 \text{ m}$

Đáy bé: $0,4 \text{ m}$; Đáy lớn: $0,6 \text{ m}$

Độ dốc đáy bể về phía hố thu cát: $i = 3\%$.

Chiều cao do độ dốc đáy bể gây ra: $h_{dd} = i \times l = 3\% \times (5 - 0,2 - 0,6) = 0,1 \text{ (m)}$

Chiều cao xây dựng mương lắng cát ngang

$$H_{XD} = H + h_c + 0,4 \quad (\text{Điều,2008}) \Rightarrow H_{XD} = 0,25 + 1 + 0,4 = 1,65 \text{ (m)}$$

h_{bv} : Chiều cao bảo vệ của mương.

Sử dụng phương pháp thủy lực để thu cát, tận dụng nước thải sau xử lý lấy tại bể tiếp xúc để rửa bể.

❖ Tính sân Phoi Cát

Sân phoi cát có nhiệm vụ làm ráo nước trong hỗn hợp nước cát. Thường sân phoi cát được xây dựng gần mương lắng cát, chung quanh được đắp đất cao. Nước thu từ sân phoi cát được dẫn trở về hố thu.

Thông số thiết kế:

- Chiều cao bờ chắn $H = 1 \text{ m}$ (Quy phạm $1 - 2 \text{ m}$)
- Số công nhân tính toán $N_{tt} = 15000$ người
- Lượng cát tính theo đầu người $P = 0,005 \text{ l/người.ngđ}$
- Chiều cao lớp cát $h = 5 \text{ m/năm}$ (Quy phạm $4 - 5 \text{ năm}$; Điều, 2008)

Diện tích hữu ích sân phoi

$$F = \frac{P \times N_{tt} \times 365}{1000 \times h} = \frac{0,005 \times 15000 \times 365}{1000 \times 5} = 5 \text{ (m}^2\text{)}$$

Kích thước sân phoi cát: dài x rộng : $4\text{m} \times 1,25\text{m}$

Bố trí đường ống thu nước rỉ từ cát có đường kính $d_1 = 100 \text{ mm}$ dọc theo chiều dài sân phoi cát, độ dốc đường ống $i = 0,003$. Tường thành chắn dày 200 mm .

Ống dẫn cát từ mương lắng cát sang sân phơi cát có đường kính $d_3 = 200 \text{ mm}$

Máng phân phối cát kích thước $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ có độ dốc $i = 0,01$

Đáy của các ngăn có độ dốc $i = 0,01$ dốc về phía ống thu nước rỉ của cát.

Bố trí đường ống dẫn nước thải từ mương lắng cát sang bể điều hòa có đường kính $d_1 = 150 \text{ mm}$.

Bảng 5.8 Tổng hợp tính toán mương lắng cát, (phụ lục 1).

5.2.4 Bể điều hòa

5.2.4.1 Nhiệm vụ

Điều hoà lưu lượng và nồng độ, tránh cặn lắng và làm thoáng sơ bộ, oxy hóa một phần chất hữu cơ, giảm kích thước các công trình đơn vị phía sau và tăng hiệu quả xử lý nước thải của trạm.

5.2.4.2 Tính toán

Bảng 5.9 Bảng số liệu tính toán thể tích bể điều hòa, (Phụ lục 1).

Thể tích cần thiết của bể:

$$W = |-181| + 115 = 296 \text{ m}^3$$

Chọn chiều cao của bể: $H = 4 \text{ m}$.

Diện tích mặt bằng:

$$A = \frac{W}{H} = \frac{296}{4} = 74 \text{ m}^2. \text{ Chọn } A = 75 \text{ m}^2$$

\Rightarrow Chọn $L \times B = 10 \text{ m} \times 7,5 \text{ m}$

Chiều cao xây dựng của bể:

$$H_{xd} = H + h_{bv} = 4 + 0,5 = 4,5 \text{ m}$$

Với H : Chiều cao hữu ích của bể, $H = 4 \text{ m}$

h_{bv} : Chiều cao bảo vệ, $h_{bv} = 0,5 \text{ m}$

\Rightarrow Kích thước của bể điều hoà: $L \times B \times H_{xd} = 10 \text{ m} \times 7,5 \text{ m} \times 4,5 \text{ m}$

Thể tích thực của bể điều hoà: $W_t = 10 \times 7,5 \times 4,5 = 337,5 \approx 340 \text{ m}^3$

Tính toán hệ thống đĩa, ống, phân phối khí

Hệ thống đĩa

Chọn khuấy trộn bể điều hoà bằng hệ thống thổi khí. Lượng khí nén cần cho thiết bị khuấy trộn:

$$q_{khí} = R \times W_{dh(tt)} = 0,012 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{phút} \times 296 \text{ m}^3 = 3,55 \text{ m}^3/\text{phút} = 3550 \text{ L}/\text{phút} = 59,2 \text{ L}/\text{s}.$$

Trong đó:

R : Tốc độ khí nén, $R = 10 - 15 \text{ L}/\text{m}^3 \cdot \text{phút}$. Chọn $R = 12 \text{ L}/\text{m}^3 \cdot \text{phút} = 0,012 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{phút}$

W_{dh} : Thể tích hữu ích của bể điều hoà.

Chọn khuếch tán khí bằng đĩa sứ bố trí dạng lưới. Vậy số đĩa khuếch tán là:

$$n = \frac{q_{kk}}{r} = \frac{3550L / phút}{72L / phút} = 50 \text{ đĩa}$$

Trong đó :

r: Lưu lượng khí, chọn r = 72 L/phút (r = 11 – 96 L/phút).

Chọn đường kính thiết bị sục khí d = 170mm.

Chọn đường ống dẫn

Với lưu lượng khí $q_{kk} = 3,55 \text{ m}^3/\text{phút} = 0,059 \text{ m}^3/\text{s}$ và vận tốc khí trong ống $v_{kk} = 10 - 15 \text{ m/s}$ có thể chọn đường kính ống chính D = 100mm.

Tính lại vận tốc khí trong ống chính

$$v_c = \frac{q_{kk}}{D^2 \times \frac{\pi}{4}} = \frac{0,059 \text{ m}^3 / \text{s}}{0,08^2 \times \frac{\pi}{4}} = 11,74 \text{ m/s} \Rightarrow \text{thoả mãn } v_{kk} = 10 - 15 \text{ m/s}.$$

Đối với ống nhánh có lưu lượng $q_{nh} = \frac{59L/s}{10} = 6 \text{ L/s} = 0,006 \text{ m}^3/\text{s}$ và chọn đường kính ống nhánh

$d_{nh} = 55 \text{ mm}$ ứng với vận tốc ống nhánh:

$$v_n = \frac{q_{nh}}{D^2 \times \frac{\pi}{4}} = \frac{0,006 \text{ m}^3 / \text{s}}{0,025^2 \times \frac{\pi}{4}} = 12,2 \text{ m/s} \Rightarrow \text{thoả mãn } (v_{kk} = 10 - 15 \text{ m/s}).$$

Áp lực và công suất của hệ thống nén khí

Áp lực cần thiết cho hệ thống nén khí xác định theo công thức:

$$H_{tc} = h_d + h_c + h_f + H$$

Trong đó:

h_d : Tổn thất áp lực do ma sát dọc theo chiều dài trên đường ống dẫn

h_c : Tổn thất áp lực cục bộ, h_c thường không vượt quá 0,4m

h_f : Tổn thất qua thiết bị phân phối, h_f không vượt quá 0,5m

H: Chiều cao hữu ích của bể điều hoà, H = 4 m

Do đó áp lực cần thiết là:

$$H_{tt} = 0,4 + 0,5 + 4 = 4,9 \text{ m} \Rightarrow \text{Tổng tổn thất là } 4,9 \text{ m cột nước}$$

Áp lực không khí sẽ là:

$$P = \frac{10,33 + H_{tt}}{10,33} = \frac{10,33 + 4,9}{10,33} = 1,474 \text{ at}$$

Công suất máy thổi khí tính theo công thức sau:

$$N = \frac{34400x(P^{0,29} - 1) \times k \times q_{kk}}{102 \times \eta} = \frac{34400 \times (1,474^{0,29} - 1) \times 2 \times 0,006}{102 \times 0,8} = 6,12 \text{ kW}$$

Trong đó:

q_{kk} : Lưu lượng không khí, $q_{kk} = 0,006 \text{ m}^3/\text{s}$

n: Hiệu suất máy thổi khí, $n = 0,7 - 0,9$, chọn $n = 0,8$

k: Hệ số an toàn khi sử dụng trong thiết kế thực tế, chọn $k = 2$.

Chọn 2 máy thổi khí công suất 6,12kW (1 hoạt động, 1 dự phòng)

Tính toán các ống dẫn nước ra khỏi bể điều hòa

Nước thải được bơm sang mương oxy hóa, lưu lượng nước thải 41,67 m³/h, với vận tốc nước chảy trong ống là $v = 2\text{m/s}$, đường kính ống ra:

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 41,67}{\pi \times 2 \times 3600}} = 0,062\text{m}$$

⇒ Chọn ống thép có đường kính $\Phi 70\text{mm}$.

Chọn máy bơm nước từ bể điều hòa sang bể lọc

Các thông số tính toán bơm

Lưu lượng mỗi bơm $Q_{TB} = 1000 \text{ m}^3/\text{ngày} = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$

Sử dụng hai bơm hoạt động luân phiên để bơm nước thải từ bể điều hòa lên bể keo tụ. Thiết bị đi kèm với bơm gồm: đường ống dẫn nước chiều dài ống $L = 10\text{m}$, một van, ba co 90°, một tê.

Công suất của bơm:
$$N = \frac{\rho Q_h^{TB} gH}{1000\eta}$$

Trong đó:

ρ : Khối lượng riêng chất lỏng $\rho = 1000\text{kg/m}^3$.

Q_h^{TB} : Là lưu lượng trung bình giờ nước thải $Q_h^{TB} = 41,67\text{m}^3 / \text{h}$.

H : Là chiều cao cột áp (tổng thất áp lực) m.

G : Gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ m/s}^2$.

η : Là hiệu suất máy bơm $\eta = 0.73-0.93$ chọn $\eta = 0.75$.

Xác định chiều cao cột áp của bơm theo định luật Bernulli:

$$H = H_h + \sum h = H_h + H_t + H_d + H_{cb}$$

Trong đó:

H_h : Cột áp để khắc phục chiều cao dâng hình học.

H_t : Tổng thất áp lực giữa hai đầu đoạn ống hút và ống đẩy.

H_d : Tổng thất áp lực dọc đường.

H_{cb} : Tổng thất áp lực cục bộ.

Xác định cột áp để khắc phục chiều cao dâng hình học:

$$H_h = Z_1 - Z_2 = 4,5\text{m}.$$

Trong đó:

Z_1 : Chiều cao đầy (độ cao bể điều hòa) $Z_1 = 4,5\text{m}$.

Z_2 : Chiều cao hút, $Z_2 = 0\text{m}$

Xác định tổn thất áp lực giữa hai đầu đoạn ống hút và ống đẩy:

$$H_t = \frac{P_2 - P_1}{\rho \times g}$$

Trong đó:

P_1, P_2 : Áp suất ở hai đầu đoạn ống $P_1 = P_2$.

ρ : Khối lượng riêng của nước thải

Suy ra $H_t = 0$.

Xác định tổn thất áp lực dọc đường: $H_d = iL$

Tổn thất theo đơn vị chiều dài. Với $Q = 11,57$ l/s và đường kính ống $D = 200$ mm tra bảng tra thủy lực đối với ống thép ta được vận tốc trong ống $v = 1,14$ m/s, $1000i = 23,5$.

$$\text{Tổn thất cục bộ: } H_{cb} = \sum \xi \frac{v^2}{2g}$$

Tổn thất qua van $\zeta = 1,7$, có 1 van

Tổn thất qua co 90° $\zeta = 0,5$, có 3 co

Tổn thất qua tê $\zeta = 0,6$, có 1 tê.

V : Vận tốc nước chảy trong ống, $V = 0,5$ m/s.

$$H = 4,5 + \frac{23,5}{1000} \times 10 + (1 \times 1,7 + 0,5 \times 3 + 1 \times 0,6) \times \frac{1,14^2}{2 \times 9,81} = 4,94\text{m.}$$

$$N = \frac{\rho Q_s^{TB} gH}{1000\eta} = \frac{1000 \times 0,012 \times 9,81 \times 4,94}{1000 \times 0,75} = 2,7\text{Kw}$$

Chọn bơm nước thải bể điều hòa

Chọn bơm chìm, được thiết kế 2 bơm có công suất như nhau (3Kw). Trong đó 01 bơm đủ để hoạt động với công suất tối đa của hệ thống xử lý, bơm còn lại là dự phòng.

Các bơm tự động luân phiên nhau theo chế độ cài đặt nhằm đảm bảo tuổi thọ lâu bền.

Bảng 5.10 Tổng hợp tính toán bể điều hoà, (Phụ lục 1).

Hiệu quả xử lý

Hàm lượng SS, BOD, COD của nước thải sau khi qua bể điều hòa giảm 5% (Diệu,2008).

Hàm lượng SS, BOD₅, COD còn lại trong nước sau khi đi qua mương lắng cát:

$$SS = 142,5 \times 95\% = 135,4 \text{ (mg/l).}$$

$$BOD_5 = 500 \times 95\% = 475 \text{ (mg/l)}$$

$$COD = 800 \times 95\% = 760 \text{ (mg/l)}$$

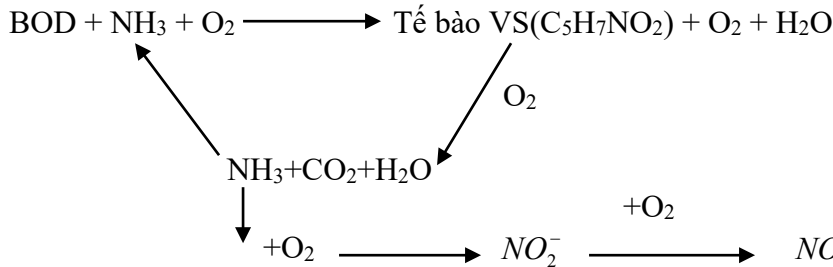
5.2.5 Bể lọc sinh học

5.2.5.1 Nhiệm vụ

Bể lọc sinh học có nhiệm vụ khử phần lớn lượng COD, BOD, SS, hợp chất của Nitơ.

5.2.5.2 Tính toán

Sơ đồ khử BOD của tế bào vi sinh:



Trong lớp VL lọc BOD bị khử và chuyển hoá NH_4 , NO_3^-

Khi tồn thất trong lớp VL lọc = 0,5 m => đóng van và xả cặn (30-40 giây)

Cường độ rửa lọc: 12-14 l/s.m².

Trước tiên, tính số bậc lọc cần thiết n với điều kiện bể lọc đợt 1, đợt 2...đợt n có cấu tạo giống nhau, có các chỉ tiêu làm việc như nhau tức $K_1=K_2=\dots=K_n$.

Hiệu quả làm sạch yêu cầu:

$$K = \frac{S_0}{S} = \frac{451}{40} = 11,3$$

- S_0 : Nồng độ BOD₅ đầu vào, $S_0 = 451$ mg/l

- S : Nồng độ BOD₅ đầu ra bể lọc sinh học, $S=40$ mg/l.

+ BOD₅ = 451 mg/l

+ Tốc độ lọc ≤ 3 m/h.

+ $d_{\text{hạt}} = 2-5$ mm.

+ Hiệu quả làm sạch theo BOD qua bể lọc đợt 1:

$$K_1 = \frac{S_0}{S_1} = 10^{\alpha F + \beta}$$

Với:

F: chuẩn số : $F = H \cdot B^{0,6} \cdot K_T / q^{0,4}$

α, β : phụ thuộc vào qđvị của KK, vào F

Trong đó:

$$K_T = 0,2 \times 1,047^{T-20} = 0,2$$

T (°C): nhiệt độ nước thải, $t=20^\circ\text{C}$

H: chiều cao lớp VL lọc, Chọn $H_{VL}=2$ m

B: lưu lượng đơn vị của KK: 8 –12 (m³ KK / 1 m³ nước thải), chọn $B=10$ m³KK/m³nước thải

q: tải trọng thủy lực (20-80 m³/m².ng). Chọn q=50 m³/m².ng.

$$F = \frac{H.B^{0.6}.K_T}{q^{0.4}} = \frac{2 \times 10^{0.6} \times 0,2}{50^{0.4}} = 0,33 < 0,85$$

α, β: Phụ thuộc vào q_{đơn vị} của không khí và chuẩn số F. Chọn α = 1.2, β = 0,13

B	F	α	β
8	≤ 0.662	1.51	0
	≥ 0.662	0.47	0.69
10	≤ 0.85	1.2	0.13
	≥ 0.85	0.4	0.83
12	≤ 1.06	1.1	0.19
	≥ 1.06	0.2	1.15

$$K_1 = \frac{S_0}{S_1} = 10^{\alpha F + \beta} = 10^{1,2 \times 0,33 + 0,13} = 3,36$$

$$K = K_i^n \Rightarrow 11,3 = (3,36)^n \Rightarrow n=2$$

Vậy lọc qua 2 đợt nối tiếp.

$$K_1=3,36 \Rightarrow S_1 = \frac{S_0}{10^{\alpha F + \beta}} = \frac{451}{3,36} = 134,2 \text{ mg / l}$$

Trong đó:

_S₀: Nồng độ BOD₅ đầu vào, S₀=451mg/l

_S₁: Nồng độ BOD₅ đầu ra bể lọc sinh học 1.

❖ **Thể tích bể lọc sinh học :**

$$W = \frac{(S_0 - S_1) \times Q_{tb}^{ngày}}{NO}$$

Trong đó:

-S₀: Nồng độ BOD₅ đầu vào, S₀=451mg/l

-S₁: Nồng độ BOD₅ đầu ra bể lọc sinh học, S₁=134,2mg/l

-NO: Năng lực oxy hóa của bể lọc, NO=550gO₂/m³.ngàyđêm, (Xử lý nước thải đô thị và công nghiệp – Lâm Minh Triết).

$$W = \frac{(S_0 - S_1) \times Q_{tb}^{ngày}}{NO} = \frac{(451 - 134,2) \times 1000}{550} = 576 \text{ m}^3$$

❖ **Chiều cao bể lọc:**

- Chiều cao phân đáy h₁ = 0.5 m

- Chiều cao lớp vật liệu H_{v1} = 2 m

- Chiều cao dành cho vật liệu dẫn nở h₂ = 1 m

- Chiều cao phần chứa nước rửa h₃ = 1 m

- Chiều cao bảo vệ h_{bv} = 0.5 m

Chiều cao hữu ích : H = 2 + 0,5 + 1 + 1 = 4,5 m

=> Tổng chiều cao bể lọc: H_{xd} = H_{v1} + h₁ + h₂ + h₃ + h_{bv} = 2 + 0.5 + 1 + 1 + 0.5 = 5 m

❖ **Diện tích hữu ích của bể lọc sinh học:**

$$F = \frac{W}{H \times n} = \frac{576}{4,5} = 128m^2$$

Trong đó:

- H : Chiều cao hữu ích của bể lọc
- n : Số ngăn của bể lọc sinh học. Chọn n = 1.

Chọn chiều dài của bể D = 12,8m, chiều rộng R = 10m

❖ **Lượng khí cần thiết:**

- **Lưu lượng không khí cần cung cấp:**

$$L_k = B \times Q_{\max}^h = 10 \times 75 = 750m^3 / h$$

Trong đó :

B: Lưu lượng đơn vị của không khí: 8 –12 (m³ không khí /m³ nước thải). Chọn B = 10 (m³ không khí /m³ nước thải).

Q_{\max}^h : lưu lượng giờ lớn nhất, $Q_{\max}^h = 75m^3/h$.

Chọn hệ thống cung cấp khí bằng ống thép, phân phối khí bằng đĩa sục khí, được phân bố dọc theo chiều dài bể cách nhau 1 m. Như vậy có tất cả 12 ống.

- **Lưu lượng khí trong mỗi ống:**

$$q_{\text{ống}} = \frac{L_{\text{khí}}}{v_{\text{khí}}} = \frac{750}{10} = 75m^3 / h$$

Trong đó: v_t : Vận tốc khí trong ống, trong khoảng 10 – 15 m/s. Chọn $v_{\text{ống}} = 10$ m/s.

❖ **Đường kính ống chính:**

$$D_{\text{ống}} = \sqrt{\frac{4 \times L_{\text{khí}}}{\pi \times v_{\text{ống}} \times 3600}} = \sqrt{\frac{4.750}{\pi.10.3600}} = 0,163m = 163mm$$

Chọn ống chính $D_{\text{ống}} = \phi 170$ mm.

❖ **Đường kính ống nhánh:**

$$d_{\text{ống}} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{\text{ống}}}{\pi \times v_{\text{ống}} \times 3600}} = \sqrt{\frac{4 \times 75}{\pi.10.3600}} = 0,052m = 52mm$$

Chọn ống phân phối khí có đường kính $d_{\text{ống}} = \phi 60$ mm.

❖ **Chọn dạng đĩa xốp:**

Đường kính : d = 300 mm

Diện tích bề mặt : f = 0.07 m²

Cường độ khí 200 l/phút.đĩa = 3.33 l/s.

❖ **Số lượng đĩa phân phối trong bể :**

$$\mathbb{D} = \frac{L_k}{3,33} = \frac{750 \times 1000}{3,33 \times 3600} = 60$$

=> Số lượng đĩa: chọn $\mathbb{D} = 60$ đĩa

❖ **Bố trí hệ thống sục khí:** Chiều rộng : B = 10 m

Chiều dài : $L = 12 \text{ m}$

Số lượng đĩa 62 đĩa chia làm 12 hàng, mỗi hàng 5 đĩa được phân bố đều cách sàn 0.75 m.

❖ **Xác định công suất thổi khí:**

$$W = \frac{34400 \times (p^{0,29} - 1) \times L_{khí}}{102 \times n}$$

Trong đó:

$L_{khí}$: Lưu lượng khí cần cung cấp. $L_{khí} = 0.23 \text{ (m}^3/\text{s)}$

n: Hiệu suất máy bơm: Chọn $n = 75\%$

p: Áp lực của không khí nén.

$$p = \frac{10,33 + H_d}{10,33} = \frac{10,33 + 5,4}{10,33} = 1,52(\text{atm})$$

Trong đó: $H_d = h_d + h_c + h_f + H$

h_d : Tổn thất do ma sát

h_c : Tổn thất cục bộ ống $h_d + h_c \leq 0.4 \Rightarrow$ Chọn $h_d + h_c = 0.4$

h_f : Tổn thất qua thiết bị phân phối khí. $h_f \leq 0.5 \Rightarrow$ Chọn $h_f = 0.5$

H: Chiều cao hữu ích của bể, $H = 4.5 \text{ m}$

$\Rightarrow H_d = 0.4 + 0.5 + 4.5 = 5.4 \text{ m}$

Vậy công suất thổi khí là:

$$W = \frac{34400 \times (p^{0,29} - 1) \times L_{khí}}{102 \times n} = \frac{34400 \times (1,52^{0,29} - 1) \times 0,23}{102 \times 0,75} = 13,35 \text{ kW / h}$$

❖ **Công suất thực của máy thổi khí:**

$$N_{tt} = 1.2 \times W = 1.2 \times 13.35 = 16 \text{ KW/h}$$

Vậy chọn 3 máy thổi khí có công suất 18 KW / h. Ba máy chạy luân phiên nhau cung cấp khí cho bể điều hòa và bể lọc sinh học.

Bảng 5.11 Tổng hợp tính toán bể lọc sinh học, (Phụ lục 1).

Nếu muốn khử BOD, NO_3^- , và P nên lọc từ 2 bậc trở lên, và ở bậc lọc cuối, dàn phân phối khí phải đặt vào giữa lớp vật liệu lọc ở cao độ sao cho lớp vật liệu lọc nằm dưới dàn phân phối khí có đủ thể tích là vùng thiếu khí (Anoxic) để khử NO_3^- , và P. Độ chênh lệch mực nước giữa các bể lọc làm việc nối tiếp $\Delta H = 0,5 \text{ m}$ (Nguồn Tính toán thiết kế các công trình xử lý nước thải-Trịnh Xuân Lai).

Thể tích vùng Anoxic khử NO_3^- :

$$V = \frac{n(NO_3^-)Q}{\rho_{DN} \cdot X} \text{ (m}^3\text{)}$$

Trong đó: Q : Lưu lượng cần xử lý ($\text{m}^3/\text{ngày đêm}$)

n : Tỷ lệ khử NO_x thành khí N_2 , bằng 95%

ρ_{DN} : Tốc độ khử NO_3^- thành N_2 ($\text{mg } NO_3^- / \text{mg}$ bùn hoạt tính, bằng 0,1

X : Nồng độ bùn hoạt tính (mg/l), bằng 3500 mg/l .

$$V = \frac{n(NO_3^-)Q}{\rho_{DN} \cdot X} = \frac{0,95 \times 80 \times 1000}{0,1 \times 3500} = (217m^3)$$

Ta có diện tích bể lọc là: $F = 288 (m^2)$

Vậy chiều cao của vùng Anoxic (cũng là chiều cao đặt dàn phân phối khí) là:

$$H = \frac{217}{288} = 0,75m$$

Hiệu quả xử lý :

$$BOD_5 = 475 \times (100-95)\% = 24 (mg/l)$$

$$COD = 760 \times (100-95)\% = 38 (mg/l)$$

$$NH_3 = 45 \times (100-90)\% = 4,5 (mg/l)$$

$$TN = 60 \times (100-80)\% = 12 (mg/l)$$

$$\text{Phốt pho: } 14 \times (100-75)\% = 3,5 (mg/l).$$

5.2.6 BỂ LẮNG

5.2.6.1 Nhiệm vụ

Tách các hạt cặn ra khỏi nước bằng trọng lực.

5.2.6.2 Tính toán

Bảng 5.12 Các thông số cơ bản thiết kế cho bể lắng, (phụ lục 1).

(Nguồn: *Tính toán thiết kế các công trình XLNT, TS. Trịnh Xuân Lai*)

Diện tích mặt thoáng của bể lắng ly tâm được tính theo công thức:

$$A = \frac{Q_{tb}^h}{L_A} = \frac{41,67(m^3/h) \times 24(h/ngày)}{20(m^3/m^2.ngày)} = 50m^2$$

Trong đó:

Q_{tb}^h : Lưu lượng giờ trung bình, $Q_{tb}^h = 41,67 (m^3/h)$.

L_A : Tải trọng bề mặt, chọn $L_A = 20 (m^3/m^2.ngày)$

Bán kính bể lắng ly tâm:

$$R = \sqrt{\frac{Q}{3,6 \times \pi \times K \times U_0}} = \sqrt{\frac{41,67}{3,6 \times 3,14 \times 0,35 \times 0,66}} = 4 m \Rightarrow D = 8m \text{ (thỏa } D = 4-9 m, \text{ TCXDVN 51-2008)}$$

Trong đó :

K : Hệ số phụ thuộc loại bể lắng và cấu tạo của thiết bị phân phối và thu nước, bằng 0,35.

U_0 : Độ lớn thủy lực của hạt cặn, bằng 0,66 mm/s.

Đường kính ống trung tâm:

$$d = 20\%.D = 20\% \times 8 = 1,6 m$$

Chọn chiều sâu hữu ích của bể lắng $H = 3,5m$ ($H = 2,7-3,8m$), chiều cao lớp bùn lắng $h_{bl}=0,5m$, chiều cao hố thu bùn $h_t=0,3m$, chiều cao lớp trung hoà $h_{th}=0,2m$, chiều cao bảo vệ $h_{bv}=0,3m$.

Vậy chiều cao tổng cộng của bể lắng là

$$H_{tc} = H + h_{bl} + h_t + h_{th} + h_{bv} = 3,5 + 0,5 + 0,3 + 0,2 + 0,3 = 4,8 \text{ m}$$

Chiều cao ống trung tâm

$$h = 60\%H = 60\% \times 3,5 = 2,1 \text{ m}$$

Kiểm tra thời gian lưu nước của bể lắng

Thể tích bể lắng

$$W = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot H = \frac{\pi}{4} (8^2 - 1,6^2) \times 3,5 = 169 (m^3)$$

Thời gian lưu nước

$$t = \frac{W}{Q_{tb}^h} = \frac{169 m^3}{75 m^3 / h} = 2,25 h \in (1,5 \div 2,5) \Rightarrow \text{thoả mãn}$$

Thể tích thực của bể

$$W_t = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot H = \frac{\pi}{4} (8^2 - 1,6^2) \times 4,8 = 230 (m^3)$$

Máng thu nước

Vận tốc nước chảy trong máng: chọn $v = 0,6 \text{ m/s}$.

Diện tích mặt cắt ướt của máng

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{1000 m^3 / ngày}{0,6 (m/s) \times 86400 s / ngày} = 0,02 m^2 = 20000 mm^2$$

$$\Rightarrow (\text{cao} \times \text{rộng}) = (100 mm \times 200 mm) / \text{máng}$$

Để đảm bảo không quá tải trong máng chọn kích thước máng: cao x rộng = (200mm x 300mm).

Máng bê tông cốt thép dày 100mm, có lắp thêm máng răng cưa thép tấm không gỉ.

Máng răng cưa

Đường kính máng răng cưa được tính theo công thức

$$D_{rc} = D - (0,2 + 0,1 + 0,003) \times 2 = 5,6 - 2 \times 0,303 = 5 \text{ m}$$

Trong đó:

D: Đường kính trong bể lắng, $D = 5,6 \text{ m}$

0,2: Bề rộng máng tràn = 200mm = 0,2m

0,1: Bề rộng thành bê tông = 100mm = 0,1m.

0,003: Tấm đệm giữa máng răng cưa và máng bê tông = 3mm

Máng răng cưa được thiết kế có 4 khe/m dài, khe tạo góc 90°

Như vậy tổng số khe dọc theo máng bê tông là: $5 \times \pi \times 4 = 63 \text{ khe}$

Lưu lượng nước chảy qua mỗi khe:

$$Q_{\text{khe}} = \frac{Q}{\text{sokhe}} = \frac{1000}{63 \times 86400} = 1,84 \times 10^{-4} (m^3 / s)$$

Mặt khác ta lại có:

$$Q_{\text{khe}} = \frac{8}{15} \cdot C_d \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{\frac{5}{2}} \cdot \text{tg} \frac{\theta}{2} = 1,42 H^{\frac{5}{2}} = 1,84 \times 10^{-4} (m^3 / s)$$

Trong đó:

- C_d : Hệ số lưu lượng, $C_d = 0,6$
- g : Gia tốc trọng trường (m/s^2).
- θ : Góc của khía chữ V, $\theta = 90^\circ$
- H : Mực nước qua khe (m)

Giải phương trình trên ta được:

$$5/2 \cdot \ln H = \ln(1,84 \cdot 10^{-4}) \Rightarrow \ln H = -3,442 \Rightarrow H = e^{-3,442} = 0,032$$

$$H = 0,032m = 32 \text{ mm} < 50 \text{ mm chiều sâu của khe} \Rightarrow \text{đạt yêu cầu}$$

Tải trọng thu nước trên 1m dài thành tràn:

$$q = \frac{Q}{2\pi D_{rc}} = \frac{1000(m^3 / \text{ngày})}{2 \times \pi \times 5} = 32m^3 / m.\text{ngày} < 248m^3 / m.\text{ngày} \text{ (Tải trọng máng tràn)}$$

Lượng bùn sinh ra mỗi ngày

$$W_{\text{tươi}} = \frac{Q(C_1 - C_2)}{1000}$$

Trong đó:

- C_2 : Hàm lượng cặn đi ra khỏi bể lắng, $C_2 = 50\text{mg/l}$
- C_1 : Hàm lượng cặn trong nước đi vào bể lắng.

$$C_1 = C_0 + k \cdot a_p + 0,25M$$
- C_0 : Hàm lượng cặn trong nước đi vào bể lắng, $C_0 = 142,5 \text{ mg/l}$
- a_p : Hàm lượng phèn, $a_p = 20\text{mg/l}$
- k : Hệ số tạo cặn từ phèn, đối với phèn nhôm kỹ thuật, $k = 1$.
- M : Độ màu của nước, $M = 350$

$$\rightarrow C_1 = 142,5 + 1 \times 20 + 0,25 \times 350 = 250\text{mg/l}$$

$$\text{Vậy: } W_{\text{tươi}} = \frac{1000(250 - 50)}{1000} = 200 \text{ kg bùn/ngày.}$$

Giả sử nước thải có hàm lượng cặn 5% (độ ẩm 95%), tỷ số VSS : SS = 0,8 và khối lượng riêng của bùn tươi = 1,082kg/l. Vậy lưu lượng bùn tươi cần phải xử lý là:

$$Q_{\text{tươi}} = \frac{200 \text{ kg/ngày}}{0,05 \times 1,082 \text{ kg/l}} \times \frac{1}{1000} = 3,7 \text{ m}^3 / \text{ngày}$$

Lượng bùn tươi có khả năng phân huỷ sinh học:

$$M_{\text{tươi (VSS)}} = 200 \text{ kgSS/ngày} \times 0,8 = 160 \text{ kg VSS/ngày.}$$

Bùn dư từ quá trình sinh học được đưa về bể nén bùn.

Tính toán ống dẫn nước thải ra khỏi bể lắng

Chọn vận tốc nước thải chảy trong ống $v = 1 \text{ m/s}$ ($v \leq 2 \text{ m/s}$)

Lưu lượng nước thải: $Q = 41,67 \text{ m}^3/\text{ngày}$.

Đường kính ống là:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{3600 \times v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 41,67}{3600 \times 1 \times \pi}} = 0,12 \text{ m} = 120 \text{ mm}$$

Chọn ống nhựa uPVC có đường kính $\Phi = 120 \text{ mm}$

Tính toán đường ống dẫn bùn

Lưu lượng bùn thải: $Q = 3,7 \text{ m}^3/\text{ngày}$.

Bơm bùn hoạt động 4 giờ/ngày

Đường kính ống là:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{3600 \times v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 3,7}{3600 \times 0,1 \times \pi}} = 0,114 \text{ m} = 114 \text{ mm} \quad (v = 0,1 \text{ m/s}).$$

Chọn ống nhựa uPVC có đường kính $\Phi = 120 \text{ mm}$

Chọn bơm bùn tươi từ bể lắng tới bể chứa bùn

Lưu lượng bùn thải: $Q = 3,7 \text{ m}^3/\text{ngày} = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$.

Công suất bơm

$$N = \frac{Q \rho g H}{1000 \eta} = \frac{0,015 \times 1000 \times 9,81 \times 10}{1000 \times 0,8} = 2 \text{ kW} \quad \text{Trong đó:}$$

η : Hiệu suất chung của bơm từ 0,72 – 0,93, chọn $\eta = 0,8$

ρ : Khối lượng riêng của nước 1000 kg/m^3

Chọn bơm bùn được thiết kế 1 bơm có công suất 2 kW.

Thiết bị cào bùn bể lắng

Loại cầu trung tâm. Hoạt động với vận tốc chậm, gom bùn lắng ở đáy bể về hố gom bùn. Từ đây, bùn được bơm hút đi. Chế độ vận hành 24/24.

Tính toán đường ống dẫn bùn tuần hoàn

Lưu lượng bùn tuần hoàn $Q_t = 1000 \text{ m}^3/\text{ng.đ} = 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$.

Chọn vận tốc bùn trong ống $v = 0,7 \text{ m/s}$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{v\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,021}{0,7 \times \pi}} = 0,20\text{m} = 200 \text{ mm}$$

Chọn ống uPVC có đường kính là 200 mm.

Hàm lượng SS còn lại trong nước sau khi đi qua bể lắng:

$$SS = 135,4 \times (100-70)\% = 40 \text{ (mg/l)}.$$

Bảng 5.13 Tổng hợp tính toán bể lắng, (Phụ lục 1).

Nước thải sau khi ra khỏi bể lắng thì tự chảy vào 1 bể chứa (3m x 1,8m), sau đó cho từ bể chứa được bơm vào 2 bể lọc áp lực. Đường kính nước thải đi vào bể chứa là 200mm, đường kính ra khỏi bể chứa là 100mm.

5.2.7 Bể lọc áp lực

5.2.7.1 Mục đích

Lọc áp lực thích hợp cho lọc sơ bộ nước sông và lọc nước ngầm cấp cho công nghiệp. Lọc áp lực cũng rất phù hợp cho lọc nước tuần hoàn bể bơi.

Bể lọc áp lực được sử dụng cuối dây chuyền xử lý nước thải.

❖ Cấu tạo

Bể lọc áp lực là một loại bể lọc khép kín, thường được chế tạo bằng thép có dạng hình trụ đứng và hình trụ ngang.

❖ Nguyên tắc hoạt động

Nước đưa vào bể qua 1 phễu bố trí ở đỉnh bể, qua lớp cát lọc, lớp đỡ vào hệ thống thu nước trong, đi vào đáy bể và vào nguồn tiếp nhận.

Khi rửa bể, nước từ đường ống áp lực chảy ngược từ dưới lên trên qua lớp cát lọc và vào phễu thu, chảy theo ống thoát nước rửa xuống ống thu nước rửa lọc.

5.2.7.2 Tính toán

Lưu lượng thiết kế: $Q_{tb} = 41,67 \text{ m}^3/\text{h}$

Chọn chiều cao vật liệu $H_{vl} = 0,9 \text{ m}$ và đường kính hiệu quả $d_e = 0,5\text{mm}$, $U = 1,6$

Tốc độ lọc $v = 9 \text{ (m/h)}$ và số bể lọc $n = 2$

Diện tích bề mặt vật liệu lọc

$$F = \frac{Q}{V} = \frac{41,67}{9} = 4,63(m^2)$$

Đường kính bể lọc

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{F}{n_{hd}}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{4,63}{2}} = 1,72(m)$$

Khoảng cách từ bề mặt vật liệu lọc đến miệng phễu thu nước rửa

$$h = H_{vl} \times e + 0,25 = 0,9 \times 0,5 + 0,35 = 0,8 (m)$$

Trong đó:

- H_{vl} : chiều cao lớp vật liệu lọc
- e : độ giãn nở của lớp vật liệu lọc khi rửa ngược, $e = 0,25-0,5$

Chiều cao thu nước của bể $h_{thu} = 0,8$ m

Chiều cao bảo vệ $h_{bv} = 0,4$ m

Chiều cao vật liệu lọc $H_{vl}=0,9$ m

Chiều cao chóp bể lọc $h_{ch} = 0,2$ m

Chiều cao chân bể $h_c = 0,4$ m

Chiều cao tổng cộng của bể lọc áp lực:

$$H = h + H_{vl} + h_{bv} + h_{thu} + h_{ch} + h_c = 0,80 + 0,9 + 0,4 + 0,8 + 0,2 + 0,4 = 3,5 (m)$$

Bể lọc sau một thời gian hoạt động cần được rửa ngược bằng khí và nước.

Tốc độ nước rửa ngược $v_{nước} = 0,35 (m^3/m^2.phút.bể)$

Thời gian rửa ngược là 10 phút

Thời gian rửa khí là 7 phút ứng với tốc độ khí là $1 (m^3/phút.bể)$

Bảng 5.14 Thông số thiết kế bể lọc áp lực, (Phụ lục 1).

5.2.8 Bể khử trùng

5.2.8.1 Nhiệm vụ

Sau các giai đoạn xử lý cơ học, sinh học song song với việc làm giảm nồng độ các chất ô nhiễm đạt tiêu chuẩn qui định thì số lượng vi trùng cũng giảm đáng kể đến 90 – 95%. Tuy nhiên, lượng vi trùng vẫn còn cao và theo nguyên tắc bảo vệ vệ sinh nguồn nước là cần thực hiện giai đoạn khử trùng nước thải.

5.2.8.2 Tính toán

Nước thải sau khi qua bể lọc áp lực sẽ được đưa đến bể tiếp xúc khử trùng bằng Clo dạng dung dịch NaOCl 10%. Bể tiếp xúc được thiết kế với dòng chảy zig zắc qua từng ngăn để tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình tiếp xúc giữa clo và nước thải.

Xem như hiệu quả khử trùng của quá trình xử lý sinh học không đáng kể, liều lượng clo cho vào có thể tính theo công thức sau:

$$\frac{N_t}{N_o} = (1 + 0,23C_t.t)^{-3}$$

Trong đó:

N_t : Số vi khuẩn coliform sau thời gian tiếp xúc t , $N_t = 3000\text{MPN}/100\text{ml}$

N_o : Số vi khuẩn coliform ban đầu, $N_o = 10000\text{MPN}/100\text{ml}$

C_t : Lượng chlorine yêu cầu, mg/l

t : Thời gian tiếp xúc, phút

Phương trình trên có thể viết lại như sau:

$$C_t.t = \frac{1}{0,23} \left[\left(\frac{N_t}{N_o} \right)^{-\frac{1}{3}} - 1 \right] = \frac{1}{0,23} \left[\left(\frac{3000}{10000} \right)^{-\frac{1}{3}} - 1 \right] = 2,15$$

Chọn thời gian tiếp xúc $t = 30$ phút. Vậy $C_t = 0,072$ mg chlorine/L.

Do một lượng clo sẽ mất đi do oxy hoá các chất khử như chất hữu cơ còn lại trong nước thải, vì vậy lượng clo cho vào có thể lấy $C = 2\text{mg/l}$.

Tính kích thước bể

Thể tích bể tiếp xúc:

$$W = Q.t = \frac{41,67\text{m}^3/h}{60\text{ph}/h} \times 30\text{ph} = 20,8\text{m}^3. \text{ Chọn } W = 21\text{m}^3$$

Trong đó:

Q : Lưu lượng nước thải đưa vào bể tiếp xúc, $Q = 41,67 \text{ m}^3/\text{h}$

t : Thời gian tiếp xúc, $t = 30$ phút (Nguồn: Điều 8.28.5 TCXDVN 7957 – 2008)

Chọn chiều sâu lớp nước trong bể $H = 1,0\text{m}$. Diện tích mặt thoáng của bể tiếp xúc khi đó sẽ là:

$$F = \frac{W}{H} = \frac{21\text{m}^3}{1\text{m}} = 21 \text{ m}^2$$

Chiều cao xây dựng bể tiếp xúc: $H_{xd} = H + h_{bv} = 1,0 + 0,3 = 1,3\text{m}$

Chọn bể tiếp xúc gồm 5 ngăn, diện tích mỗi ngăn: $f = \frac{F}{5} = \frac{21}{5} = 4,2\text{m}^2$

Kích thước mỗi ngăn: $1,4\text{m} \times 3 \text{ m}$

Tổng chiều dài bể: $1,4 \times 5 = 7 \text{ m}$

Thể tích thực của bể tiếp xúc:

$$W_t = 3 \times 7 \times 1,3 = 27,3 \text{ m}^3$$

Tính ống dẫn nước thải ra:

Chọn vận tốc nước thải chảy trong ống: $v = 0,7\text{m/s}$

Đường kính ống dẫn:

$$D = \sqrt{\frac{4.Q}{v.\pi}} = \sqrt{\frac{4.Q}{v.\pi}} = \sqrt{\frac{4.1000}{86400.0,7.3,14}} = 0,150\text{m} = 150\text{mm}$$

Chọn ống nhựa uPVC đường kính ống $\Phi = 150\text{mm}$.

Tính toán hoá chất:

Lượng clo tiêu thụ trong một ngày:

$$M_{\text{clo}} = Q.C = 1000(\text{m}^3/\text{ngày}) \times 2 (\text{mg/l}) / 1000 = 2\text{kg}/\text{ngày}$$

Bảng 5.15 Tổng hợp tính toán bể khử trùng, (Phụ lục 1).

5.2.9 Bể nén bùn**5.2.9.1 Nhiệm vụ**

Tại đây bùn dư từ bể thu bùn được nén bằng trọng lực nhằm giảm thể tích bùn. Bùn hoạt tính ở bể lắng có độ ẩm cao $99 \div 99,3\%$, vì vậy cần phải thực hiện nén bùn ở bể nén bùn để giảm độ ẩm còn khoảng $95 \div 97\%$.

5.2.9.2. Tính toán

Bùn đưa vào bể nén bùn chính là lượng bùn dư sinh ra từ bể lắng.

Thể tích bùn đưa vào bể chứa mỗi ngày : $3,7(\text{m}^3)$

Do hợp khối công trình nên ta có

Kích thước bể nén bùn : $L \times B \times H = 3,0 \times 3,0 \times 4,0 (\text{m})$

Thời gian lưu bùn : $(3,0 \times 3,0 \times 4,0)/3,7 = 9,7 (\text{h})$

Toàn bộ lượng bùn sẽ được bơm bùn trực vít đưa vào máy ép bùn.

Tỉ trọng bùn : $d = 1,082 \text{ tấn}/\text{m}^3$

Lượng bùn khô mỗi ngày : $0,02 \times 3,7 \times 1,082 = 0,08(\text{tấn}) = 80 (\text{kg})$

Máy ép bùn hoạt động : $8\text{h}/\text{ngày}$

Lượng bùn đưa vào máy mỗi giờ : $80/8 = 10 (\text{kg}/\text{h})$

Lượng polymer sử dụng : $5 (\text{kg}/\text{tấn bùn})$

Lượng polymer mỗi giờ sử dụng : $10 \times 5/1000 = 0,05 (\text{kg}/\text{h})$

Lượng polymer mỗi ngày sử dụng : $0,05 \times 8 = 0,4 (\text{kg}/\text{ngày})$

Nồng độ polymer sử dụng : $0,1\%$. Lượng nước sạch sử dụng
 $0,4 \times 99,9/0,1 = 399,6 (\text{l}) = 0,4 (\text{m}^3)$

Bảng 5.16 Thông số thiết kế bể nén bùn, (Phụ lục 1).

5.2.10 Máy ép bùn

5.2.10.1 Nhiệm vụ

Thiết bị lọc ép bùn dây đai là một loại thiết bị dùng để khử nước ra khỏi bùn vận hành dưới chế độ cho bùn liên tục vào thiết bị. Bùn được ép thành bánh và đem chôn lấp theo quy định.

5.2.10.2 Tính toán

Thông số thiết kế máy ép bùn:

- Bề rộng dây đai: $b = 0,5 - 3,5m$
- Tải trọng bùn: $90 - 680 \text{ kg/m.h}$

Khối lượng bùn cần ép: $3,7 \text{ m}^3/\text{ngày} \times 1,2 \text{ tấn/m}^3 = 4,44 \text{ tấn/ngày}$.

Nồng độ bùn sau nén = 2% (quy phạm 1 – 3%). Nồng độ bùn sau ép = 18% (quy phạm 12 – 20%)

$$\text{Khối lượng bùn sau ép} = \frac{4,44 \times 18}{100} = 0,80 \text{ tấn/ngày}$$

Số giờ hoạt động của thiết bị $t = 8\text{h/ngày}$.

Tải trọng bùn tính trên 1m chiều rộng băng ép chọn = 400 kg/m.h .

Chiều rộng băng ép:

$$B = \frac{0,8 \times 10^3 \text{ kg / ngày}}{8\text{h} \times 400\text{kg / m.h}} = 0,25\text{m}$$

Vậy ta chọn một máy ép bùn dây đai có bề rộng $0,3\text{m} = 300\text{mm}$.

Lượng polymer sử dụng cho thiết bị khử nước cho bùn.

Lượng bùn: 3700 kg/ngày . Thời gian vận hành: 8h/ngày .

Lượng bùn khô trong 1 giờ: $3700/8 = 462,5\text{kg/h}$.

Liều lượng polymer: 4kg/tấn bùn .

Liều lượng polymer tiêu thụ: $462,5 \times 4/1000 = 1,85\text{kg/h} = 44,4 \text{ kg/ngày}$.

Hàm lượng polymer sử dụng: $1,5\% = 0,15\text{kg/m}^3$

$$\Rightarrow \text{Lượng dung dịch polymer châm vào} = \frac{44,4}{0,15} = 296 \text{ kg/ngày} = 7,1\text{m}^3/\text{h}$$

Chọn 1 hệ thống châm polymer, công suất $N = 7,1\text{m}^3/\text{h}$.

5.3 TÍNH TOÁN CÁC CÔNG TRÌNH ĐƠN VỊ PHƯƠNG ÁN 2

Phương án 2 tính toán như phương án 1, chỉ thay thế bể lọc sinh học bằng mương oxy hóa.

5.3.1 Mương oxy hóa (Phụ lục 1)