

- T_0 : thời gian nước lưu trong bể lắng, tính bằng thời gian nước từ đáy lên mặt bể (s).

Trường hợp nước chứa cặn kết dính (cặn tự nhiên hoặc do keo tụ) hiệu quả lắng đạt trị số cao hơn. Ban đầu các hạt cặn có tốc độ rơi nhỏ hơn tốc độ dòng nước sẽ bị đẩy dần lên, trong quá trình đi lên các hạt cặn kết dính với nhau và tăng dần kích thước cho đến khi tốc độ lắng lớn hơn tốc độ nước và rơi xuống.

Như vậy khi lắng keo tụ bằng bể lắng đứng, hiệu quả lắng không chỉ phụ thuộc vào diện tích bể mà còn phụ thuộc chiều cao lắng. Chiều cao lắng thường được xác định bằng thực nghiệm theo hiệu quả lắng yêu cầu.

b. Lắng ngang

So với lắng đứng, hiệu quả lắng với dòng nước chuyển động theo phương nằm ngang đạt hiệu quả cao hơn. Xét trường hợp bể lắng ngang với điều kiện tối ưu nhất:

- Dòng nước chuyển động theo phương ngang trong chế độ chảy tầng, tốc độ dòng chảy tại mọi điểm trong bể đều bằng nhau. Thời gian lưu lại của mọi phân tử nước đi qua bể đều bằng nhau và bằng dung tích bể chia cho lưu lượng dòng chảy.

- Trên mặt cắt ngang vuông góc với chiều dòng chảy ở đầu bể, nồng độ các hạt cặn có cùng kích thước tại mọi điểm đều bằng nhau.

- Hạt cặn lắng ngừng chuyển động khi chạm đáy bể.

Để thỏa mãn các điều kiện trên, trong bể lắng ngang tối ưu phải tồn tại 4 vùng riêng biệt: vùng phân phối đảm bảo đưa nước vào và phân phối đều nước, cặn trên toàn bộ mặt cắt ngang đầu bể; vùng lắng; vùng chứa cặn; vùng thu nước.

Xét chuyển động tự do của hạt cặn trong bể lắng ngang, ngoài lực rơi tự do hạt cặn còn chịu lực đẩy theo phương nằm ngang của dòng chảy. Quỹ đạo chuyển động của các hạt cặn tự do là véc tơ tổng hợp 2 lực nói trên. Nếu gọi các kích thước cơ bản của vùng lắng bằng ký hiệu: chiều sâu H; chiều rộng B; chiều dài L thì các giá trị cơ bản được biểu thị bằng:

$$\frac{H}{u_0} = \frac{L}{V_0} \rightarrow u_0 = \frac{H.V_0}{L} \quad (*)$$

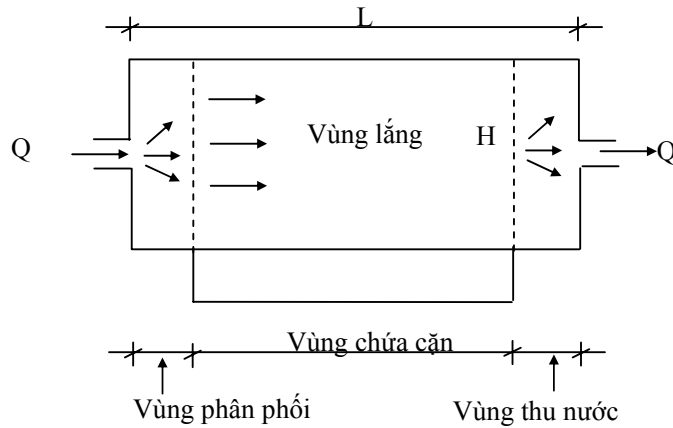
$$u_0 = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{BL} \quad (\text{m/s}) \rightarrow F = \frac{Q}{u_0}$$

$$v_0 = \frac{Q}{B.H} \quad (\text{m/s}) \quad (*)$$

Trong đó:

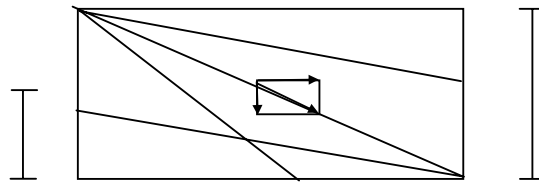
- u_0 : tốc độ rơi của hạt cặn (m/s)

- v_0 : tốc độ chuyển động của dòng nước (m/s)
- Q : lưu lượng của dòng nước qua vùng lắng (m^3/s)
- F : diện tích bề mặt vùng lắng (m^2)



Hình 2-19: Sơ đồ phân vùng trong bể lắng

Từ (*) cho thấy tốc độ lắng cặn (hiệu quả lắng) chỉ phụ thuộc vào diện tích bề mặt bể, hoàn toàn không phụ thuộc vào các yếu tố khác như chiều sâu hoặc thời gian nước lưu lại.



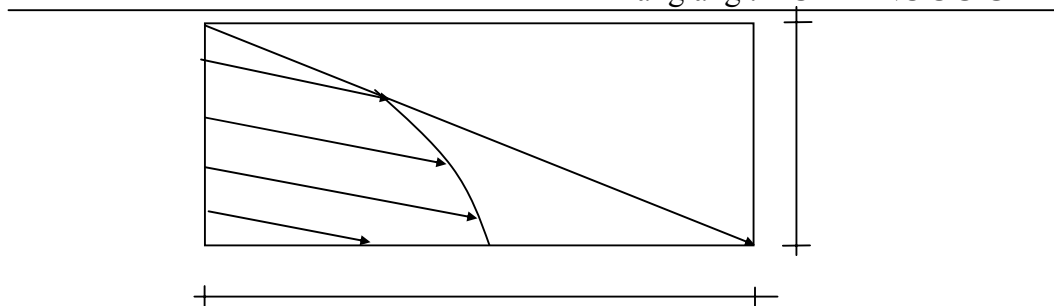
Hình 2-20: Sơ đồ quỹ đạo chuyển động của các hạt cặn tự do trong bể lắng ngang

Theo sơ đồ hiệu quả lắng bằng tổng tỷ lệ của lượng cặn có tốc độ lắng lớn hơn hoặc bằng tốc độ u_0 và 1 phần lượng cặn có tốc độ lắng nhỏ hơn u_0 so với hàm lượng cặn có trong nước. Hiệu quả lắng của các hạt cặn có tốc độ lắng nhỏ có thể xác định theo tương quan.

$$G_n = \frac{h}{H} \cdot 100 = \frac{u}{u_0} \cdot 100.(\%)$$

Trường hợp nước chứa cặn kết dính hoặc keo tụ quỹ đạo chuyển động của các hạt cặn lắng là 1 đường cong. Càng xa điểm xuất phát, kích thước các hạt càng tăng lên do quá trình keo tụ, do vậy tốc độ rơi cũng tăng lên. So với cặn tự nhiên, hiệu quả lắng cặn keo tụ cao hơn. Tốc độ lắng cặn không chỉ phụ thuộc vào diện tích mặt bể mà còn phụ thuộc chiều sâu lắng H và thời gian nước lưu lại

trong bể $t_0 = \frac{H}{u_0}$



Hình 2-21: Sơ đồ quỹ đạo chuyển động của cặn keo tụ trong bể lắng ngang

Theo sơ đồ, nếu quá trình keo tụ xảy ra thuận lợi, thì gần như toàn bộ các hạt cặn có tốc độ lắng $u < u_0 = \frac{H}{t_0}$ sau khi dính kết với nhau đều lắng xuống.

Như vậy với cùng 1 loại cặn keo tụ trong nguồn nước hoặc cùng loại cặn tự do, quá trình lắng ngang đạt hiệu quả cao hơn so với quá trình lắng đứng.

2.4.1.3 Các loại bể lắng

1. Các loại cặn lắng:

- Cặn rắn: các hạt phân tán riêng lẻ, có độ lớn, bề mặt và hình dáng không thay đổi trong suốt quá trình lắng.

- Cặn lơ lửng: có bề mặt thay đổi, có khả năng dính kết và keo tụ với nhau trong quá trình lắng làm cho kích thước và vận tốc lắng của các bông cặn tăng dần theo thời gian và chiều cao lắng.

- Các bông cặn: có khả năng dính kết với nhau, khi nồng độ $> 1000 \text{ng/l}$ tạo thành các đám cặn, khi đám mây cặn lắng xuống, nước từ dưới đi lên qua các khe rỗng giữa các bông cặn tiếp xúc với nhau, lực ma sát tăng lên làm hạn chế tốc độ lắng của đám bông cặn nên gọi là lắng hạn chế.

2. Các loại bể lắng:

- Lắng tĩnh và lắng theo từng mẻ kế tiếp:

+ Hồ chứa nước.

+ Trong công nghiệp sau 1 mẻ sản xuất nước được xả ra, để lắng bớt cặn, được bơm tuần hoàn lại để tái sản xuất.

- Bể lắng ngang: bể lắng có dòng nước chảy ngang, cặn rơi thẳng đứng.

- Bể lắng đứng: bể lắng có dòng nước chảy đi từ dưới lên, cặn rơi từ trên xuống.

- Bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng: nước đi từ dưới lên qua lớp cặn lơ lửng được hình thành trong quá trình lắng cặn, cặn dính bám vào lớp cặn, nước trong thu trên bề mặt, cặn thừa đưa sang ngăn nén cặn, từng thời kỳ xả ra ngoài.

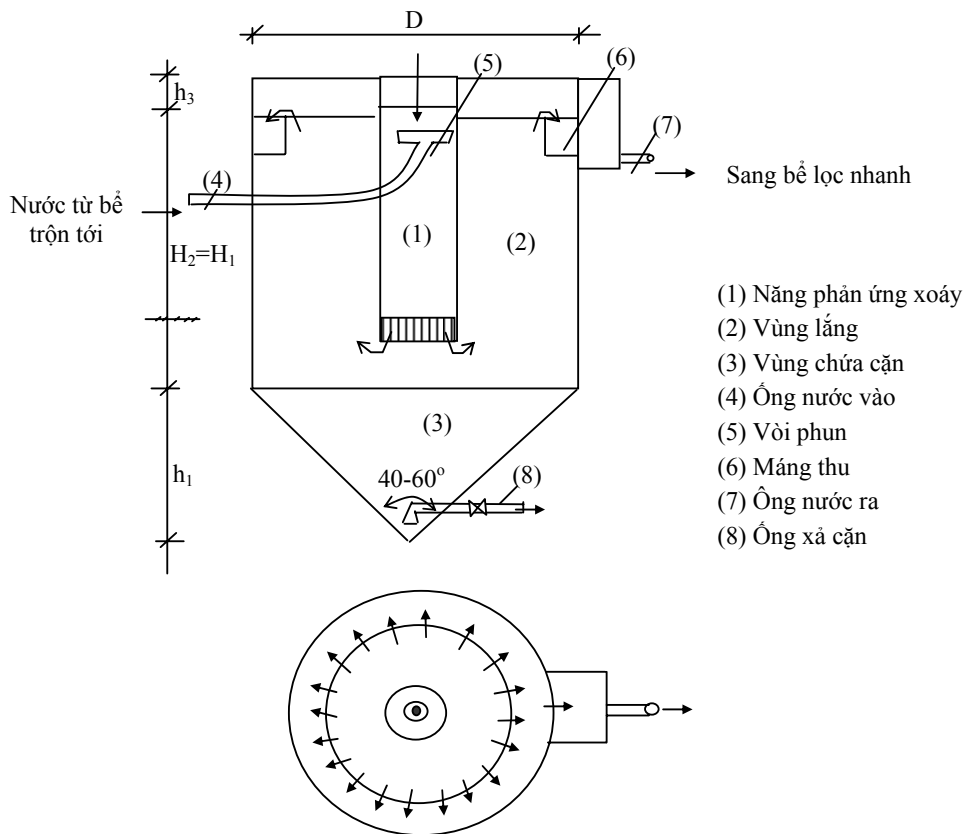
- Lắng trong các ống tròn hoặc trong các hình trụ vuông, lục lăng đặt nghiêng so với phương ngang 60° : Nước đi từ dưới lên, cặn trượt theo đáy ống.

2.4.2 Bể lắng đứng:

Bể lắng đứng nước chuyển động theo phương thẳng đứng từ dưới lên trên, còn các hạt cặn rơi ngược chiều với chiều chuyển động của dòng nước từ trên xuống.

Bể lắng đứng thường có mặt bằng hình vuông hoặc hình tròn, được sử dụng cho trạm có công suất nhỏ ($Q \leq 3000 \text{ m}^3/\text{ngđ}$). Bể lắng đứng thường kết hợp với bể phản ứng xoáy hình trụ.

Bể có thể xây bằng gạch hoặc bê tông cốt thép. Ống trung tâm có thể là thép cuộn hàn điện hay bê tông cốt thép.



Hình 2-22: Sơ đồ cấu tạo bể lắng đứng

Nguyên tắc làm việc: Nước chảy vào ống trung tâm giữa bể (ngăn phản ứng) đi xuống dưới vào bể lắng. Nước chuyển động theo chiều từ dưới lên trên,

cặn rơi từ trên xuống đáy bể. Nước đã lắng trong được thu vào máng vòng bố trí xung quanh thành bể và đưa sang bể lọc.

Cặn tích lũy ở vùng chứa nén cặn được thải ra ngoài theo chu kỳ bằng ống và van xả cặn.

*** Tính toán:**

1. Chọn vận tốc dòng nước đi lên bằng độ lớn thủy lực của hạt

$$v = u_0$$

2. Xác định diện tích mặt bằng của bể

$$F_b = \beta \cdot \frac{Q_{tt}}{3,6 \cdot v \cdot n} + F_f \quad (m^2)$$

Trong đó:

+ β : hệ số sử dụng dung tích của bể (hay hệ số phân bố không đều) phụ thuộc vào đường kính (D) và chiều cao lắng của bể (H_2).

Bảng 2-4: Bảng xác định hệ số β

D(a)/ H_2	1	1,5	2	2,5
β	1,3	1,5	1,75	2,0

+ Chiều cao lắng $H_2 = 2,6 - 50m$

+ Q_{tt} : lưu lượng tính toán của trạm (m^3/h)

+ v: tốc độ chuyển động của dòng nước đi lên (mm/s) - tốc độ này lấy bằng tốc độ lắng u_0 của cặn.

Bảng 2-5: Bảng tốc độ rơi u_0

Đặc điểm nước nguồn và phương pháp xử lý	Tốc độ rơi của cặn u_0 (mm/s)
1. Xử lý có dùng phèn	
- Nước đục ít (hàm lượng cặn ($C_0 < 50$ mg/l)	0,35 - 0,45
- Nước đục vừa (hàm lượng cặn ($C_0 < 50-250$ mg/l)	0,45 - 0,50
- Nước đục (hàm lượng cặn $C_0 = 250-250$ mg/l)	0,50 - 0,60
2. Xử lý sắt trong nước ngầm	0,60 - 0,65
3. Xử lý nước mặt không dùng phèn	0,12 - 0,15

+ n: số bể lắng

+ f_f : diện tích mặt bằng phản ứng (m^2)

3. Đường kính của bể lắng.

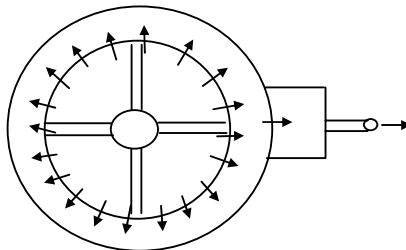
$$D = \sqrt{\frac{(F_b + F_f)4}{\pi}} \quad (\text{m})$$

4. Hệ thống thu nước đã lắng trong ở bể lắng đứng thực hiện bằng hệ thống máng vòng xung quanh bể.

Khi $F_b > 12\text{m}^2$ thì làm thêm các ống hoặc máng có đục lỗ hình nan quạt tập trung nước vào máng chính.

$$F_b = (12 - 30) \text{ m}^2 \quad \text{làm 4 nhánh}$$

$$F_b > 30\text{m}^2 \quad \text{làm (6 ÷ 8) nhánh}$$



Hình 2-23: Hệ thống thu nước đã lắng trong ở bể lắng đứng

Nước chảy trong ống hoặc máng với vận tốc $v = 0,6 - 0,7 \text{ m/s}$

Trường hợp không cho chảy tràn mà đục lỗ quanh máng lấy $d_{lỗ} = 20 \div 30\text{mm}$ và $v_{lỗ} = 1\text{m/s}$

Đường kính ống xả : $D_{xả} = 150 - 200\text{mm}$

5. Phần nén cặn:

$$W_c = \frac{1}{3} h_1 (F_1 + F_2 + \sqrt{F_1 \cdot F_2}) \quad (\text{m}^3)$$

$$\rightarrow W_c = \frac{\pi h_1}{12} (D^2 + d^2 + D \cdot d) \quad (\text{m}^3)$$

Trong đó:

+ h_1 : chiều cao phần lắng cặn (m)

$$h_1 = \left(\frac{D-d}{2}\right) \cdot \cot g \frac{\alpha}{2} \quad (\text{m})$$

+ D : đường kính mặt trên (m)

+ $F_1 = \frac{\pi D^2}{4}$ (m^2) diện tích mặt trên (m^2)

+ d : đường kính đáy dưới (m)

$$+ F_1 = \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{m}^2)$$

6. Thời gian giữa 2 lần xả cặn (chu kỳ xả cặn):

$$T = \frac{W_c \cdot n \cdot \delta_{tb}}{Q_{tt} (C_{\max} - m)}$$

Trong đó:

+ W_c : dung tích phần chứa cặn (m^3)

+ Q_{tt} : công suất trạm xử lý (m^3/h)

C_{\max} : $C_0 + 1,92 [F_e^{2+}] + C_p + C_v$ (mg/l)

+ m : hàm lượng cặn ra khỏi bể ($m \leq 20$ mg/l)

+ δ_{tb} : Nồng độ cặn ép trong ngăn cặn (mg/l)

Bảng 2-6 : Nồng độ trung bình (δ_{tb}) của cặn ép

C_{\max} (mg/l)	δ_{tb} (mg/l) sau thời gian				
	3 giờ	4 giờ	6 giờ	8 giờ	(10-12) giờ
Đến 100	6500	7500	8000	8500	95000
100 - 400	19000	21500	24000	25000	27000
400 - 1000	24000	25000	27000	29000	31000
1000 - 2000	29000	31000	33000	35000	37000

f: lượng nước dùng cho việc xả cặn.

$$P = \frac{K_p \cdot W_c \cdot n}{Q_{tt} T} \cdot 100 \quad (\%)$$

Trong đó:

+ K_p : hệ số pha loãng khi xả cặn, $K_p = 1,15 - 1,2$

+ T : Thời gian xả cặn (h)

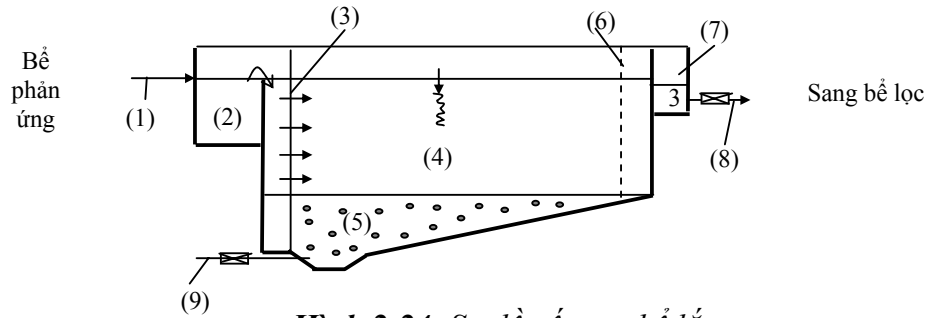
+ n : số lượng bể lắng

+ W_c : dung tích phần chứa cặn (m^3)

2.5.3 Bể lắng ngang:

Bể lắng ngang có dạng hình chữ nhật, có thể làm bằng gạch hoặc bê tông cốt thép.

Sử dụng cho các trạm xử lý có $Q > 300 \text{ m}^3/\text{ngđ}$ đối với trường hợp xử lý nước có dùng phèn và áp dụng với công suất bất kỳ cho trạm xử lý không dùng phèn.



Hình 2-24: Sơ đồ cấu tạo bể lắng ngang

- (1) Ống dẫn nước từ bể phản ứng sang
- (2) Máng phân phối nước
- (3) Vách phân phối đầu bể
- (4) Vùng lắng
- (5) Vùng chứa cặn
- (6) Vách ngăn thu nước cuối bể
- (7) Máng thu nước
- (8) Ống dẫn nước sang bể lọc
- (9) Ống xả cặn.

* Cấu tạo bể lắng ngang gồm 4 bộ phận chính :

- Bộ phận phân phối nước vào bể
- Vùng lắng cặn
- Hệ thống thu nước đã lắng
- Hệ thống thu xả cặn

* Căn cứ vào biện pháp thu nước đã lắng người ta chia bể lắng ngang làm 2 loại:

- Bể lắng ngang thu nước cuối bể: thường kết hợp với bể phản ứng có vách ngăn hoặc bể phản ứng có lớp cặn lơ lửng.

- Bể lắng ngang thu nước bề mặt: thường kết hợp với bể phản ứng có lớp cặn lơ lửng.

Bể lắng ngang thường chia làm nhiều ngăn, chiều rộng mỗi ngăn từ 3 ÷ 6m. Chiều dài bể không qui định. Khi bể có chiều dài quá lớn có thể cho nước chảy xoay chiều. Để giảm bớt diện tích bề mặt xây dựng có thể xây dựng bể lắng nhiều tầng (2,3 tầng).

***Tính toán bể lắng ngang.**

1. Tổng diện tích mặt bằng của bể

$$F = \frac{Q_{tt} \cdot \alpha}{3,6 \cdot u_0} \quad (\text{m}^2)$$

Trong đó:

+ Q_{tt} : công suất của trạm xử lý (m^3/h)

+ u_0 : tốc độ lắng của hạt cặn trong bể lắng ngang (mm/s)

+ α : hệ số kể đến sự ảnh hưởng của dòng chảy rối.

$$\alpha = \frac{u_0}{u_0 - \frac{V_{tb}}{30}}$$

Trong đó: V_{tb} là tốc độ trung bình của dòng chảy theo phương ngang

$$V_{tb} = K \cdot u_0 \quad (\text{m}/\text{s})$$

Với K là hệ số phụ thuộc vào tỷ số giữa chiều dài (L) và chiều cao vùng lắng của bể (H_0).

Bảng2-7: Bảng xác định K và α

L/ H_0	10	15	20	25
K	7,5	10	12	13,5
α	1,33	1,5	1,67	1,82

Chú ý: Khi tính toán, ban đầu giả thiết tỷ lệ L/H để tính toán xác định. Sau đó kiểm tra lại.

2. Chiều rộng của bể lắng ngang

$$B = \frac{Q_{tt}}{3,6 \cdot V_{tb} \cdot H_0 \cdot N} \quad (\text{m})$$

Trong đó: + H_0 : chiều cao vùng lắng của bể (m) , $H_0 = 2,5 \div 3,5\text{m}$

+ N : Số bể lắng

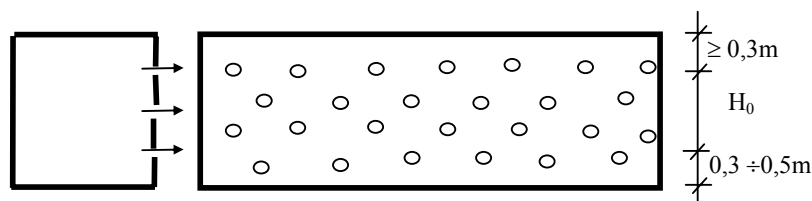
3. Chiều dài của bể

$$L = \frac{F}{B} \quad (\text{m})$$

4. Tính toán hệ thống phân phối nước vào bể và thu nước trong.

* Để phân phối nước đều trên toàn bộ diện tích bể lắng, cần đặt vách ngăn có đục lỗ ở đầu bể, cách tường (1 ÷ 2)m. Đoạn dưới của vách ngăn trong phạm vi chiều cao từ 0,3 ÷ 0,5m) kể từ mặt trên của vùng chứa nén cặn không cần phải khoan lỗ.

Các lỗ của ngăn phân phối có thể tròn hoặc vuông, đường kính hay kích thước cạnh 50 x 150mm, vận tốc nước qua lỗ 0,2 ÷ 0,3 m/s



Hình 2-25: Ngăn phân phối nước

Tính toán:

- Tổng diện tích lỗ

$$\Sigma f_{l\delta} = \frac{Q}{V_{l\delta}} \quad (\text{m}^2)$$

Trong đó:

+ Q: lưu lượng nước vào bể (m³/s)

+ V_{lδ} : vận tốc nước qua lỗ (m/s)

- Số lỗ

$$n = \frac{\Sigma f_{l\delta}}{f_{l\delta}}$$

Trong đó: $f_{l\delta} = \frac{\pi d_{l\delta}^2}{4}$

* Để thu nước đều, có thể dùng hệ thống máng thu nước ở cuối hay hệ thống ống châm lỗ thu nước bề mặt. Bể lắng ngang thu nước ở cuối dùng máng thu nước như máy phân phối ở đầu bể. Nước sau khi lắng qua tường thu có lỗ vào ngăn thu để dẫn sang bể lọc. Bề rộng ngăn thu có thể bằng hoặc nhỏ hơn ngăn phân phối. Tốc độ nước qua lỗ tường thu $V \leq 0,5 \text{ m/s}$.

Đối với bể lắng ngang thu nước bề mặt phải thiết kế máng theo hoặc ống có lỗ chảy ngập. Đường kính lỗ $d_{l\delta} \geq 25 \text{ mm}$, vận tốc nước chảy qua lỗ $V_{l\delta} = 1 \text{ m/s}$. Tốc độ nước chảy cuối máng hoặc ống $V_{\delta} = 0,6 \div 0,8 \text{ m/s}$. Máng và ống phải chập trên 2/3 chiều dài của bể lắng. Nước từ máng hoặc ống phải tự chảy vào máng chính. Khoảng cách giữa các trục máng hoặc ống không quá 3m, cách tới tường bể từ (0,5 ÷ 1,5)m.

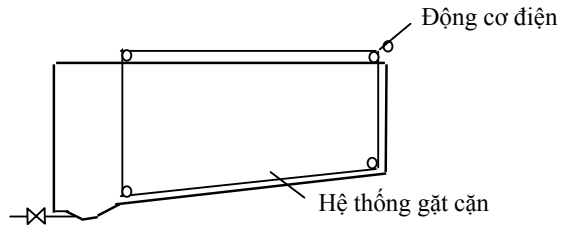
Lưu ý: ống dẫn nước vào bể, ống phân phối và ống dẫn nước ra khỏi bể lắng phải tính toán với khả năng dẫn được lưu lượng nước lớn hơn lưu lượng tính toán từ 20 - 30%.

5. Tính toán hệ thống thu và xả cặn bể lắng

Cặn ở bể lắng ngang thường tập trung ở nửa đầu của bể. Vì lượng cặn lớn nên việc xả cặn rất quan trọng. Nếu xả cặn không kịp thời sẽ làm giảm chiều lắng

của bể. Mặt khác cặn có chứa chất hữu cơ, khi lên men tạo nên bọt khí làm phá vỡ bông cặn và vẩn đục nước đã lắng.

- Xả cặn bằng cơ giới



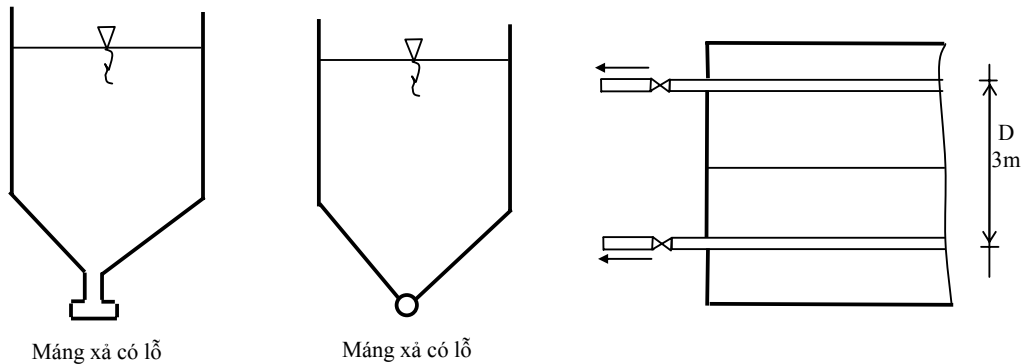
Hình 2-26: Xả cặn bằng cơ giới

Bể lắng phải thiết kế dung tích vùng chứa và nén cặn theo kích thước của thiết bị xả cặn.

* **Ưu:** Có khả năng tự động hóa, cơ giới hóa

* **Nhược:** Chi phí điện năng. Ít kinh tế.

- Xả cặn bằng thủy lực: Hệ thống thu cặn bằng ống hoặc máng, đảm bảo xả 30-60% lượng cặn trong thời gian 20-40 phút.



Hình 2-27: Máng thu cặn

Đáy bể lắng giữa ống hoặc máng thu cặn phải cấu tạo hình lăng trụ, với góc nghiêng của các cạnh 45°.

Khoảng cách giữa các trục máng không lớn hơn 3m.

Vận tốc của cặn ở cuối ống hoặc máng không nhỏ hơn 1m/s, vận tốc qua lỗ $V_{lỗ} = 1,5\text{m/s}$; đường kính lỗ $d_{lỗ} \geq 25\text{mm}$ khoảng cách giữa các tâm lỗ 300-350m.

$$\frac{\Sigma f_{lỗ}}{F_{ống(máng)}} = 0,7 \text{ với mức xả cặn } 50\%.$$

$$\frac{\Sigma f_{l\ddot{o}}}{F_{\text{ống (máng)}}} = 0,5 \quad \text{với mức xả cặn 60\%}.$$

* Xác định lượng cặn đã lắng trong bể

$$W_e = \frac{T \cdot Q_u \cdot (C_{\text{max}} - m)}{N \cdot \delta_{tb}} \quad (\text{m}^3)$$

Trong đó:

- + T: thời gian làm việc giữa 2 lần xả cặn (h) (6-24 giờ - khi xả cặn bể vẫn làm việc bình thường).
- + N : Số lượng bể lắng ngang
- + m hàm lượng cặn còn lại trong nước sau lắng (10 -12 mg/l)
- + δ_{tb} : nồng độ trung bình của cặn đã nén.
- + C_{max} : hàm lượng cặn trong nước đưa vào bể lắng.

$$C_{\text{max}} = C_o + K \cdot P + 0,25 M + L_v \quad (\text{mg/l})$$

Trong đó:

- C_o : hàm lượng cặn trong nước nguồn (mg/l)
- P : liều lượng phèn tính theo sản phẩm không ngâm nước (g/m^3)
- K : độ tinh khiết của phèn

Phèn nhôm sạch $K = 0,55$

Phèn nhôm kỹ thuật $K = 1,0$

Phèn sắt clorua $K = 0,8$

- M: Độ màu của nước nguồn theo thang platin - coban
- L_v : liều lượng vôi kiềm hóa nước (mg/l)

* Lượng nước dùng cho việc xả cặn lắng

$$P = \frac{K_p \cdot W_c \cdot N}{Q_u \cdot \tau} \cdot 100 (\%)$$

Trong đó:

+ K_p : hệ số pha loãng cặn - $K_p = 1,3 \div 1,5$

+ E : thời gian 1 lần xả cặn (h), $\tau = 8 - 10'$

2.5.4 BỂ LẮNG LỚP MỎNG:

Bể lắng lớp mỏng có cấu tạo giống như bể lắng ngang thông thường, nhưng khác với bể lắng ngang là trong vùng lắng của bể lắng lớp mỏng được đặt thêm