

CÔNG TY TƯ VẤN CẤP THOÁT NƯỚC SỐ 2
TS. TRỊNH XUÂN LAI

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CÁC CÔNG TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

CÔNG TY TƯ VẤN CẤP THOÁT NƯỚC SỐ 2
TS. TRỊNH XUÂN LAI

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CÁC CÔNG TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI

(Tái bản)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2009

LỜI NÓI ĐẦU

Trong vòng 10 năm trở lại đây, do được trực tiếp thiết kế và thẩm định thiết kế các nhà máy xử lý nước thải của các nhà đầu tư trong và ngoài nước, chúng tôi đã đi tham quan học tập và thu thập các tài liệu lý thuyết cũng như thực tiễn ở trong và ngoài nước để làm tròn nhiệm vụ của mình.

*Trong công việc hàng ngày, chúng tôi nhận ra rằng các tài liệu tham khảo và tra cứu bằng tiếng Việt trong lãnh vực xử lý nước thải còn quá ít, nên đã mạnh dạn biên soạn cuốn **“Tính toán thiết kế các công trình xử lý nước thải”** này, mong góp phần vào các tài liệu tham khảo và tra cứu của các kỹ sư chuyên ngành, sinh viên chuyên ngành cấp thoát nước và các cán bộ, công nhân kỹ thuật vận hành nhà máy.*

Cuốn sách đã được Kỹ sư Đặng Duy Tinh đọc bản thảo và góp nhiều ý kiến, Kỹ sư Hoàng Nam Mỹ, Trần Thị Thùy vẽ và chế bản.

Quá trình biên soạn không thể tránh khỏi thiếu sót, rất mong được sự góp ý của các bạn đồng nghiệp. Ý kiến đóng góp xin gửi về địa chỉ : Công ty Tư vấn Cấp thoát nước số 2 - 10 Phố Quang, Phường 2, Quận Tân Bình, Thành phố Hồ Chí Minh. Điện thoại : 08-8 475 164 – 08-8 475 162.

TP. HỒ CHÍ MINH, 12-1999

Tác giả

CHƯƠNG I

NGUỒN GỐC VÀ LƯU LƯỢNG NƯỚC THẢI

I.1. NGUỒN GỐC NƯỚC THẢI

Nước thải có nguồn gốc là nước cấp, nước thiên nhiên sau khi phục vụ đời sống con người như ăn uống, tắm giặt, vệ sinh, giải trí, sản xuất hàng hóa, chăn nuôi v.v... và nước mưa bị nhiễm bẩn các chất hữu cơ và vô cơ thải ra các hệ thống thu gom và các nguồn tiếp nhận.

Có thể phân loại nước thải một cách chung nhất là : Nước thải sinh hoạt, nước thải sản xuất, nước mưa và nước thấm chảy vào hệ thống cống.

I.2. LƯU LƯỢNG NƯỚC THẢI

Để xác định lưu lượng nước thải ở các khu dân cư, thị trấn, thị xã, thành phố đã có hệ thống cống thoát nước đang hoạt động tốt nhất là dùng phương pháp đo lưu lượng tại cửa xả.

Đo lưu lượng tiến hành liên tục 24 giờ trong ngày, đo trong các ngày tiêu biểu của tháng, đo trong tháng điển hình của các mùa trong năm. Nếu trong khu dân cư hay thị xã chưa có hệ thống cống hoàn chỉnh hoặc đang xây dựng và ở những nơi có nhiều cửa xả, việc đo lưu lượng và xác định lưu vực của từng cửa xả gặp nhiều khó khăn, thì có thể tính toán lưu lượng nước thải theo từng loại như sau :

I.2.1. Nước thải sinh hoạt

Nước thải sinh hoạt thường từ 65% đến 80% số lượng nước cấp đi qua đồng hồ các hộ dân, cơ quan, bệnh viện, trường học, khu thương mại, khu giải trí v.v...; 65% áp dụng cho nơi nóng, khô, nước cấp dùng cả cho việc tưới cây cỏ.

Ở các khu thương mại, cơ quan, trường học, bệnh viện, khu giải trí ở xa hệ thống cống thoát của thành phố, phải xây dựng trạm bơm nước thải hay khu xử lý nước thải riêng, tiêu chuẩn thải nước có thể tham khảo bảng I-1, bảng I-2, bảng I-3 với số liệu lấy từ cuốn Metcalf & Eddy – “Wastewater Engineering”.

Bảng I – 1 : Tiêu chuẩn thải nước từ các khu dịch vụ thương mại

Nguồn nước thải	Đơn vị tính	Lưu lượng (l/đơn vị tính – ngày)	
		Khoảng dao động	Trị số tiêu biểu
Nhà ga sân bay	Hành khách	7,5 – 15	11
Gara – ô tô, sửa xe	Đầu xe	26 – 50	38

Nguồn nước thải	Đơn vị tính	Lưu lượng (Đơn vị tính – ngày)	
		Khoảng dao động	Trị số tiêu biểu
Quán bar	Khách hàng	3,8 – 19	11
	Người phục vụ	38 – 60	50
Kho hàng hóa	Nhà vệ sinh	1 515 – 2 270	1 900
	Nhân viên phục vụ	30 – 45	38
Khách sạn	Khách	151 – 212	180
	Người phục vụ	26 – 49	38
Hiệu giặt là	Công nhân	26 – 60	49
	Máy giặt	1 703 – 2 460	2 080
Tiệm ăn	Người ăn	7,5 – 15	11
Siêu thị	Người làm	26 – 50	38
Cơ quan	Nhân viên	26 – 60	49

Bảng I – 2 : Tiêu chuẩn thải nước từ các công sở

Nguồn nước thải	Đơn vị tính	Lưu lượng (Đơn vị tính – ngày)	
		Khoảng dao động	Trị số tiêu biểu
Bệnh viện	Giường bệnh	473 – 908	625
	Nhân viên phục vụ	19 – 56	38
Bệnh viện tâm thần	Giường bệnh	284 – 530	378
	Nhân viên phục vụ	19 – 56	38
Nhà tù	Tù nhân	284 – 530	435
	Quản giáo	19 – 56	38
Nhà nghỉ	Người trong nhà điều dưỡng	190 – 455	322
Trường Đại học	Sinh viên	56 – 113	95

Ghi chú : Theo chúng tôi trong bảng I-2 tiêu chuẩn nước thải bệnh viện nên giảm xuống 450 l/dv.ngày, nhà tù : 100 l/dv.ngày là phù hợp với điều kiện nước ta.

Bảng I – 3 : Tiêu chuẩn thải nước từ các khu giải trí

Nguồn nước thải	Đơn vị tính	Lưu lượng (l/đơn vị tính – ngày)	
		Khoảng dao động	Trị số tiêu biểu
Khu nghỉ mát có khách sạn mini	Người	189 – 265	227
Khu nghỉ mát lều, trại, ô tô di động	Người	30 – 189	151
Quán cà phê giải khát	Khách	3,8 – 11	7,5
	Nhân viên phục vụ	30 – 45	38
Cắm trại	Người	75 – 150	113
Nhà ăn	Xuất ăn	15 – 38	26,5
	Nhân viên	30 – 189	151
Bể bơi	Người tắm	19 – 45	38
	Nhân viên	30 – 45	38
Nhà hát	Ghế ngồi	7,5 – 15	11
Khu triển lãm, giải trí	Người tham quan	15 – 30	19

I.2.2. Nước thải công nghiệp

Lưu lượng nước thải công nghiệp dao động phụ thuộc vào quy mô, tính chất sản phẩm, quy trình công nghệ của từng nhà máy. Khi không có số liệu cụ thể của từng nhà máy có thể tính lượng nước thải chung theo diện tích của khu công nghiệp (số liệu lấy từ cuốn Metcalf & Eddy – “Wastewater Engineering”).

- Khu công nghiệp gồm các nhà máy sản xuất ra sản phẩm khô, ít ngậm nước, lượng nước thải dao động từ 9 – 14 m³/ha.ngày.

- Khu công nghiệp có các nhà máy sản xuất ra sản phẩm có ngậm nước loại trung bình, lượng nước thải dao động từ 14 – 28 m³/ha.ngày. Lượng nước thải ở khu công nghiệp tính theo lượng nước cấp đi qua các quá trình sản xuất thải ra 90 – 95%.

I.2.3. Nước ngầm thâm nhập vào mạng lưới cống dẫn

Ở những nơi mạng lưới ống thoát nước đặt thấp hơn mực nước ngầm mạch nông, luôn luôn có một lượng nước ngầm thâm nhập vào hệ thống cống qua các thành hố ga, qua chỗ nối ống qua thành ống có chất lượng xấu và qua các chỗ gãy vỡ chưa kịp sửa chữa. Ở những nơi mạng ống thoát nước đặt cao hơn mực nước ngầm, lượng nước thâm nhập vào cống chỉ

xảy ra trong lúc mưa và một thời gian ngắn sau cơn mưa, vì khi nước mưa thấm xuống đất chưa kịp tiêu thoát hết, mực nước ngầm tạm thời dâng cao.

Lượng nước thâm nhập dao động từ 0,2 m³/ha.ngày đối với vùng không có nước ngầm thường xuyên đến 28 m³/ha ngày đối với vùng có nước ngầm thường xuyên. Lượng nước thâm nhập nêu trên ứng với điều kiện xây dựng và quản lý vận hành tốt mạng lưới cống thoát.

1.2.4. Nước mưa

a. Ở những nơi có hai mạng lưới cống thoát nước riêng biệt : Mạng lưới cống thoát nước thải tách riêng với mạng lưới cống thoát nước mưa, lượng nước thải đi về nhà máy xử lý gồm : Nước sinh hoạt, nước công nghiệp và nước ngầm thâm nhập, nếu sau những trận mưa lớn không có hiện tượng ngập úng cục bộ. Còn ở những nơi có hiện tượng ngập úng cục bộ, nước mưa có thể tràn qua nắp đậy các hố ga chảy vào hệ thống thoát nước thải, khi đó lượng nước thâm nhập do thấm từ nước ngầm và nước mưa có thể lên tới 470 m³/ha.ngày.

b. Ở những nơi mạng lưới thoát nước là mạng cống chung vừa thoát nước mưa vừa thoát nước bẩn như ở hầu hết các mạng lưới thoát nước ở các thị trấn, thị xã, thành phố của nước ta, thì lưu lượng nước thải chảy về nhà máy xử lý gồm nước thải sinh hoạt, nước thải công nghiệp, nước ngầm thâm nhập và một phần lượng nước mưa.

Để chỉ phải đưa 1 phần nước mưa $q_1 = nq_{sh} < q_{mưa}$ về nhà máy xử lý, phần còn lại của nước mưa $q_2 = q_{mưa} - q_1$ xả trực tiếp ra nguồn tiếp nhận, trên mạng cống thoát tại các cửa xả nước mưa phải cấu tạo các giếng tách nước có đập tràn, chiều cao và chiều dài của đập tràn ở giếng tách nước đặt trước cửa xả nước mưa được tính toán sao cho :

- Khi lưu lượng vào giếng tách nước : $q_{mưa} + q_{sh} \leq (n + 1) q_{sh}$ sẽ không có nước tràn qua đập tràn và toàn bộ lượng nước $(n + 1) q_{sh}$ được dẫn về bể điều hòa của nhà máy xử lý.

- Khi lưu lượng nước chảy vào giếng tách nước : $q_{mưa} + q_{sh} > (n + 1) q_{sh}$ thì hoặc : lượng nước $q_2 = (q_{mưa} + q_{sh}) - (n + 1) q_{sh}$ tràn qua đập tràn vào nguồn tiếp nhận còn lượng nước $(n + 1) q_{sh}$ vẫn chảy về bể điều hòa lưu lượng và chất lượng của nhà máy. Hoặc : trên đường cống dẫn nước thải về nhà máy sau giếng tách nước đặt một van đóng mở tự động theo lệnh của đồng hồ đo nước đặt trước giếng tách nước, khi lưu lượng nước chảy qua đồng hồ $q > (n + 1)q_{sh}$ sau một thời gian nhất định để đảm bảo cho nước bẩn đã được pha loãng hoàn toàn bằng nước mưa, thì thiết bị báo lưu lượng ở đồng hồ ra lệnh đóng hoàn toàn van trên đường dẫn nước thải về nhà máy, lúc đó toàn bộ lượng nước đến giếng tách nước tràn qua đập tràn ra nguồn tiếp nhận. Sau cơn mưa, lượng nước về giếng tách nước giảm dần $q_{mưa} + q_{sh} < (n + 1)q_{sh}$, van tự động mở trở lại và nước lại được dẫn về nhà máy xử lý.

Trong các công thức trên : n là hệ số pha loãng được tính theo công thức :

$$n = \frac{S_o - S_{gh}}{S_{gh} - S_{mưa}} \cdot (1 - 1)$$

Trong đó :

$q_{mưa}$: Lưu lượng nước mưa cần để pha loãng nước sinh hoạt

q_{ch} : Lưu lượng nước thải sinh hoạt

S_o : Nồng độ BOD hoặc COD trong nước sinh hoạt

$S_{mưa}$: Nồng độ BOD hoặc COD trong nước mưa (thường BOD₅ từ 7 – 10 mg/l)

S_{gh} : Nồng độ BOD hoặc COD trong nước cho phép xả vào nguồn tiếp nhận (do Sở Khoa học Công nghệ và Môi trường quy định).

1.3. ĐỘ DAO ĐỘNG CỦA LƯU LƯỢNG NƯỚC THẢI

Lưu lượng nước thải không đều nhau theo từng giờ trong ngày và thường dao động so với lưu lượng trung bình giờ :

từ 20 – 400% ở khu dân cư ≤ 1 000 người

từ 50 – 300% ở khu dân cư ≤ 10 000 người

từ 80 – 200% ở khu dân cư ≤ 100 000 người

Ở các thành phố lớn, giờ có lượng nước tối thiểu và các giờ có lưu lượng tối đa so với lưu lượng trung bình giờ trong ngày thường từ 1,25 đến 1,5 lần.

Lượng nước thải cũng không đều nhau giữa các mùa trong năm, giữa các tháng trong mùa và giữa các ngày trong tháng.

Bảng I – 4 : Giới thiệu hệ số không điều hòa phụ thuộc vào lưu lượng nước thải theo tiêu chuẩn ngành mạng lưới bên ngoài và công trình 20-TCN-51-84.

Lưu lượng nước thải trung bình (l/s)	5	15	30	50	100	200	300	500	800	1 250
Hệ số không điều hòa K	3	3,5	2	1,8	1,6	1,4	1,35	1,25	1,2	1,15

Khi lưu lượng trung bình nằm giữa các trị số cho trong bảng, thì xác định hệ số điều hòa K theo nội suy.

1.4. CHỌN LƯU LƯỢNG THIẾT KẾ

Khi thiết kế nhà máy xử lý nước thải phải tuân theo quy hoạch phát triển của khu dân cư như tăng dân số, xây dựng các điểm công nghiệp mới, mở rộng mặt bằng đô thị, tăng lượng nước cấp do tăng mức sống v.v... trong khoảng thời gian xác định của dự án.

1. Lưu lượng ngày trung bình : Dùng để tính toán năng lượng điện tiêu thụ, lượng hóa chất tiêu thụ, lượng bùn cần xử lý và vận chuyển ra nguồn tiếp nhận, lượng nước xả ra nguồn tiếp nhận.

2. Lưu lượng giờ lớn nhất (max), giờ ít nhất (min) trong ngày dùng để tính toán mạng lưới thoát nước, chọn và bố trí thiết bị và máy bơm của trạm bơm nước thải, song chắn rác, bể lắng cát và bể điều hòa lưu lượng.
3. Khi nhà máy xử lý nước thải có lưu lượng ứng với hệ số không điều hòa $K \leq 1,5$ có thể không xây bể điều hòa lưu lượng mà lấy lưu lượng trung bình trong các giờ cao điểm : 6, 7, 11, 12, 18, 19 giờ để tính toán tải trọng thủy lực cho các công trình xử lý sinh học, các bể lắng, và lấy lưu lượng giờ trung bình để tính toán các công trình xử lý bùn.
4. Ở những nhà máy xử lý nước thải từ hệ thống cống chung có giếng tách nước, phải thiết kế hồ chứa nước khi mưa dư ra với thể tích :

$$W = nq_{ch} \times t$$

t : Thời gian của cơn mưa dài nhất.

Về mùa mưa lượng nước này phải được bơm vào nhà máy xử lý với lưu lượng :

$$q_{bổ sung} = \frac{W}{T}$$

T : Thời gian bơm không được dài hơn thời gian giữa 2 cơn mưa và lưu lượng bổ sung ($q_{bổ sung}$) có trị số vừa đủ để không làm tăng tải trọng thủy lực của các công trình xử lý lên hơn 1,5 lần so với tải trọng khi làm việc bình thường.

5. Khi nhà máy xử lý nước thải có lưu lượng ứng với hệ số không điều hòa $K > 1,5$ nên làm bể điều hòa lưu lượng và chất lượng. Tính toán các công trình trong hệ thống xử lý sau bể điều hòa với lưu lượng và chất lượng trung bình của 24 giờ làm việc trong ngày.

CHƯƠNG II

CHẤT LƯỢNG NƯỚC THẢI

Nước thải sinh hoạt có những đặc tính và chỉ tiêu chất lượng chung có thể phán đoán và đánh giá khi chọn các công trình xử lý đã phổ biến, còn nước thải công nghiệp có đặc tính và chất lượng rất khác nhau tùy thuộc vào từng loại nhà máy. mức độ trang bị công nghệ nên rất khó có những chỉ tiêu chung để đánh giá chất lượng nước thải chung cho các loại công nghiệp, mỗi loại công nghiệp có nước thải khác với nước thải sinh hoạt cần được khảo sát, phân tích, đánh giá chất lượng riêng để tìm quy trình xử lý thích hợp.

Trong tài liệu này, chúng tôi chỉ giới thiệu phương pháp tính toán thiết kế các công trình xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học, áp dụng cho nước thải sinh hoạt và các nguồn nước thải khác có đặc tính tương tự như nước thải sinh hoạt.

Nước thải sinh hoạt khi chưa bị phân hủy có màu nâu, chứa nhiều cặn lơ lửng và chứa bốc mùi khó chịu. Trong nước thải sinh hoạt có các chất rắn lơ lửng như phân người và động vật, xác một số động vật chết, các mảnh vụn của thức ăn, dầu, mỡ, băng gạc vệ sinh, gỗ, nhựa vụn, vỏ trái cây, và các phế thải khác sau khi phục vụ cho ăn uống sinh hoạt của con người thải ra môi trường nước.

Dưới điều kiện môi trường nhất định, vi khuẩn tự nhiên có trong nước và đất tấn công vào các chất thải gây ra các phản ứng sinh hóa làm biến đổi tính chất của nước thải. Nước thải sẽ chuyển màu dần dần từ màu nâu sang màu đen và bốc mùi khó chịu.

Nước thải là hỗn hợp của rất nhiều hợp chất hóa học phức tạp, nên việc phân tích đánh giá từng hợp chất riêng rẽ là rất khó khăn không thể thực hiện hoàn chỉnh được, mà chỉ có thể xác định chính xác một cách chung nhất hàm lượng các chất hữu cơ và hàm lượng các chất vô cơ có trong nước thải.

Để phục vụ cho các quy trình xử lý làm sạch nước thải bằng phương pháp sinh học, cần phân tích các chỉ tiêu chất lượng như : Tổng hàm lượng cặn, hàm lượng cặn lơ lửng (SS), cặn hữu cơ, cặn vô cơ, nhu cầu oxy sinh hóa (BOD), nhu cầu oxy hóa học (COD), hàm lượng nitơ, hàm lượng photpho, pH và nhiệt độ của nước.

II.1. THÀNH PHẦN VÀ TÍNH CHẤT CỦA CẶN CÓ TRONG NƯỚC THẢI

Hiện có nhiều phương pháp phân loại và xác định thành phần và tính chất của cặn trong nước thải; Trong tài liệu này chỉ giới thiệu 1 phương pháp phân loại để xác định thành phần cặn trong nước thải ở mức độ mà theo chúng tôi là cần thiết cho việc thiết kế các công trình làm sạch và xử lý bùn cặn.

II.1.1. Tổng hàm lượng cặn

Là tổng số của tất cả các loại cặn có nguồn gốc hữu cơ và vô cơ có trong nước thải ở trạng thái lơ lửng và hòa tan (tính bằng mg/l).

Để xác định tổng hàm lượng cặn, lấy mẫu nước thải cho vào tủ sấy, giữ ở nhiệt độ không đổi 105°C cho nước bay hơi hết, cặn còn lại gọi là cặn khô, đem cân sẽ được tổng hàm lượng cặn trong mẫu và biểu thị bằng mg/l.

II.1.2. Cặn hữu cơ

Cặn hữu cơ trong nước thải có nguồn gốc từ các thức ăn của người, động vật đã tiêu hóa và một phần nhỏ dư thừa thải ra và từ xác động vật chết, cây lá thối rữa tạo nên. Thành phần hóa học của chất hữu cơ là cacbon (C), hydro (H₂), oxy (O₂), một số chất có thêm nitơ (N₂), photpho (P), lưu huỳnh (S).

Dạng tồn tại của cặn hữu cơ trong nước thải chủ yếu là protein, cacbonhydrat, chất béo và các sản phẩm phân hủy của chúng. Các hợp chất hữu cơ bị thối rữa hay phân hủy do hoạt động sống của vi khuẩn và vi sinh có trong nước, nó dễ cháy, dễ bắt lửa.

Cặn hữu cơ cháy và bay hơi hoàn toàn ở nhiệt độ cao 550°C đến 600°C, nên đôi khi còn gọi là cặn bay hơi.

II.1.3. Cặn vô cơ

Cặn vô cơ là các chất trơ, không bị phân hủy, đôi khi có những hợp chất vô cơ phức tạp (như sunfat) ở điều kiện nhất định có thể bị phân rã. Cặn vô cơ có nguồn gốc khoáng chất như các muối khoáng, cát, sạn, bùn, độ kiềm, độ cứng và các chất thường gặp trong nước cấp. Cặn vô cơ không bị cháy ở nhiệt độ cao.

Đem sấy tiếp cặn khô đến 550°C – 600°C toàn bộ cặn hữu cơ sẽ cháy và bay hơi hết, lượng còn lại là cặn vô cơ, đôi khi gọi là độ tro của cặn.

II.1.4. Cặn lơ lửng (SS)

Cặn lơ lửng có thể nhận biết bằng mắt thường, có thể loại nó ra khỏi nước bằng quá trình keo tụ, lắng, lọc. Để xác định hàm lượng cặn lơ lửng, lấy mẫu nước thải lọc qua giấy lọc tiêu chuẩn, sấy khô ở 105°C đem cân sẽ được hàm lượng cặn lơ lửng biểu thị bằng mg/l.

Trong nước thải sinh hoạt cặn lơ lửng chứa 70% cặn hữu cơ 30% cặn vô cơ.

Cặn lơ lửng gồm cặn lắng được và cặn ở dạng keo không lắng được.

II.1.5. Cặn lắng được

Cặn lắng là một phần của cặn lơ lửng, có kích thước và trọng lượng đủ lớn có thể lắng xuống đáy ống nghiệm hoặc xuống đáy bể lắng. Trong tài liệu này chúng tôi đề nghị xác định cặn lắng như sau : Lấy 1 lít nước thải, cho vào ống lắng có khắc độ, để lắng tĩnh 30 phút. Đo thể tích cặn lắng ở phía đáy ống nghiệm, kết quả biểu thị bằng mililít cặn lắng/lít nước (ml/l) hay mililít cặn lắng trên một gram cặn lơ lửng (ml/mg) còn gọi là chỉ số thể tích của cặn.

II.1.6. Cặn lơ lửng dạng keo

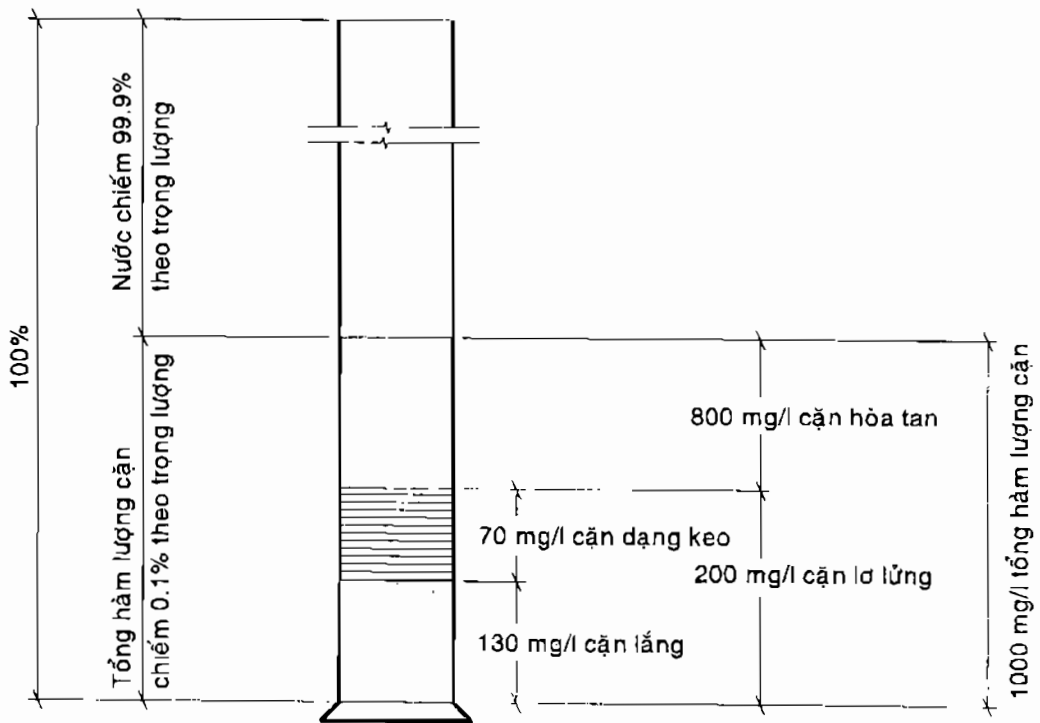
Cặn dạng keo là một phần của cặn lơ lửng, chúng không lắng xuống đáy ống nghiệm trong thời gian rất dài hàng 3 đến 4 giờ, cặn keo thường chứa 65% cặn hữu cơ, 35% cặn vô cơ, cặn keo chịu tác động phân hủy do các phản ứng sinh hóa của vi khuẩn tạo ra, và là thông số quan trọng trong quá trình xử lý nước thải.

II.1.7. Cặn hòa tan

Cặn hòa tan có kích thước rất nhỏ, nó chui lọt qua giấy lọc tiêu chuẩn của phòng thí nghiệm. Cặn hòa tan có 90% là cặn hòa tan thực và 10% là keo. Cặn hòa tan có 40% là cặn hữu cơ, 60% là cặn vô cơ.

Trong các quá trình xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học, nhiệm vụ của người kỹ sư là phải thiết kế ra các công trình có đủ điều kiện thuận lợi cho vi sinh phát triển và tăng trưởng để hấp thụ cặn hữu cơ ở dạng hòa tan, dạng keo, dạng lơ lửng, rồi chuyển hóa chúng thành cặn ở dạng ổn định để lắng trong thời gian càng ngắn càng tốt.

Để có thể rõ thêm về thành phần cặn trong nước thải xem sơ đồ minh họa hình (2-1)



Hình 2-1. Sơ đồ minh họa các thành phần cặn trong nước thải

II.2. NHU CẦU OXY SINH HÓA (BOD) VÀ NHU CẦU OXY HÓA HỌC (COD)

II.2.1. Nhu cầu oxy sinh hóa (BOD) : Là lượng oxy cần thiết cho vi khuẩn sống và hoạt động để oxy hóa các chất hữu cơ có trong nước thải.

Nhu cầu oxy sinh hóa là chỉ tiêu rất quan trọng và tiện dùng để chỉ mức độ nhiễm bẩn của nước thải bằng các chất hữu cơ. Trị số BOD đo được cho phép tính toán lượng oxy hòa tan cần thiết để cấp cho các phản ứng sinh hóa của vi khuẩn diễn ra trong quá trình phân hủy hiếu khí các chất hữu cơ có trong nước thải.

Có thể mô tả sơ lược việc xác định trị số BOD như sau : Lấy mẫu nước đã bão hòa oxy, đo lượng oxy hòa tan ban đầu trong mẫu (mg), cho 1 lượng nhất định nước thải vào mẫu khuấy đều thành dung dịch rồi đưa vào tủ nuôi cấy ở nhiệt độ 20°C, sau 5 ngày, đưa mẫu ra và đo lượng oxy hòa tan còn lại trong mẫu (mg). Lấy hiệu số giữa lượng oxy ban đầu và lượng oxy còn lại trong mẫu sau 5 ngày (mg) chia cho thể tích lượng nước thải cho vào mẫu (*l*) sẽ được trị số BOD₅ biểu thị bằng (mg/l). Thực nghiệm chỉ ra rằng muốn phân hủy hoàn toàn (> 99,2%) chất hữu cơ có trong nước thải trong điều kiện hiếu khí tự nhiên, phải để mẫu trong tủ nuôi cấy ở 20°C trong 20 ngày. Lượng oxy đã tiêu thụ sau 20 ngày gọi là BOD₂₀ (mg/l). Đối với nước thải sinh hoạt BOD₅ thường bằng 0,68 ~ 0,7 BOD₂₀.

II.2.2. Nhu cầu oxy hóa học COD : Là lượng oxy cần thiết để oxy hóa hoàn toàn chất hữu cơ và một phần nhỏ các chất vô cơ dễ bị oxy hóa có trong nước thải.

Chỉ tiêu nhu cầu oxy sinh hóa BOD₅ không đủ để phản ánh khả năng oxy hóa các chất hữu cơ khó bị oxy hóa và các chất vô cơ có thể bị oxy hóa có trong nước thải, nhất là nước thải công nghiệp. Vì vậy, cần phải xác định nhu cầu oxy hóa học (COD mg/l) để oxy hóa hoàn toàn các chất bẩn có trong nước thải. Việc xác định COD có thể tiến hành bằng cách cho chất oxy hóa mạnh vào mẫu thử nước thải ở điều kiện dung dịch có tính axit. Trị số COD luôn luôn lớn hơn trị số BOD₅ và tỷ số COD trên BOD luôn thay đổi tùy thuộc vào tính chất của nước thải. Tỷ số COD : BOD càng nhỏ thì xử lý sinh học càng dễ.

II.3. OXY HÒA TAN

Nồng độ oxy hòa tan trong nước thải trước và sau xử lý là chỉ tiêu rất quan trọng. Trong quá trình xử lý hiếu khí luôn phải giữ nồng độ oxy hòa tan trong nước thải từ 1,5 – 2mg/l để quá trình oxy hóa diễn ra theo ý muốn và để hỗn hợp không rơi vào tình trạng yếm khí. Oxy là khí có độ hòa tan thấp và nồng độ oxy hòa tan phụ thuộc vào nhiệt độ, và nồng độ muối có trong nước. Trong quá trình xử lý nước thải, vi sinh vật tiêu thụ oxy hòa tan để đồng hóa các chất dinh dưỡng và chất nền BOD, N, P cần thiết cho việc duy trì sự sống, sinh sản và tăng trưởng của chúng.

II.4. THÀNH PHẦN THỨC ĂN (CHẤT NỀN) TRONG NƯỚC THẢI

Các kết quả nghiên cứu cho biết thành phần thức ăn quan trọng có trong nước thải gồm rất nhiều hợp chất bắt nguồn từ 3 loại thức ăn cơ bản là cacbonhydrat, protein và chất béo.

- Cacbonhydrat là sản phẩm và là dạng phân nhỏ của axit hữu cơ, nó là thành phần đầu tiên bị phân hủy trong quá trình hoạt động sống của vi sinh. Cacbonhydrat thường tồn tại ở những loại đường, hồ bột khác nhau và cả ở dạng các hợp chất xenlulo của bột giấy. Cacbonhydrat là nguồn đầu tiên cung cấp năng lượng và các hợp chất chứa cacbon cho vi khuẩn sống trong nước thải.
- Protein và các sản phẩm phân hủy của chúng như amino axit, là các hợp chất chứa nhiều nitơ và có nguồn gốc từ xác của động và thực vật. Protein là nguồn cấp nitơ cần thiết cho quá trình hình thành và phát triển của tế bào vi sinh trong nước thải.
- Chất béo và dầu có nguồn gốc từ động thực vật, chúng bị phân hủy thành axit béo dưới tác động của vi khuẩn. Chất béo và dầu có độ hòa tan thay đổi trong nước, ở một số điều kiện nhất định thường nổi lên bề mặt nước.

II.5. TRỊ SỐ pH

Trị số pH cho biết nước thải có tính trung hòa $pH = 7$ hay tính axit $pH < 7$ hoặc tính kiềm $pH > 7$. Quá trình xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học rất nhạy cảm với sự dao động của trị số pH. Quá trình xử lý hiếu khí đòi hỏi giá trị pH trong khoảng 6,5 đến 8,5, khoảng giá trị tốt nhất là từ 6,8 đến 7,4.

II.6. CÁC HỢP CHẤT CỦA NITƠ VÀ PHOTPHO TRONG NƯỚC THẢI

II.6.1. Các hợp chất của Nitơ trong nước thải

Nước thải sinh hoạt luôn có một số hợp chất chứa nitơ. Nitơ là chất dinh dưỡng quan trọng trong quá trình phát triển của vi sinh trong các công trình xử lý sinh học.

Một nhóm các hợp chất chứa nitơ là protein và các sản phẩm phân hủy của nó như amino axit là nguồn thức ăn hữu cơ của vi khuẩn. Một nhóm khác của hợp chất hữu cơ chứa nitơ có trong nước thải bắt nguồn từ phân và nước tiểu (urê) của người và động vật. Urê bị phân hủy ngay khi có tác dụng của vi khuẩn thành amoni (NH_4^+) và NH_3 là hợp chất vô cơ chứa nitơ có trong nước thải.

Hai dạng hợp chất vô cơ chứa nitơ có trong nước thải là nitrit và nitrat. Nitrat là sản phẩm oxy hóa của amoni (NH_4^+) khi tồn tại oxy, thường gọi quá trình này là quá trình nitrat hóa. Còn nitrit (NO_2^-) là sản phẩm trung gian của quá trình nitrat hóa, nitrit là hợp chất không bền vững dễ bị oxy hóa thành nitrat (NO_3^-). Bởi vì amoni tiêu thụ oxy trong quá trình nitrat hóa và các vi sinh vật nước, rong, tảo dùng nitrat làm thức ăn để phát triển, cho nên nếu hàm lượng nitơ có trong nước thải xả ra sông, hồ quá mức cho phép sẽ gây ra hiện tượng phú dưỡng kích thích sự phát triển nhanh của rong, rêu, tảo làm bẩn nguồn nước.

II.6.2. Các hợp chất photpho trong nước thải

Photpho cũng giống như nitơ, là chất dinh dưỡng cho vi khuẩn sống và phát triển trong các công trình xử lý nước thải. Photpho là chất dinh dưỡng đầu tiên cần thiết cho sự phát

triển của thảo mộc sống dưới nước, nếu nồng độ photpho trong nước thải xả ra sông, suối, hồ quá mức cho phép sẽ gây ra hiện tượng phú dưỡng. Photpho thường ở dạng photphat vô cơ và bắt nguồn từ chất thải là phân, nước tiểu, urê, phân bón dùng trong nông nghiệp và từ các chất tẩy rửa dùng trong sinh hoạt hằng ngày.

II.7. CÁC HỢP CHẤT VÔ CƠ TRONG NƯỚC THẢI

Có rất nhiều hợp chất vô cơ trong nước thải sinh hoạt và thường không cần phân tích như các chất soda, cacbonat, canxi, kali, v.v...

Trong số các chất vô cơ có trong nước thải dùng để xem xét quy trình xử lý thường dùng nồng độ clorit và sunfat.

Clorit có nguồn gốc từ nước cấp và từ chất thải urê, clorit không tham gia vào quá trình xử lý sinh học nên sự dao động của hàm lượng clorit trong nước thải cho biết nước thải sinh hoạt có trộn lẫn với nước thải công nghiệp và lưu lượng công nghiệp xả ra không đồng đều, hoặc hệ thống cống bị nước ngầm nhiễm mặn xâm nhập vào. Sunfat trong quá trình xử lý nước thải sinh hoạt không đóng vai trò quan trọng nên thường không được phân tích.

Sunfat trong điều kiện yếm khí dễ bị phân hủy thành khí hydrô sunfua (H_2S) gây mùi khó chịu. Khí hydrô sunfua là khí độc, nặng hơn không khí, thường tích tụ ở các hố thăm, hầm bơm v.v... với nồng độ cao khí H_2S làm tê liệt khứu giác, có mùi trứng thối, độ hòa tan và độ hoạt hóa lớn, có thể tác dụng với một số hợp chất hữu cơ tạo ra mùi và màu khó chịu.

Trong mạng lưới thu gom nước thải đô thị, ngoài nước thải sinh hoạt thường có cả nước thải của các nhà máy công nghiệp nằm trong đô thị. Để đảm bảo cho quá trình xử lý sinh học diễn ra bình thường, phải yêu cầu các nhà máy công nghiệp có chất thải độc hại như các kim loại nặng phải xử lý cục bộ trước khi xả ra cống chung sao cho nồng độ các chất độc hại có trong nước thải trước khi vào nhà máy xử lý ở dưới mức cho phép ghi trong bảng 2 – 1.

Bảng 2 – 1 : Giá trị cho phép của nồng độ các chất độc hại có trong nước thải trước khi vào nhà máy xử lý bằng phương pháp sinh học

Tên gọi	Nồng độ cao nhất cho phép (mg/l)	
	Khử BOD	Nitrat hóa
Nhôm (Al)	15 – 26	*
Dung dịch amôniac (NH_3)	480	*
Asen (As)	0,1	*
Boron (Bo)	0,05 – 100	*
Cadmi (Cd)	10 – 100	*
Canxi (Ca)	2500	*

Tên gọi	Nồng độ cao nhất cho phép (mg/l)	
	Khử BOD	Nitrat hóa
Crôm (Cr ⁺⁶)	1 – 10	0,25
Crom (Cr ⁺³)	50	*
Đồng (Cu)	1,0	0,005 – 0,5
Xianua	0,1 – 5	0,34
Sắt (Fe)	1.000	*
Chì	0,1	0,5
Mangan (Mn)	10	*
Magiê (Mg)	(* chưa có số liệu)	50
Thủy ngân (Hg)	0,1 – 5	*
Niken (Ni)	1,0 – 2,5	0,25
Bạc (Ag)	5	*
Sunfat (SO ₄ ⁻)	*	500
Kẽm (Zn)	0,08 – 10	0,08 – 0,5
Phenol	200	4 – 10
Cresol	*	4 – 16
2-4 Dinitrophenol	*	150

II.8. THÀNH PHẦN VI SINH TRONG NƯỚC THẢI

Nước thải sinh hoạt chứa vô số sinh vật chủ yếu là vi sinh với số lượng từ 10^5 - 10^6 con trong 1 ml. Hai nguồn chủ yếu đưa vi sinh vào nước thải là phân, nước tiểu và từ đất.

Nước thải và đất chứa vô số vi sinh đặc biệt là vi khuẩn. Tế bào vi sinh hình thành từ chất hữu cơ nên có thể coi tập hợp vi sinh là một phần của tổng chất hữu cơ có trong nước thải, phần này sống, hoạt động, tăng trưởng để phân hủy phần hữu cơ còn lại của nước thải. Phần lớn vi sinh có trong nước thải không phải là vi khuẩn gây bệnh. Có thể có một số ít vi khuẩn gây bệnh như : thương hàn, tả, lỵ và vi trùng gan.

Thường phân loại vi sinh có trong nước thải bằng hình dạng (hình thái học). Vi sinh trong xử lý nước thải có thể phân làm ba nhóm là : Vi khuẩn, nấm và tế bào nguyên sinh.

II.8.1. Vi khuẩn (Bacteria)

Đóng vai trò quan trọng đầu tiên trong việc phân hủy chất hữu cơ, nó là cơ thể sống đơn bào, có khả năng phát triển và tăng trưởng trong các bông cặn lơ lửng hoặc dính bám

vào bề mặt vật cứng. Có rất nhiều loại vi khuẩn không thể chỉ tên và mô tả hết được, loại dễ nhận biết nhất là vi khuẩn Coli phân.

Vi khuẩn có khả năng sinh sản rất nhanh, khi tiếp xúc với chất dinh dưỡng có trong nước thải, chúng hấp thụ nhanh thức ăn qua thành tế bào.

Có ba loại vi khuẩn cơ bản là : Khuẩn que, khuẩn cầu và khuẩn xoắn thường có trong nước thải dưới dạng tụ tập lại thành màng mỏng như lưới, hoặc liên kết với nhau thành khối như bông cặn.

Đại đa số vi khuẩn đóng vai trò quan trọng trong việc phân hủy chất hữu cơ, biến chất hữu cơ thành chất ổn định tạo thành bông cặn dễ lắng, nhưng thường cũng có loại vi khuẩn dạng lông tơ (filamentous) kết với nhau thành lưới nhẹ nổi lên bề mặt làm ngăn cản quá trình lắng ở bể lắng đợt 2

Vi khuẩn ký sinh (paracitic bacteria) là vi khuẩn sống bám vào vật chủ, thức ăn của nó là thức ăn đã được vật chủ đồng hóa, chúng thường sống trong đường ruột của người và động vật, và đi vào nước thải theo phân và nước tiểu. Vi khuẩn ký sinh có nhiều loại là vi trùng gây bệnh, đi vào nước thải theo phân và nước tiểu của người bị bệnh.

- *Vi khuẩn hoại sinh (saprophytic bacteria)* vi khuẩn hoại sinh dùng chất hữu cơ không hoạt động làm thức ăn, nó phân hủy cặn hữu cơ làm chất dinh dưỡng để sống và sinh sản rồi thải ra các chất gồm cặn hữu cơ có cấu tạo đơn giản và cặn vô cơ. Bằng quá trình hoạt động như vậy, vi khuẩn hoại sinh đóng vai trò cực kỳ quan trọng trong việc làm sạch nước thải. Nếu không có hoạt động sống và sinh sản của vi khuẩn, quá trình phân hủy sẽ không xảy ra. Có rất nhiều loại vi khuẩn hoại sinh, mỗi loài đóng một vai trò đặc biệt trong một công đoạn của quá trình phân hủy hoàn toàn cặn hữu cơ có trong nước thải và mỗi loài sẽ tự chết khi hoàn thành quy trình sống và sinh sản ở giai đoạn đó.

Tất cả các vi khuẩn ký sinh và hoại sinh cần có thức ăn và oxy để đồng hóa. Một số loài trong số vi khuẩn này chỉ có thể hô hấp bằng oxy hòa tan trong nước gọi là vi khuẩn hiếu khí và quá trình phân hủy chất hữu cơ của chúng gọi là quá trình hiếu khí hay quá trình oxy hóa. Một số loài khác trong số các vi khuẩn này không thể tồn tại được khi có oxy hòa tan trong nước mà lấy oxy cần cho sự đồng hóa từ các hợp chất hữu cơ và vô cơ có chứa oxy trong quá trình phân hủy chúng. Những vi khuẩn loại này gọi là vi khuẩn yếm khí và quá trình phân hủy gọi là quá trình yếm khí, quá trình này tạo ra mùi khó chịu

Còn một số loài vi khuẩn hiếu khí trong quá trình phân hủy chất hữu cơ nếu thiếu hoàn toàn oxy hòa tan chúng có thể tự điều chỉnh để thích nghi với môi trường gọi là vi khuẩn hiếu khí lưỡng nghi (facultative aerobic bacteria). Ngược lại cũng tồn tại một số loài vi khuẩn yếm khí khi có oxy hòa tan trong nước chúng không bị chết mà lại làm quen được với môi trường hiếu khí gọi là vi khuẩn yếm khí lưỡng nghi (facultative anaerobic bacteria). Sự tự điều chỉnh để thích nghi với môi trường có sự thay đổi của oxy hòa tan của vi khuẩn hoại sinh là rất quan trọng trong quy trình phân hủy chất hữu cơ của nước thải trong các công trình xử lý.

Nhiệt độ nước thải có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình hoạt động và sinh sản của vi khuẩn, phần lớn vi khuẩn hoại sinh hoạt động có hiệu quả cao và phát triển mạnh mẽ ở nhiệt độ từ 20 - 40 °C. Một số loài vi khuẩn trong quá trình xử lý cần phát triển ở nhiệt độ 50 - 60 °C.

Khi duy trì các điều kiện môi trường : thức ăn, nhiệt độ, pH, oxy , độ ẩm thích hợp để vi khuẩn phát triển thì hiệu quả xử lý sinh học trong công trình sẽ đạt cao nhất.

II.8.2. Nấm (Fungi)

Là một loại vi sinh, phần lớn là dạng lông tơ (filamentous) hoàn toàn khác với các dạng của vi khuẩn, nói chung vi sinh dạng nấm có kích thước lớn hơn vi khuẩn và không có vai trò trong giai đoạn phân hủy ban đầu các chất hữu cơ trong quá trình xử lý nước thải.

Vi có kích thước lớn, tỷ trọng nhẹ vi sinh dạng nấm nếu phát triển mạnh sẽ kết thành lưới nổi lên mặt nước gây cản trở quá trình lắng ở bể lắng đợt 2. Một số loại nấm gây bệnh về da có thể có trong nước thải.

II.8.3. Tế bào nguyên sinh (Protozoa)

Là một loại động vật được đặc trưng bằng một vài giai đoạn hoạt động trong quá trình sống của nó, nguyên sinh động vật là một phần trong tổng số các loại vi sinh có trong nước thải. Thức ăn chính của nguyên sinh động vật là vi khuẩn cho nên chúng là chất chỉ thị quan trọng chỉ hiệu quả xử lý của các công trình xử lý nước thải.

Amíp là một nguyên sinh động vật gây bệnh kiết lỵ rất khó tiêu diệt bằng quy trình tiệt trùng thông thường vẫn dùng trong các nhà máy xử lý nước thải.

Trong số thành phần vi sinh khác có số lượng ít trong nước thải sinh hoạt là virus (viruses). Virus rất bé chỉ có thể phát hiện bằng kính hiển vi điện tử. Virus đóng vai trò rất quan trọng vì chúng lấy năng lượng để hoạt động và sinh sản từ mô tế bào sống và là ký sinh trùng. Trong số các virus gây bệnh tìm thấy trong nước thải có virus gây viêm gan (hepatitis), viêm tủy, bại liệt (polio) và một số virus gây bệnh đường ruột. Chúng có số lượng ít và thường có liên hệ với vi khuẩn coli. Ví dụ mỗi một triệu vi khuẩn coli có một virus gây bệnh. Có một số virus không gây bệnh, không tác động vào cơ thể người nhưng lại tấn công vào vi khuẩn, chúng là loại thực bào (ăn vi khuẩn) (bacteriophage). Virus trong nước thải rất khó tiêu diệt theo quy trình tiệt trùng bằng clo thông thường vẫn áp dụng.

Tảo (algae) là loại vi thảo mộc sống dưới nước cần có năng lượng ánh sáng mặt trời để phát triển. Nước thải nếu không tiếp xúc với ánh sáng mặt trời thường không có tảo. Tảo thường đóng vai trò rất quan trọng trong việc cung cấp oxy cho hồ xử lý ổn định nước thải thông qua quá trình quang hợp.

Tảo phát triển rất nhanh khi trong nước có dư chất dinh dưỡng là Nitơ và Photpho (đặc biệt là photpho). Sự phát triển quá mạnh của tảo làm bẩn nước trong suối, hồ, sông. Thường tảo được phân loại theo màu sắc : xanh, xanh lơ, nâu, đỏ v.v... Tảo không gây độc

hại cho người nhưng nếu nguồn nước cấp có nhiều tảo, nhất là tảo xanh sẽ rất khó xử lý vì tảo nhẹ khó keo tụ và khó lắng.

Ngoài thành phần vi sinh đã nêu trên, trong nước thải còn có nhiều loại côn trùng, có thể nhìn thấy bằng mắt thường, cũng có tác dụng phân hủy chất hữu cơ như giun sán và sâu bọ ở nhiều giai đoạn phát triển của chúng.

Nhiệm vụ của người kỹ sư khi thiết kế các công trình xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học là tạo ra điều kiện môi trường thuận lợi cho các loại vi sinh và sinh vật có năng suất phân hủy chất hữu cơ cao, phát triển thuận lợi nhất và hạn chế các vi sinh gây cản trở quá trình làm sạch như nấm (filamentous), tảo, v.v...

CHƯƠNG III

CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ VÀ XẢ NƯỚC THẢI VÀO NGUỒN TIẾP NHẬN

Nước thải trong khu dân cư, khu công nghiệp và đô thị phải được thu gom, vận chuyển đến nơi tập trung ở ngoài khu dân cư để xử lý và xả ra nguồn tiếp nhận.

Công đoạn xả nước thải vào nguồn tiếp nhận là bắt buộc đối với tất cả các loại nước thải; còn công đoạn xử lý cần đến mức độ nào phụ thuộc vào điều kiện môi trường, đặc tính của nguồn tiếp nhận, phương pháp xả nước vào nguồn tiếp nhận do cơ quan quản lý môi trường quyết định.

Xử lý và xả nước thải ra nguồn tiếp nhận phải thỏa mãn hai yêu cầu:

1. Giảm đến tối thiểu ảnh hưởng độc hại của nước thải đến sức khỏe cộng đồng.
2. Loại bỏ hoàn toàn hoặc giảm đến tối đa tác động xấu của nước thải đến chất lượng nước trong nguồn tiếp nhận và chất lượng của môi trường tự nhiên nói chung.

III.1. XẢ NƯỚC THẢI VÀO NGUỒN TIẾP NHẬN

Có ba phương pháp xả nước thải vào nguồn tiếp nhận, cả ba phương pháp đều phải thỏa mãn :

- a. Không có vi trùng (virut) gây và truyền bệnh.
- b. Không bị độc hại do tác động của các kim loại nặng và các chất hữu cơ khó phân hủy như thuốc sát trùng, thuốc trừ sâu.

III.1.1. Xả nước thải vào cánh đồng tưới

Dẫn nước thải theo hệ thống mương đất trên cánh đồng tưới, dùng bơm và ống phân phối phun nước thải lên trên mặt đất. Một phần nước bốc hơi, phần còn lại thấm vào đất để tạo độ ẩm và cung cấp một phần chất dinh dưỡng cho cây cỏ sinh trưởng. Phương pháp này chỉ được dùng hạn chế ở những nơi có khối lượng nước thải nhỏ, vùng đất khô cằn xa khu dân cư, độ bốc hơi cao và đất luôn thiếu độ ẩm.

Ở cánh đồng tưới không được trồng rau xanh và cây thực phẩm vì vi khuẩn, virut gây bệnh và kim loại nặng trong nước thải chưa được loại bỏ sẽ gây tác hại cho sức khỏe của người sử dụng các loại rau và cây thực phẩm này.

III.1.2. Xả nước thải vào các hố đào và giếng thăm

Phương pháp này có thể dùng khi :

- Lưu lượng nước thải nhỏ, đất có hệ số thấm thích hợp và có cấu trúc dạng hạt, đủ độ rỗng để vi sinh yếm khí dính bám vào hạt của tầng đất. Trong phạm vi cách ly (khoảng cách để quá trình làm sạch yếm khí xảy ra hoàn toàn) không được đào giếng lấy nước sinh hoạt.

- Nước thải không có kim loại nặng, đã lắng cặn và không có thuốc tẩy, thuốc trừ sâu. Phương pháp này còn gọi là quá trình làm sạch bằng thấm lọc tự nhiên.

III.1.3. Xả nước thải vào sông suối, hồ, đầm, ao

Phương pháp xả nước thải vào những nơi vận chuyển và chứa nước có sẵn trong tự nhiên để pha loãng chúng và tận dụng khả năng tự làm sạch của các nguồn nước tự nhiên là phương pháp dùng phổ biến hiện nay.

Khi xả nước thải vào nguồn tiếp nhận, nước của nguồn tiếp nhận sẽ bị nhiễm bẩn. Mức độ nhiễm bẩn của hỗn hợp nước phụ thuộc vào : lưu lượng và chất lượng nước thải, khối lượng và chất lượng nước có sẵn trong nguồn, mức độ khuấy trộn để pha loãng. Khi lưu lượng và tổng hàm lượng chất bẩn trong nước thải nhỏ so với lượng nước của nguồn tiếp nhận, ôxy hòa tan có trong nước ở nguồn tiếp nhận đủ để cấp cho quá trình làm sạch hiếu khí các chất hữu cơ thì sự hủy hoại nguồn nước sẽ không phát triển, tuy vậy các chất nổi hoặc lơ lửng, vi trùng gây bệnh, kim loại nặng nếu không loại bỏ trước vẫn đe dọa đến sức khỏe và sinh hoạt cộng đồng thông qua hoạt động của các loài cá, chim và các sinh vật có ích khác.

Khi tổng hàm lượng chất bẩn xả vào nguồn tiếp nhận lớn, oxy hòa tan không đủ để oxy hóa các chất hữu cơ, quá trình thối rữa và phân hủy yếm khí xảy ra, nguồn nước sẽ bị hủy hoại dần. Vì thế phải làm sạch nước thải trước khi xả vào nguồn tiếp nhận.

Cơ quan quản lý môi trường sẽ căn cứ vào khả năng tự làm sạch của nguồn tiếp nhận, nó là hàm số của : Khối lượng nước, chế độ dòng chảy, hiệu quả khuấy trộn. thời gian lưu giữ của nước thải trong hỗn hợp, nhiệt độ nước, chất lượng nước thải và vai trò của nguồn tiếp nhận trong hệ sinh thái để quyết định mức độ xử lý nước thải trước khi được xả vào nguồn tiếp nhận.

III.2. MỨC ĐỘ XỬ LÝ NƯỚC THẢI THEO LUẬT MÔI TRƯỜNG

Ở Việt Nam luật bảo vệ môi trường đã được Quốc hội khóa IX kỳ họp thứ tư thông qua ngày 27.12.1993. Trong Bộ luật quy định rõ quyền hạn và trách nhiệm của các cơ quan pháp luật, các cơ quan chuyên môn và người dân trong việc kiểm soát ô nhiễm và xả các chất thải ra môi trường. Riêng đối với nước thải trước khi xả vào nguồn tiếp nhận là nguồn nước mặt và nguồn nước ngầm phải tuân theo tiêu chuẩn ban hành trong quyết định số 229 QĐ/TĐC ngày 25.03.1995 của Bộ trưởng Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường về việc ban hành tiêu chuẩn Việt Nam (xem bảng III-1 và III-2).

TIÊU CHUẨN VIỆT NAM TCVN 5945 - 1995

Nước thải công nghiệp - Tiêu chuẩn thải (Industrial waste water - Discharge standards)

1. Phạm vi áp dụng

- 1.1. Tiêu chuẩn này quy định giá trị giới hạn các thông số và nồng độ các chất thành phần trong nước thải của các cơ sở sản xuất, chế biến, kinh doanh, dịch vụ ... (gọi chung là nước thải công nghiệp).
- 1.2. Tiêu chuẩn này dùng để kiểm soát chất lượng nước thải công nghiệp trước khi đổ vào các vực nước.

2. Giá trị giới hạn

- 2.1. Giá trị giới hạn các thông số và nồng độ các chất thành phần của nước thải công nghiệp khi đổ vào các vực nước phải phù hợp với quy định trong bảng.
- 2.2. Đối với nước thải của một số ngành công nghiệp đặc thù, giá trị các thông số và nồng độ các chất thành phần được quy định trong các tiêu chuẩn riêng.
- 2.3. Nước thải công nghiệp có giá trị các thông số và nồng độ các chất thành phần hoặc nhỏ hơn giá trị quy định trong cột A có thể đổ vào các vực nước được dùng làm nguồn cấp nước sinh hoạt.
- 2.4. Nước thải công nghiệp có giá trị các thông số và nồng độ các chất thành phần nhỏ hơn hoặc bằng giá trị quy định trong cột B chỉ được đổ vào các vực nước dùng cho các mục đích giao thông thủy, tưới tiêu, bơi lội, nuôi thủy sản, trồng trọt ...
- 2.5. Nước thải công nghiệp có giá trị các thông số và nồng độ các chất thành phần lớn hơn giá trị quy định trong cột B nhưng không vượt quá giá trị quy định trong cột C chỉ được phép đổ vào các nơi được quy định.
- 2.6. Nước thải công nghiệp có giá trị các thông số và nồng độ các chất thành phần lớn hơn giá trị quy định trong cột C thì không được phép thải ra môi trường.
- 2.7. Phương pháp lấy mẫu, phân tích, tính toán, xác định từng thông số và nồng độ cụ thể được quy định trong các TCVN tương ứng.

Bảng 3 - 1. Nước thải công nghiệp
Giá trị giới hạn các thông số và nồng độ các chất ô nhiễm

Stt	Thông số	Đơn vị	Giá trị giới hạn		
			A	B	C
1	Nhiệt độ	°C	40	40	45
2	pH		6 - 9	5,5 - 9	5 - 9
3	BOD ₅ (20 °C)	mg/l	20	50	100

Stt	Thông số	Đơn vị	Giá trị giới hạn		
			A	B	C
4	COD	mg/l	50	100	400
5	Chất rắn lơ lửng	mg/l	50	100	200
6	Asen	mg/l	0,05	0,1	0,5
7	Cadmi	mg/l	0,01	0,002	0,5
8	Chì	mg/l	0,1	0,5	1
9	Clo dư	mg/l	1	2	2
10	Crom (Cr ⁺⁶)	mg/l	0,05	0,1	0,5
11	Crom (Cr ⁺³)	mg/l	0,2	1	2
12	Dầu mỡ khoáng	mg/l	KPHĐ	1	5
13	Dầu động thực vật	mg/l	5	10	30
14	Đồng	mg/l	0,2	1	5
15	Kẽm	mg/l	1	2	5
16	Mangan	mg/l	0,2	1	5
17	Niken	mg/l	0,2	1	2
18	Phot pho hữu cơ	mg/l	0,2	0,5	1
19	Phot pho tổng số	mg/l	4	6	8
20	Sắt	mg/l	1	5	10
21	Tetraoctylen	mg/l	0,02	0,1	0,1
22	Thiếc	mg/l	0,2	1	5
23	Thủy ngân	mg/l	0,005	0,005	0,01
24	Tổng Nitơ	mg/l	30	6,0	60
25	Tricloetylen	mg/l	0,05	0,3	0,3
26	Amoniác (tính theo N)	mg/l	0,1	1	10
27	Florua	mg/l	1	2	5
28	Phenol	mg/l	0,001	0,05	1
29	Sulfua	mg/l	0,2	0,5	1
30	Xianua	mg/l	0,05	0,1	0,2
31	Tổng hoạt động phóng xạ α	Bq/l	0,1	0,1	-
32	Tổng hoạt động phóng xạ β	Bq/l	1,0	1,0	-
33	Coliform	MPN/100 ml	5000	10000	-

Chú thích : KPHĐ - Không phát hiện được.

**Bảng 2 - 2. Giá trị giới hạn cho phép của các thông số
và nồng độ các chất ô nhiễm trong nước ngầm**

Stt	Thông số	Đơn vị	Giá trị giới hạn
1	pH		6,5 đến 8,5
2	Màu	Pt - Cu	5 đến 50
3	Độ cứng (tính theo CaCO ₃)	mg/l	300 đến 500
4	Chất rắn tổng cộng	mg/l	750 đến 1500
5	Asen	mg/l	0,05
6	Cadmi	mg/l	0,01
7	Clorua	mg/l	200 đến 600
8	Chì	mg/l	0,05
9	Crom (Cr ⁺⁶)	mg/l	0,05
10	Xianua	mg/l	0,01
11	Đồng	mg/l	1,0
12	Florua	mg/l	1,0
13	Kẽm	mg/l	5,0
14	Mangan	mg/l	0,1 đến 0,5
15	Nitrat	mg/l	45
16	Phenol	mg/l	0,001
17	Sắt	mg/l	1 đến 5
18	Sunfat	mg/l	200 đến 400
19	Thủy ngân	mg/l	0,001
20	Selen	mg/l	0,01
21	Fecalcoli	MPN/100 ml	không
22	Coliform	MPN/100 ml	3

III.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NƯỚC THẢI

Để đáp ứng các tiêu chuẩn chất lượng của nước thải trước khi xả vào nguồn tiếp nhận, nước thải từ các khu dân cư, từ các nhà máy công nghiệp, từ các công sở và khu thương mại phải được thu gom bằng hệ thống cống, dẫn đến nơi tập trung (nhà máy xử lý) nằm ngoài vùng ảnh hưởng của các đối tượng kể trên để xử lý.

1. Có thể phân loại các phương pháp xử lý nước thải theo đặc tính của quy trình xử lý như : Xử lý cơ học, xử lý hóa học, xử lý sinh học (xem bảng III- 3). Hệ thống xử lý nước thải hoàn chỉnh có thể gồm một vài công trình đơn vị trong các công đoạn xử lý cơ học, hóa học, sinh học và xử lý bùn cặn

Bảng 3 - 3. Một vài phương pháp xử lý nước thải theo quy trình xử lý cơ học, hóa học, sinh học

Quy trình xử lý	Các công đoạn có thể áp dụng
Cơ học	Lắng cặn Lọc qua lưới lọc Làm thoáng Lọc qua lớp vật liệu lọc, lọc qua màng Tuyển nổi và vớt bọt Khử khí Khuấy trộn pha loãng
Hóa học	Clo hóa Ozon hóa Trung hòa bằng dung dịch axit hoặc kiềm Keo tụ Hấp thụ và hấp phụ Trao đổi ion
Sinh học	- Xử lý hiếu khí : + Bể aerotank + Bể lọc sinh học + Hồ hiếu khí, hồ oxy hóa + Ổn định cặn trong môi trường hiếu khí - Xử lý yếm khí

Quy trình xử lý	Các công đoạn có thể áp dụng
	<ul style="list-style-type: none"> + Bể UASB + Bể lọc yếm khí + Bể tự hoại, bể lắng 2 vỏ + Hồ yếm khí + Ổn định cặn trong môi trường yếm khí – bể metan

- *Xử lý cơ học* : gồm những quá trình mà khi nước thải đi qua quá trình đó sẽ không thay đổi tính chất hóa học và sinh học của nó. Xử lý cơ học nhằm nâng cao chất lượng và hiệu quả của các bước xử lý tiếp theo. Ví dụ : lưới chắn ngăn chặn các vật cứng, vật nổi có kích thước lớn đi vào máy bơm, bể lắng cát, bể lắng cặn đợt 1 giúp loại bỏ cặn nặng gây cản trở cho quá trình xử lý sinh học trong bể aerotank hay bể lọc sinh học, bể tuyển nổi, vớt bọt giúp loại bỏ dầu, mỡ và các chất hoạt động bề mặt gây cản trở cho quá trình oxy hóa và khử mầu, các loại bể lọc giúp loại bỏ cặn lơ lửng làm cho nước trong trước khi xả ra nguồn tiếp nhận v.v... Trên mạng cống thu gom đôi khi có một vài nhà máy công nghiệp có lượng nước thải nhỏ chứa các chất có hại cho quá trình xử lý sinh học cần phải xử lý trước hoặc đặt các bể khuấy trộn với nước thải chung để pha loãng các chất này xuống dưới nồng độ cho phép trước khi đi vào nhà máy xử lý nước thải.

Xử lý hóa học : Là quá trình dùng một số hóa chất và bề phản ứng nhằm nâng cao chất lượng của nước thải để đáp ứng hiệu quả xử lý của các công đoạn sau.

Ví dụ :

- Dùng axit hay vôi để điều chỉnh pH.
- Dùng than hoạt tính, clo, ozon để khử các chất hữu cơ khó oxy hóa, khử mầu, mùi, khử trùng ..
- Dùng bể lọc trao đổi ion để khử kim loại nặng v.v...

Xử lý sinh học : Là phương pháp dùng vi sinh, chủ yếu là vi khuẩn để phân hủy sinh hóa các hợp chất hữu cơ, biến các hợp chất có khả năng thối rữa thành các chất ổn định với sản phẩm cuối cùng là cacbonic, nước và các chất vô cơ khác.

Phương pháp xử lý sinh học có thể chia ra hai loại : xử lý hiếu khí và xử lý yếm khí trên cơ sở có oxy hòa tan và không có oxy hòa tan, phương pháp xử lý sinh học sẽ được đề cập ở các chương sau.

Mục đích của quá trình xử lý nước thải là loại bỏ cặn lơ lửng, các hợp chất hữu cơ, các chất độc hại, vi khuẩn và vi rút gây bệnh đến nồng độ cho phép theo tiêu chuẩn xả vào nguồn tiếp nhận.

2. Có nhiều loại thiết bị và công trình dùng trong quá trình xử lý nước thải, các thiết bị và công trình này có khi thực hiện đồng thời ba nhiệm vụ : xử lý cơ học, xử lý hóa học và

xử lý sinh học. Vì thế trong các tài liệu viết về quy trình xử lý nước thải còn có cách phân loại theo công đoạn như sau :

- a. Tiền xử lý
- b. Xử lý sơ bộ
- c. Xử lý bậc 2
- d. Tiệt trùng
- e. Xử lý cặn
- f. Xử lý bậc 3

3. Về mức độ xử lý đôi khi còn phân loại theo bậc xử lý :

- a. Xử lý sơ bộ : Chất lượng nước ra đáp ứng gần loại C
- b. Xử lý bậc hai : Chất lượng nước ra đạt loại A, B
- c. Xử lý bậc 3 : Tiếp sau bậc hai để nâng cao thêm chất lượng nước đầu ra để có thể sử dụng lại nước.

4. Mô tả sơ bộ các công đoạn xử lý

A. Tiền xử lý :

Ở hầu hết các nhà máy xử lý nước thải, công đoạn tiền xử lý gồm các thiết bị và công trình làm nhiệm vụ bảo vệ máy bơm và loại bỏ phần lớn cặn nặng (cát) vật nổi (dầu mỡ, bọt) cản trở cho các công trình xử lý tiếp theo. Các thiết bị thường dùng là :

- Song chắn, lưới chắn rác.
- Máy nghiền và cắt vụn rác.
- Bể lắng cát, vớt dầu mỡ.
- Bể làm thoáng sơ bộ.
- Bể điều hòa chất lượng và lưu lượng.

Đôi khi dùng clo để khử mùi, tiệt trùng, tăng cường oxy hóa.

B. Xử lý sơ bộ :

Chủ yếu là quá trình lắng để loại bỏ bớt cặn lơ lửng, có nhiều loại thiết bị lắng, theo thiết kế, nguyên tắc vận hành và hoàn cảnh áp dụng có thể chia làm 4 loại sau :

- a. Bể tự hoại (Septic tank).
- b. Bể lắng hai vỏ (Imhoff tank).
- c. Bể lắng ngang.
- d. Bể lắng đứng.

Kết quả của công đoạn xử lý sơ bộ là loại bỏ được một phần cặn lơ lửng và các chất nổi như dầu, mỡ v.v... đồng thời với việc phân hủy yếm khí cặn lắng ở đáy bể để ổn định cặn.

C. Xử lý bậc hai :

Là công đoạn phân hủy sinh học hiếu khí các chất hữu cơ, chuyển chất hữu cơ có khả năng phân hủy thành các chất vô cơ và chất hữu cơ ổn định kết thành bông cặn để loại bỏ ra khỏi nước thải.

Các công trình và thiết bị dùng trong công đoạn xử lý bậc hai có thể chia thành 4 nhóm :

- a. Bể lọc sinh học nhỏ giọt và bể lắng đợt 2.
- b. Bể sục khí bùn hoạt tính lơ lửng (aerotank) và bể lắng đợt 2.
- c. Bể lọc hiếu khí.
- d. Hồ hiếu khí và hồ lắng.

D. Tiệt trùng :

Tiệt trùng là công đoạn tiếp sau xử lý bậc hai. Các phương pháp tiệt trùng thường dùng :

- Clo.
- Ozon
- Tia cực tím.

Mục đích của quá trình này nhằm đảm bảo nước trước khi xả ra nguồn tiếp nhận không còn vi trùng, virus gây và lây bệnh, khử mầu, khử mùi và giảm nhu cầu oxy sinh hóa của nguồn tiếp nhận.

E. Xử lý cặn :

Cặn lắng ở công đoạn xử lý sơ bộ và ở công đoạn xử lý bậc hai còn chứa nhiều nước, (thường có độ ẩm đến 99%) và chứa nhiều cặn hữu cơ còn khả năng thối rữa vì thế cần phải áp dụng một số biện pháp để xử lý tiếp cặn lắng, làm cho cặn ổn định (không còn khả năng thối rữa) và loại bớt nước ra khỏi cặn để giảm nhẹ trọng lượng và khối tích của cặn, trước khi thải cặn ra nguồn tiếp nhận. Thường áp dụng đồng thời hai hoặc nhiều thiết bị sau để xử lý cặn.

- a. Thiết bị hoặc bể cô đặc cặn.
- b. Bể ổn định cặn hiếu khí.
- c. Bể ổn định cặn yếm khí (bể metan).
- d. Hồ cô đặc và ổn định yếm khí.
- e. Sân phơi bùn làm khô cặn.

f. Làm khô cặn bằng thiết bị lọc chân không, máy nén li tâm, máy lọc ép trên băng tải .v.v...

g. Đốt cặn trong lò thiêu.

Trong tài liệu này chúng tôi chỉ giới thiệu bể cô đặc cặn, bể ổn định cặn yếm khí và hiếu khí, làm khô cặn bằng sản phẩm bùn, máy ép li tâm, máy lọc ép băng tải và hồ cô đặc và ổn định bùn yếm khí.

G. Trạm xử lý nước thải chế tạo sẵn.

Trạm xử lý nước thải chế tạo sẵn tại công xưởng theo các môđun có kích thước định hình theo các quy trình công nghệ khác nhau nhằm xử lý nước thải cho các đối tượng có công suất nhỏ, thiếu đất xây dựng. Tính toán thiết kế, vận hành, lắp đặt các trạm này sẽ giới thiệu ở tài liệu riêng.

H. Xử lý bậc ba. Công đoạn xử lý bậc ba

(Tertiary and Advanced Wastewater Treatment)

Tiếp sau công đoạn xử lý bậc 2 nhằm nâng cao chất lượng của nước thải đã được xử lý để dùng lại hoặc để xả vào nguồn tiếp nhận có yêu cầu cao và thường gồm các thiết bị:

- a. Lọc cát, lọc nổi, lọc qua màng để lọc trong nước.
- b. Lọc qua than hoạt tính để khử hết các kim loại nặng, chất hữu cơ, mùi, màu ..
- c. Xử lý hóa chất để ổn định chất lượng nước.

Trong tài liệu này không giới thiệu các thiết bị xử lý của công đoạn xử lý bậc ba.

CHƯƠNG IV

CÁC CÔNG TRÌNH TIỀN XỬ LÝ VÀ XỬ LÝ SƠ BỘ

IV.1. TIỀN XỬ LÝ

Giai đoạn tiền xử lý có nhiệm vụ loại ra khỏi nước thải tất cả các vật có thể gây tắc nghẽn đường ống làm hư hại máy bơm và làm giảm hiệu quả xử lý của giai đoạn sau, cụ thể:

- a. Loại bỏ hoặc cắt nhỏ những vật nổi lơ lửng có kích thước lớn có trong nước thải như mảnh gỗ, nhựa, gạch bông, rễ rạch, giấy, vỏ hoa quả v.v...
- b. Loại bỏ cặn nặng như sỏi, cát, mảnh kim loại, thủy tinh v.v...
- c. Loại bỏ phần lớn dầu mỡ.

Các công trình bố trí trong giai đoạn tiền xử lý gồm song chắn, lưới chắn rác, thiết bị nghiền, cắt vụn rác (nếu cần), bể lắng cát, bể điều hòa lưu lượng (nếu cần).

IV.1.1. Song chắn và lưới chắn rác

Song chắn hoặc lưới chắn rác đặt trước trạm bơm trên đường tập trung nước thải chảy vào hầm bơm.

- Song chắn rác thường đặt đứng vuông góc với dòng chảy, song chắn gồm các thanh kim loại (thép không gỉ) tiết diện 5×20 mm đặt cách nhau 20 – 50 mm trong một khung thép hàn hình chữ nhật, dễ dàng trượt lên xuống dọc theo 2 khe ở thành mương dẫn, vận tốc nước qua song $v_{\max} \leq 1$ m/s (ứng với Q_{\max}).

- Lưới chắn rác thường đặt nghiêng $45 - 60^\circ$ so với phương thẳng đứng, vận tốc qua lưới $v_{\max} \leq 0,6$ m/s. Khe rộng của mắt lưới thường từ 10 – 20 mm. Làm sạch song chắn và lưới chắn bằng thủ công, hay bằng các thiết bị cơ khí tự động hoặc bán tự động. Ở trên hoặc bên cạnh mương đặt song, lưới chắn rác phải bố trí sàn thao tác đủ chỗ để thùng rác và đường vận chuyển.

IV.1.2. Thiết bị nghiền, cắt vụn rác

Các nhà chế tạo đã sản xuất và trên thị trường bán nhiều loại thiết bị vừa làm lưới chắn rác, vừa cắt và nghiền vụn rác thành các hạt, hoặc mảnh nhỏ lơ lửng trong nước thải mà không làm tắc ống, không gây hại cho máy bơm. Thực tế áp dụng ở Mỹ, các nước phương Tây và Nga cho thấy: Ở các nhà máy xử lý nước thải, việc đặt các máy nghiền rác thay cho song chắn và lưới chắn đã gây nhiều khó khăn cho các công đoạn xử lý tiếp theo do lượng cặn tăng lên. Loại cặn này hay gây tắc nghẽn hệ thống phân phối khí và các thiết bị làm thoáng trong các bể aerotank, chủ yếu là các đĩa, lỗ phân phối khí và dính bám vào

cánh tuabin làm hư hại và giảm công suất của thiết bị cơ khí làm thoáng bề mặt. Vì vậy kỹ sư thiết kế phải cân nhắc kỹ trước khi dùng.

IV.2. XỬ LÝ SƠ BỘ

IV.2.1. Bể lắng cát và vớt dầu mỡ

Bể lắng cát đặt sau song chắn, lưới chắn và đặt trước bể điều hòa lưu lượng và chất lượng, đặt trước bể lắng đợt một. Nhiệm vụ của bể lắng cát là loại bỏ cặn thô, nặng như cát, sỏi, mảnh vỡ thủy tinh, mảnh kim loại, tro tàn, than vụn, vỏ trứng v.v... để bảo vệ các thiết bị cơ khí để bị mài mòn, giảm cặn nặng ở các công đoạn xử lý sau. Theo đặc tính dòng chảy có thể phân loại bể lắng cát: Bể lắng cát có dòng chảy ngang trong mương tiết diện hình chữ nhật, bể lắng cát có dòng chảy dọc theo máng tiết diện hình chữ nhật đặt theo chu vi của bể tròn, bể lắng cát sục khí, bể lắng cát có dòng chảy xoáy, bể lắng cát ly tâm. Trong tài liệu này, chúng tôi chỉ giới thiệu hai loại: Bể lắng cát ngang tiết diện chữ nhật và bể lắng cát sục khí.

1. Đặc tính và số lượng cát trong nước thải

Đặc tính của cát lắng từ nước thải dao động rất lớn, tuy vậy đây là loại cặn làm ráo nước tương đối dễ, sau khi làm khô thường có độ ẩm từ 13 – 65%, cặn hữu cơ bay hơi chiếm từ 1 – 56%, tỷ trọng cát tro đã làm sạch 2,7; khi cát tro bị các chất hữu cơ dính bám, tỷ trọng còn khoảng 1,3. Tỷ trọng khi đổ thành đống khoảng 1 600 kg/m³. Cỡ hạt cát $\geq 0,2$ mm thường gây trở ngại cho các công đoạn xử lý tiếp theo, thành phần phân bố các cỡ hạt cát trong nước thải phụ thuộc vào mạng lưới cống thu gom, phần lớn cát lắng trong các hố thăm và trong bể lắng cát, có kích thước không lọt qua sàng kích cỡ 0.15 mm.

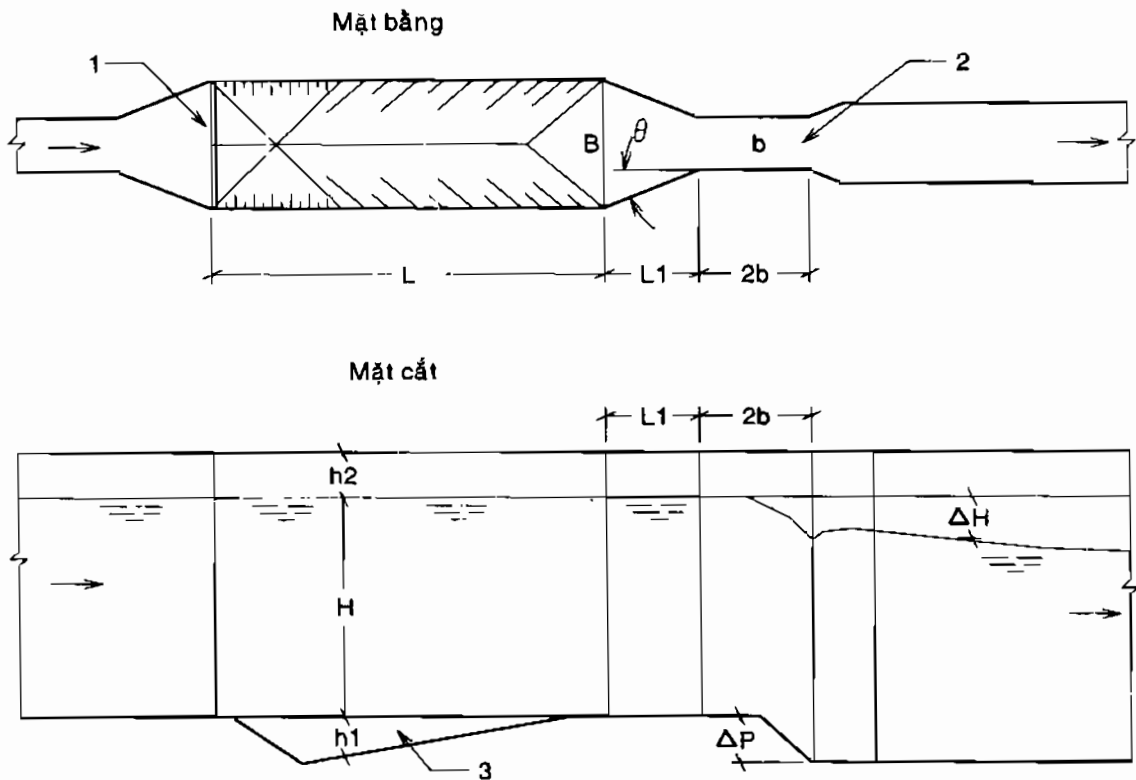
- Số lượng cát trong nước thải dao động tùy thuộc vào điều kiện địa phương, tình trạng vệ sinh mặt phố, cơ cấu thu gom và vận chuyển nước thải, hàm lượng cát trong nước thải thu gom và vận chuyển bằng hệ cống chung lớn hơn trong hệ thống cống riêng biệt, số lượng cát thường dao động từ 0,0037 đến 0,22 m³ cát trong 1000 m³ nước thải. Vì có rất nhiều thông số liên quan đến chất lượng và số lượng cát trong nước thải nên cần phải có những nghiên cứu tiếp theo và cụ thể, trên diện rộng để thu được số liệu mong muốn. Cát lắng trong các hố thăm và bể lắng cát khi chưa rửa có thể chứa $\geq 50\%$ cặn hữu cơ có khả năng thối rửa, nếu để lâu không được xử lý sẽ gây mùi hôi thối, là nơi sinh sản của ruồi muỗi và côn trùng, do đó ở các nhà máy lớn thường lắp hệ thống rửa và phân loại cát, còn ở các nhà máy nhỏ, ở vùng xa thành phố thường được rắc vôi bột hoặc chế phẩm chống mùi EM (effective microoganis) trước khi đem chôn cùng với rác lấy từ song chắn và lưới chắn.

2. Bể lắng cát

a. Bể lắng cát ngang

Bể lắng cát có dòng nước chuyển động thẳng dọc theo chiều dài của bể là bể lắng ngang có mặt bằng hình chữ nhật (hình 4 -1).

Tính toán bể lắng cát ngang xuất phát từ độ lớn (đường kính) của hạt cát muốn giữ lại. Tốc độ lắng của các hạt cát trong nước thải còn gọi là độ lớn thủy lực của hạt hay là tải trọng bề mặt của bể lắng cát : $U_0 = \frac{Q}{F} \left(\frac{m^3}{m^2 \text{ ngày}} \right); \left(\frac{m}{h} \right); \left(\frac{mm}{s} \right)$.



Hình 4-1. Bể lắng cát ngang

1. Song phân phối nước đều theo mặt cắt ngang
2. Mương thu hẹp để giữ vận tốc nước không đổi trong bể lắng cát
3. Thể tích vùng chứa cát

Đối với nước thải đô thị ở 15°C chọn theo bảng (4 – 1).

Bảng 4-1 : Tải trọng bề mặt của bể lắng cát hay độ lớn thủy lực theo đường kính hạt trong nước thải đô thị ở 15°C

Đường kính hạt cát (mm)	0,1	0,12	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5
Tải trọng bề mặt bể hay độ lớn thủy lực U_0 (mm/s) của hạt ở 15°C	5,12	7,37	11,5	18,7	24,2	28,3	34,5	40,7	51,6

- Diện tích mặt nước phần hình chữ nhật của bể lắng cát xác định theo công thức :

$$F = K \cdot \frac{Q}{U_0} \quad (\text{m}^2) \quad (4-1)$$

Trong đó :

Q : Lưu lượng nước thải lớn nhất (m³/s)

U₀ : Độ lớn thủy lực của hạt cần giữ (m/s)

K = 1,3 khi U₀ = 18 mm/s; K = 1,1 khi U₀ = 24 mm/s;

- Tỷ số chiều dài và chiều sâu của bể:

$$\frac{L}{H} = K \cdot \frac{v}{U_0} \quad (4-2)$$

Trong đó :

L : Chiều dài phần chữ nhật của bể (m)

H : Chiều cao phần công tác của bể (m)

v : Vận tốc chuyển động của nước trong bể (m/s)

ứng với Q_{max} ⇒ v = 0,2 m/s; ứng với Q_{min} ⇒ v = 0,15 m/s

U₀ : Độ lớn thủy lực của hạt cần giữ trong bể (m/s)

K : Hệ số kinh nghiệm tính đến ảnh hưởng của dòng chảy rối cục bộ trong bể, làm cản trở tốc độ lắng của hạt K = 1,3 khi U₀ = 18 mm/s; K = 1,1 khi U₀ = 24 mm/s

- Chiều rộng bể : $B = \frac{F}{L} \quad (\text{m}) \quad (4-3).$

- Chiều cao H phần công tác của bể chọn theo tỷ lệ giữa chiều dài và chiều cao, và kiểm tra theo thể tích bể để thời gian lưu nước trong bể ứng với Q_{max} phải lớn hơn 30 giây và có thể đến 90 giây, thường là 60 giây.

- Bể lắng cát trong các nhà máy xử lý nước thải công suất 100 m³/ngày trở lên thiết kế để giữ được cát cỡ hạt ≥ 0,2 mm. Nếu chọn kích thước hạt bé hơn, nhiều cặn hữu cơ lắng xuống, bùn cặn bị thổi rửa khó xử lý.

Muốn cho cặn hữu cơ không lắng trong bể lắng cát, vận tốc dòng chảy trong bể phải giữ không đổi v = 0,2 m/s - 0,15 m/s mặc dù lưu lượng qua bể thay đổi từ Q_{max} xuống Q_{min}. Để thực hiện điều này, cuối bể lắng cát xây dựng cửa tràn kiểu máng đo theo tỷ lệ với độ ngập nước H trong bể lắng cát.

- Chiều rộng cửa tràn thu hẹp từ B xuống b.

- Đáy cửa tràn có độ chênh với đáy bể lắng cát ΔP để tạo độ chênh áp đủ đưa nước ra khỏi bể lắng cát với vận tốc không đổi.

Xem hình (4-1).

$$b = \frac{Bv}{m\sqrt{2g}} \sqrt{\frac{Bv}{Q_{\max}} \left(\frac{1-K^{2/3}}{1-K} \right)^2} \quad (4-4)$$

$$\Delta P = \frac{Q_{\max}}{Bv} \cdot \frac{K - K^3}{1 - K^3} = \frac{Q_{\min}}{Bv} \cdot \frac{1 - K^3}{1 - K^3} \quad (4-5)$$

Trong đó :

Q_{\max} , Q_{\min} lưu lượng tối đa và tối thiểu đi qua bể lắng cát, khi đó tốc độ nước chảy qua bể là v không đổi

$$K = \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}}$$

m : Hệ số lưu lượng của cửa tràn phụ thuộc vào góc tới chọn theo bảng (4-2)

Bảng 4-2 : Giá trị m đối với cửa tràn theo giá trị của góc tới θ

b/B	$\text{Cotg}\theta = 0$	$\text{Cotg}\theta = 0,5$	$\text{Cotg}\theta = 1$	$\text{Cotg}\theta = 2$	$\text{Cotg}\theta = 3$
0,1	0,320	0,343	0,350	0,353	0,350
0,2	0,324	0,346	0,352	0,355	0,352
0,4	0,330	0,350	0,356	0,358	0,356
0,6	0,340	0,356	0,361	0,363	0,361
0,8	0,355	0,365	0,369	0,370	0,369
0,9	0,367	0,373	0,375	0,376	0,375
1,0	0,385	0,385	0,385	0,385	0,385

- Phần chứa cát của bể đặt dưới vùng công tác, thể tích phần chứa cát phụ thuộc vào hàm lượng cát trong nước thải và thời gian giữa 2 lần lấy cát ra khỏi bể.

- Lấy cát ra khỏi bể có thể thực hiện bằng thủ công, bằng cách tháo nước làm khô bể rồi xúc ra, hoặc bằng máy bơm cát, bơm phun tia, gầu xúc ... tùy thuộc vào công suất và mức độ trang bị trong nhà máy xử lý .

Ví dụ :

Tính toán bể lắng cát cho nhà máy xử lý nước thải công suất : $Q_{max} = 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$.
 $Q_{min} = 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$. Lắng cát cỡ hạt $d = 0,2 \text{ mm}$. Vận tốc qua bể $V = 0,2 \text{ m/s}$.

Giải :

1. Độ lớn thủy lực của hạt $0,2 \text{ mm}$ tra bảng (4-1) có $U_0 = 0,0187 \text{ m/s}$.

2. Diện tích mặt thoáng bể lắng cát theo (4-1) :

$$F = K \frac{Q}{U_0} = 1,3 \times \frac{0,15}{0,0187} = 10,42 \text{ m}^2$$

3. Tỷ số giữa chiều dài và chiều cao phần công tác theo (4-2) :

$$\frac{L}{H} = K \frac{V}{U_0} = 1,3 \times \frac{0,2}{0,0187} = 13,9$$

4. Chọn chiều sâu lớp nước công tác $H = 0,5 \text{ m}$:

$$\text{Chiều dài bể } L = 13,9 \times 0,5 = 7 \text{ m}$$

5. Chiều rộng bể :

$$B = \frac{R}{L} = \frac{10,42}{7} = 1,5 \text{ m}$$

Bể chia làm 2 ngăn mỗi ngăn có chiều rộng $0,75 \text{ m}$.

6. Chọn góc tới $\theta = 45^\circ$; $\text{Cotg}\theta = 1$.

- Chiều rộng máng đo theo tỷ lệ tính theo (4-4):

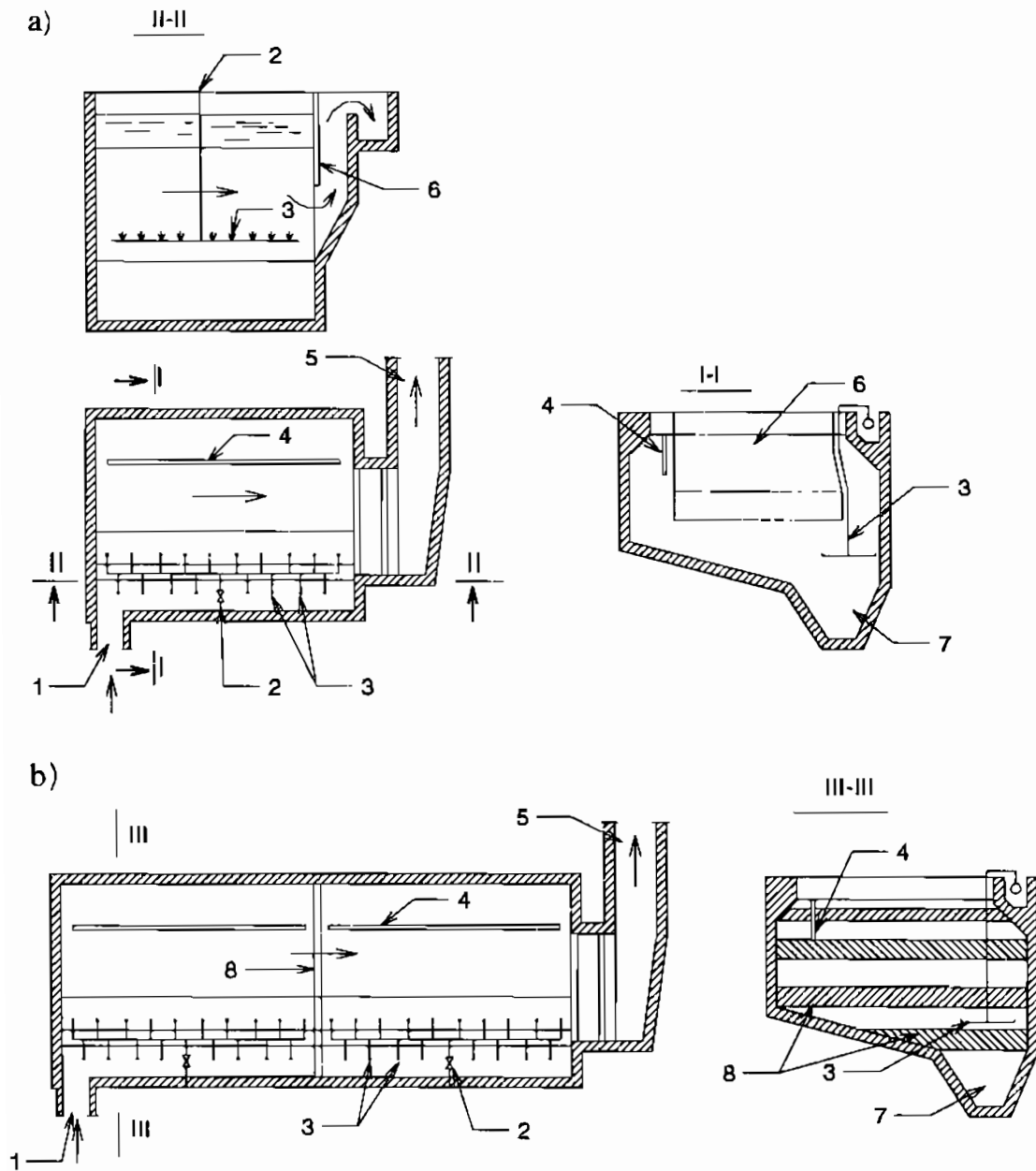
$$b = \frac{1,5 \times 0,2}{0,352 \sqrt{19,62}} \times \sqrt{\frac{1,5 \times 0,2}{0,15}} \times \left(\frac{1 - 0,4^2}{1 - 0,4} \right)^{3/2} = 0,182 \text{ m}$$

- Độ chênh đáy theo (4-5) :

$$\Delta P = \frac{0,06}{1,5 \times 0,2} \times \frac{1 - 0,4^{-1}}{1 - 0,4^2} = 0,16 \text{ m}$$

b. Bể lắng cát sục khí :

Bể lắng cát sục khí có cấu tạo như 1 bể chứa hình chữ nhật. Dọc một phía tường của bể đặt hệ thống ống sục khí nằm cao hơn đáy bể $45 - 60 \text{ cm}$. Dưới dàn ống sục khí là máng thu cát. Độ dốc ngang của đáy bể $i = 0,2 - 0,4$ dốc về phía máng thu để cho cát trượt theo đáy vào máng. Hình (4-2) giới thiệu sơ đồ cấu tạo bể lắng cát sục khí xây dựng ở Mỹ.



Hình 4-2. Sơ đồ cấu tạo bể lắng cát sục khí áp dụng ở Mỹ

a) Bể lắng cát 1 ngăn

b) Bể lắng cát 2 ngăn nối tiếp

1. Cửa dẫn nước vào

5. Cửa dẫn nước ra

2. Ống dẫn không khí đến

6. Ván hướng dòng

3. Dàn ống phân phối khí

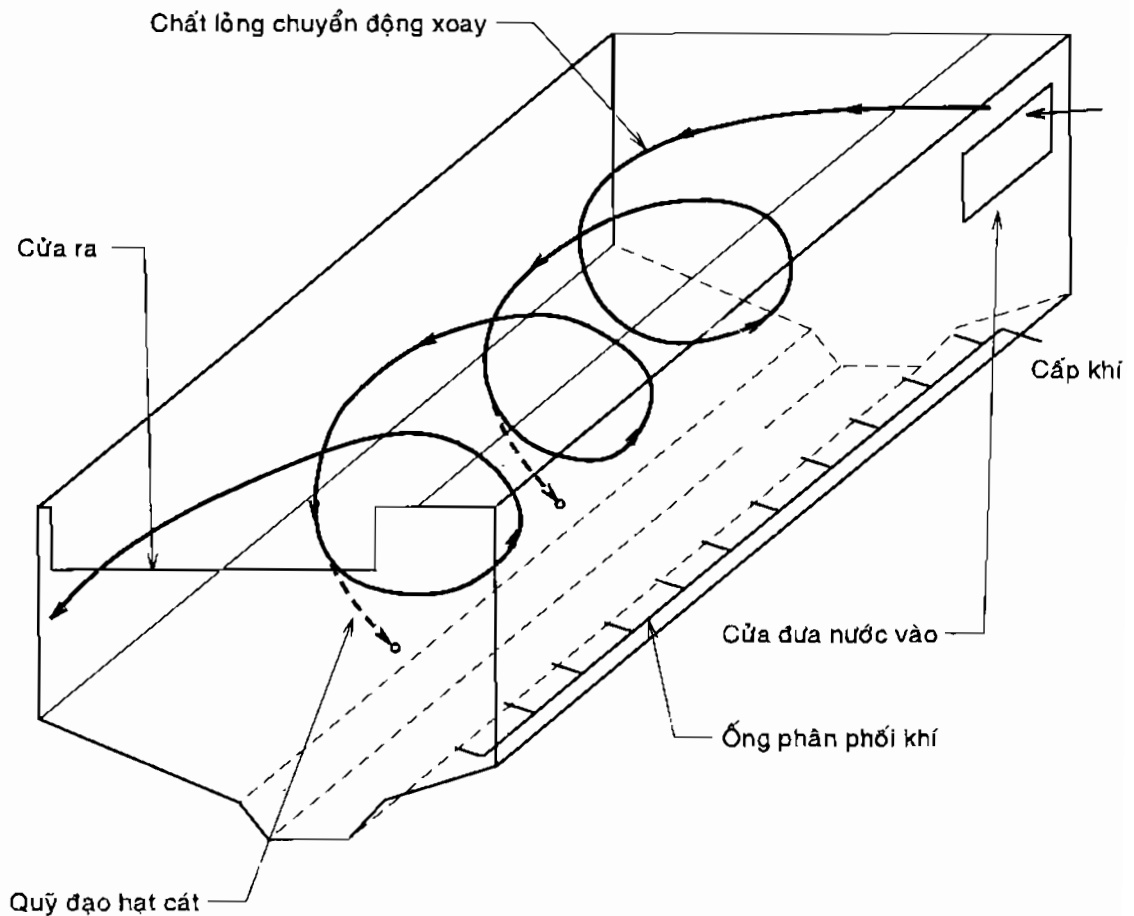
đặt trước cửa thu nước ra

4. Vách ngăn để lắng dọc bể

7. Máng thu cát

8. Vách ngang

Tính toán bể lắng cát thổi khí xuất phát từ điều kiện tạo ra tốc độ chuyển động xoay quanh chu vi mặt cắt ngang bể với vận tốc xoay 0,25 - 0,3 m/s và chuyển động thẳng theo trục dọc của bể $v = 0,08 - 0,12$ m/s. Tỷ lệ giữa chiều rộng và chiều sâu bể B : H từ 1 đến 1,5. Thời gian lưu nước trong bể 3 phút. Với các chỉ tiêu tính toán đã nêu đảm bảo giữ được cát có đường kính 0,2 mm (độ lớn thủy lực 0,018 m/s). Nước thải dưới tác dụng của dòng khí đi từ dưới lên sẽ chuyển động theo hình xoáy ốc, hạt cát rơi vào vùng đáy về phía dưới dàn ống phun khí (xem hình 4-3). Để giữ tốc độ chuyển động xoay $V = 0,25 - 0,3$ m/s lượng không khí cấp vào từ 3 - 8 m³ cho 1 m² bề mặt bể trong 1 giờ. Vận tốc chuyển động xoay giữ không đổi và không phụ thuộc vào sự dao động của lưu lượng nước thải đi vào bể. Vì giảm vận tốc nước chảy dọc bể mà vẫn giữ thời gian lưu nước trong bể cho phép giảm chiều dài bể để dễ dàng lấy cát ra khỏi bể.



Hình 4-3. Quỹ đạo chuyển động của cát trong bể lắng cát sục khí

Tốc độ chuyển động xoay không đổi trong bể lắng cát thổi khí bảo đảm giữ các cặn hữu cơ lơ lửng trong nước và các hạt cát va chạm vào nhau tách bột cặn hữu cơ bám quanh hạt, cát sạch hơn. Cặn lắng trong bể lắng cát chứa 90 - 95% là cặn vô cơ, giữ lâu không bị thổi.

Hệ thống sục khí có thể làm bằng ống nhựa, ống thép không rỉ, khoan lỗ $\phi 3,5 - 5$ mm thành 1 hàng phía dưới ống và đặt ngập $0,7 - 0,75 H$.

Lấy cát ra khỏi bể bằng bơm phun tia, để dồn cát về máng thu, dọc đáy bể đặt ống $\phi \geq 100$ mm cấp nước qua các vòi phun đặt cách nhau 0,4 m. Lưu lượng nước để lùa cát

$$Q = v \times F = v \cdot B \cdot L \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (4 - 6)$$

Trong đó :

+ v : Vận tốc đẩy cát về máng thu $v = 0,0065$ m/s (đẩy được hạt cát cỡ 0,05 cm)

+ F : Diện tích mặt bằng của bể (m)

Vi dụ : Tính toán bể lắng cát sục khí cho nhà máy xử lý nước thải công suất $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Hệ số không điều hòa $K = 1,4$ (hạng 1-4).

Giải :

Lưu lượng qua bể lắng cát $Q_{\max} = 1,4 \times 0,2 = 0,28 \text{ m}^3/\text{s}$.

Thiết kế 2 bể lắng cát thổi khí, để khi cần ngừng 1 bể trong thời gian sửa chữa hoặc xúc cặn.

Thời gian lưu nước chọn $t = 3$ phút = 180 s.

1. Thể tích 1 bể $V = t \times Q_{\max} = \frac{180}{2} \times 0,28 = 25,2 \text{ m}^3$.

2. Chọn chiều cao nước trong bể $H = 2$ m.

Tỷ số chiều rộng và chiều cao $B:H = 1,2 : 1$

Chiều rộng bể $B = 2,6$ m

3. Chiều dài bể :

$$L = \frac{V}{B \cdot H} = \frac{25,2}{2 \times 2,6} = 4,85 \text{ m. Lấy tròn 5 m.}$$

4. Lượng không khí cần cấp :

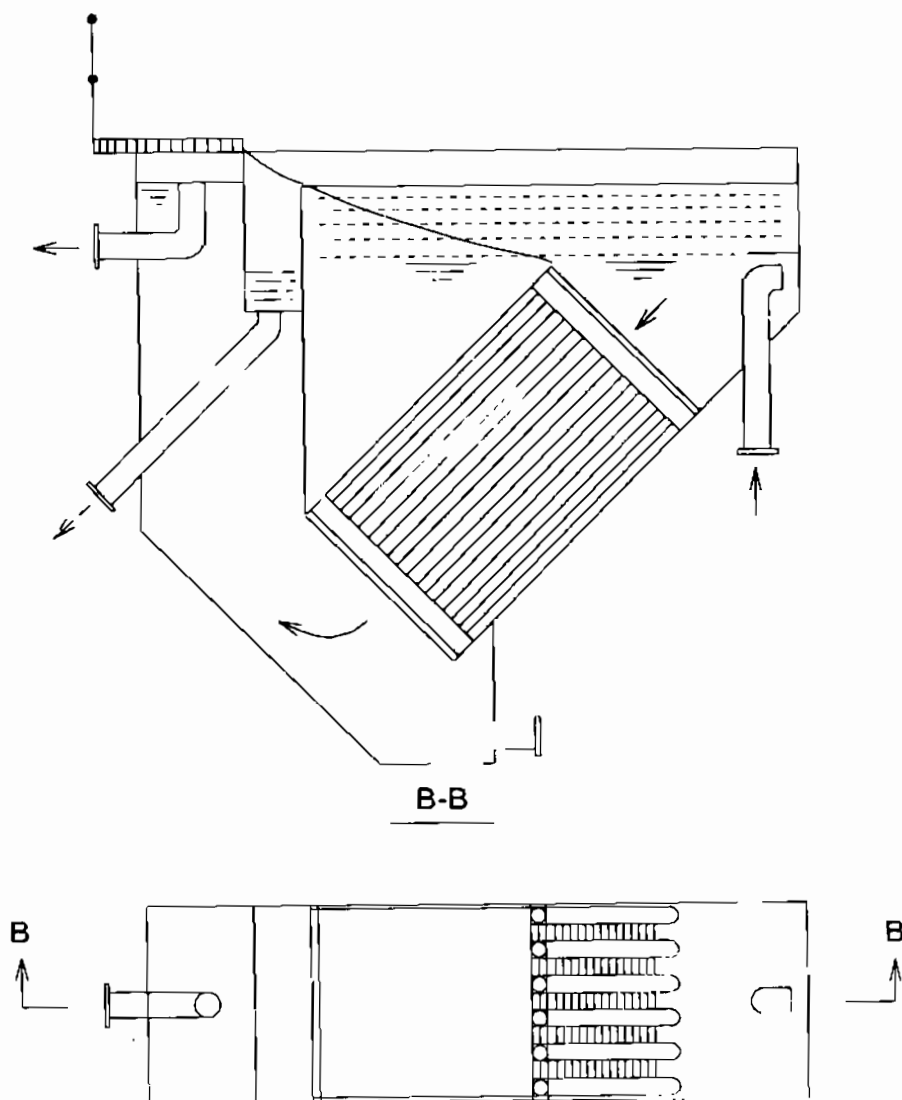
$$Q_{\text{khí}} = q_1 \times F = 5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h} \times BL = 5 \times 2,6 \times 5 = 65 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Lưu lượng không khí trên một mét dài bể :

$$q_2 = \frac{Q_{\text{khí}}}{L} = \frac{65 \text{ 000}}{5 \times 3 \text{ 600}} = 3,6 \text{ l/s mét dài}$$

3. Bể tách dầu mỡ

Trên mạng lưới thu gom của đô thị có thể có các nhà máy công nghiệp xả nước thải có lẫn dầu mỡ vào mạng. Để tách lượng dầu mỡ này, phải đặt thiết bị thu dầu trước cửa xả vào cống chung hoặc trước bể điều hòa ở nhà máy. Hình (4-4) giới thiệu 1 kiểu bể thu dầu mỡ và lắng cát phổ biến ở Châu Âu.



Hình 4-4. Bể thu dầu, mỡ và lắng cát

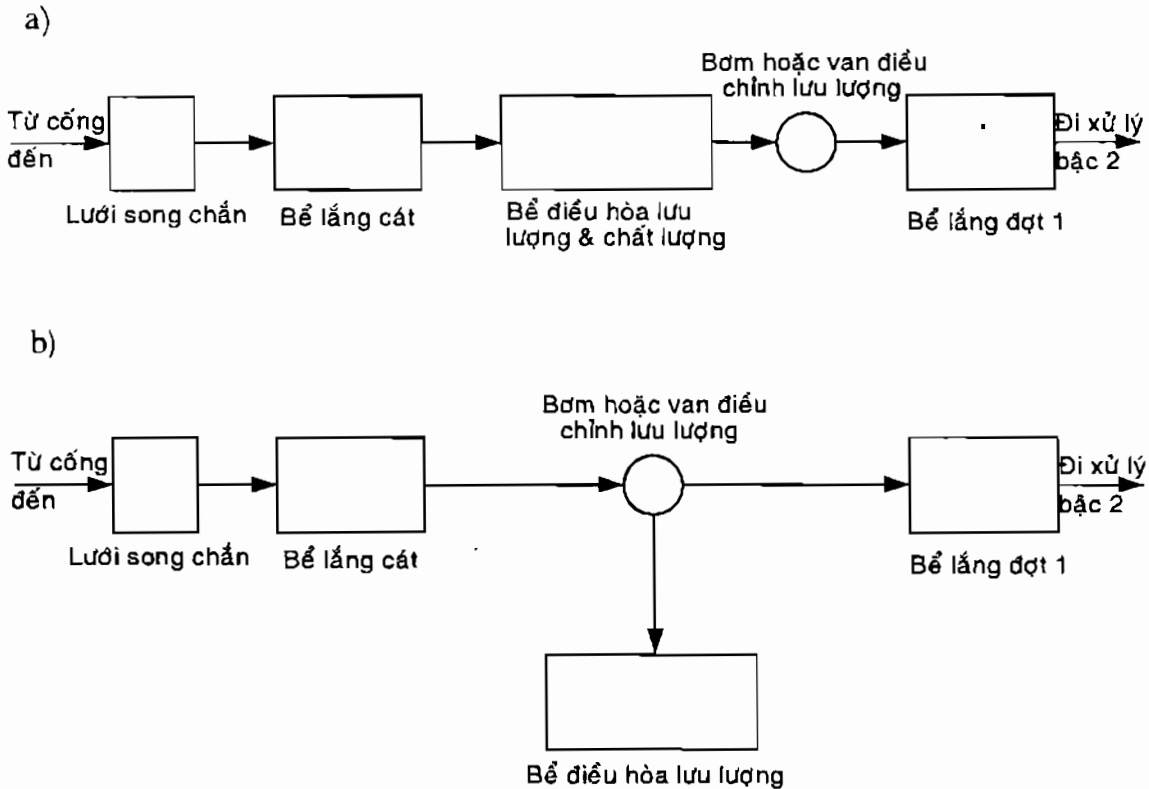
IV.2.2. Bể điều hòa lưu lượng và chất lượng

Lưu lượng và chất lượng nước thải từ hệ thống cống thu gom chảy về nhà máy xử lý thường xuyên dao động theo các giờ trong ngày. Khi hệ số không điều hòa $K \geq 1,4$, xây

dựng bể điều hòa để các công trình xử lý làm việc với lưu lượng đều trong ngày sẽ kinh tế hơn.

Có 2 loại bể điều hòa.

1. Bể điều hòa lưu lượng và chất lượng nằm trực tiếp trên đường chuyển động của dòng chảy.
2. Bể điều hòa lưu lượng là chủ yếu, có thể nằm trực tiếp trên đường vận chuyển của dòng chảy hoặc nằm ngoài đường đi của dòng chảy (Hình 4 - 5).



Hình 4-5 : Sơ đồ bố trí bể điều hòa trong hệ thống xử lý

- a. Bể điều hòa lưu lượng và chất lượng, nằm trên đường vận chuyển của dòng.
- b. Bể điều hòa lưu lượng là chủ yếu, nằm ngoài đường vận chuyển của dòng.

Tùy theo điều kiện đất đai, và chất lượng nước thải, khi mạng cống thu gom là mạng cống chung thường áp dụng bể điều hòa lưu lượng để tích trữ được lượng nước sau cơn mưa. Ở các mạng thu gom là hệ thống cống riêng và ở những nơi có chất lượng nước thải thay đổi thường áp dụng bể điều hòa cả lưu lượng và chất lượng.

VỊ TRÍ CỦA BỂ ĐIỀU HÒA TRONG DÂY CHUYỀN XỬ LÝ

a. Bể điều hòa lưu lượng và chất lượng : đặt sau bể lắng cát, trước bể lắng đợt 1.

Trong bể phải có hệ thống thiết bị khuấy trộn để đảm bảo hòa tan và san đều nồng độ các chất bẩn trong toàn thể tích bể và không cho cặn lắng trong bể. Trong bể cũng phải đặt các thiết bị thu gom và xả bọt, váng nổi.

Để đưa nước từ bể điều hòa sang bể lắng đợt 1, có thể dùng bơm để bơm đều hoặc tạo độ chênh để nước tự chảy, khi áp dụng sơ đồ tự chảy phải đặt van điều chỉnh lưu lượng ở đầu ống dẫn sao cho khi mực nước trong bể điều hòa thay đổi mà lưu lượng chảy sang bể lắng 1 vẫn không đổi (Công ty Tư vấn Cấp thoát nước Số 2 - Bộ Xây Dựng hiện có bản vẽ chế tạo bộ van này).

b. Bể điều hòa chỉ làm nhiệm vụ điều hòa lưu lượng là chủ yếu : có thể đặt sau song chắn rác, trước trạm bơm, bơm đều nước thải lên bể lắng đợt 1.

Loại bể này không đòi hỏi có thiết bị khuấy trộn nhưng cần thiết bị vớt vật nổi và bọt, chia bể làm nhiều ngăn, định kỳ có thể tháo khô từng ngăn để xúc cát và cặn lắng ra ngoài .

- *Thể tích của bể điều hòa :*

Phương pháp xác định thể tích bể điều hòa giống như phương pháp xác định thể tích điều hòa của bể chứa nước sạch.

Hình dáng và vật liệu để xây dựng bể :

Hình dáng của bể điều hòa phụ thuộc vào chức năng của bể. Nếu bể chỉ dùng để điều hòa lưu lượng, có thể chọn hình dáng bất kỳ miễn là phù hợp với quy hoạch sử dụng đất của nhà máy xử lý, còn nếu bể dùng để điều hòa chất lượng và lưu lượng, đòi hỏi phải có thiết bị khuấy trộn, hình dáng bể, vị trí ống đưa nước vào, ống lấy nước ra phải xem xét tính toán kỹ phù hợp với thiết bị khuấy trộn định dùng để thể tích nước được luân chuyển đều không có vùng nước chết.

Vật liệu xây dựng : bể có thể làm bằng bê tông cốt thép hay bằng đất. Nếu là bể bằng đất đào hoặc đắp phải chú ý chống thấm thành và đáy, chống xói mòn thành và đáy bằng các tấm bê tông lát hoặc lát đá miết mạch. Nếu dùng thiết bị khuấy trộn cơ khí đặt trên phao nổi phải tính thể tích hồ sao cho luôn có mực nước chết cao hơn đáy 1,5 - 2m để đảm bảo cho hệ thống phao và máy khuấy làm việc an toàn.

- *Thiết bị khuấy trộn :*

Thiết bị khuấy trộn làm nhiệm vụ hòa trộn để san bằng nồng độ các chất bẩn cho toàn bộ thể tích nước thải có trong bể và để ngăn ngừa cặn lắng trong bể, pha loãng nồng độ các chất độc hại nếu có và bằng cách ấy loại trừ được các cú sốc về chất lượng cho các công trình xử lý sinh học phía sau. Đối với nước thải đô thị có hàm lượng cặn lơ lửng khoảng 220 mg/l, năng lượng khuấy trộn cần 0,004 - 0,008 kW/1 m³ thể tích bể. Nếu dùng hệ thống sục khí, lượng không khí cần 0,01 đến 0,015 m³/1 m³ dung tích bể trong một phút.

Hệ thống sục khí có thể là ống khoan lỗ, ống đứng kiểu bơm Airlift, Ejector sục khí (xem chương 7).

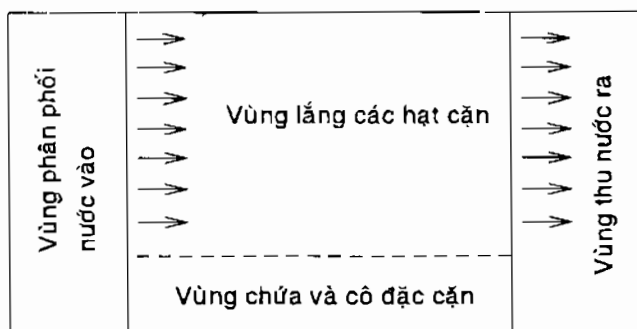
Đáy bể điều hòa có rón tập trung nước khi cần có thể tháo khô bể bằng bơm chìm lưu động hoặc bằng cách xả nước theo trọng lực.

IV.2.3. Bể lắng đợt một

1. Giới thiệu tổng quát

Bể lắng có cấu tạo mặt bằng là hình chữ nhật hay hình tròn, được thiết kế để loại bỏ bằng trọng lực các hạt cặn có trong nước theo dòng chảy liên tục vào bể và ra bể.

Trong những tài liệu viết về bể lắng, các tác giả phân chia bể lắng làm 4 vùng : (hình 4-6).



Hình 4-6. Sơ đồ mặt đứng thể hiện 4 vùng trong bể lắng

- Nước có chứa các hạt cặn lơ lửng đi vào vùng phân phối nước ở đầu bể với mục đích phân phối đều trên toàn bộ tiết diện ngang của vùng lắng.
- Việc tách các hạt cặn ra khỏi nước bằng trọng lực xảy ra trong vùng lắng.
- Nước đã lắng chảy đều vào vùng thu nước ra để dẫn đi.
- Cặn lắng tích lũy trong vùng chứa và cô đặc cặn nằm ở đáy bể.

Trong chương này sẽ không trình bày chi tiết cơ sở lý thuyết của quá trình lắng mà chỉ giới thiệu nguyên lý tổng quát các quá trình lắng, các kết quả thực nghiệm và các chỉ tiêu để tính toán thiết kế bể lắng đợt một.

Bể lắng dùng trong xử lý nước thải được thiết kế để loại bỏ ra khỏi nước ba loại cặn khác nhau.

a. Cặn cứng (cát) là các hạt phân tán, có kích thước và vận tốc lắng không đổi trong suốt quá trình lắng.

- Tốc độ lắng không phụ thuộc vào nồng độ các hạt.

- Tốc độ lắng bằng tải trọng bề mặt bể. $U_0 = Q/F$.

Đó là các thông số và đặc tính để thiết kế bể lắng cát.

b. 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 thay đổi theo chiều cao lắng.

- Chiều cao bể lắng, chế độ dòng chảy trong bể để các hạt cặn keo tụ, lớn lên, tăng trọng lượng là quan trọng.

- Tải trọng bề mặt và thời gian lắng là thông số quyết định.

Đó là thông số và đặc tính của nước thải khi thiết kế bể lắng đợt 1, và sẽ được đề cập đến trong chương này.

c. Bông cặn có khả năng liên kết và có nồng độ lớn trên 1 000 mg/l.

- Tốc độ lắng phụ thuộc vào nồng độ cặn.

- Thời gian lắng và tải trọng bùn trên một đơn vị diện tích bề mặt là những thông số quyết định.

Đó là các thông số và đặc tính của bùn hoạt tính ở bể Acrotank dùng để thiết kế bể lắng đợt 2 sẽ được đề cập ở chương 9.

2. Bể lắng ngang hình chữ nhật

Nước thải đi vào vùng phân phối nước đặt ở đầu bể lắng, qua vách phân phối, nước chuyển động đều dọc bể qua vùng lắng đi vào vùng thu nước đặt ở cuối bể. Để phân phối đều nước vào vùng lắng, thường cấu tạo máng có lỗ phân phối đặt suốt chiều ngang bể hoặc đặt các tấm có khe hoặc lỗ phân phối trên toàn diện tích mặt cắt ngang vùng lắng. Để thu đều nước đã lắng đặt các máng thu đều nước ở cuối bể, chiều dài máng thu tính theo tải trọng thủy lực cho phép trên 1 mét dài của máng trong một đơn vị thời gian (bảng 4 - 3). Cặn lắng được máy có các tấm gạt cặn bằng gỗ chạy bằng dây xích đặt ngấp trong bể, hay máy có các tấm gạt cặn gắn vào dầm cầu chạy đặt trên 2 thành dọc bể, gạt dồn về máng thu đặt ở đầu vào của bể, hay về các máng thu cặn đặt suốt chiều ngang bể nếu là bể lớn. Bơm hút cặn đặt gần máng đầu bể, một bơm có thể hút cho nhiều máng thu cặn hay nhiều bể.

Bọt nổi được thanh gạt của máy cào cặn đặt ngấp dưới mực nước 0,05 m - 0,10 m gạt về máng thu bọt ở cuối bể, tốc độ của tấm gạt chọn theo bảng 4 - 4.

3. Bể lắng hình tròn

Trong bể lắng hình tròn nước chuyển động theo hướng bán kính (radian). Nước thải

có thể đi vào buồng phân phối trung tâm, chảy đều theo hướng bán kính qua vùng lắng đi vào máng thu nước đặt theo chu vi vành ngoài của bể (hình 4-7a). Hoặc phân phối nước thải vào bể bằng máng có vách lưng đặt quanh chu vi bể, nước chuyển động qua vùng lắng theo hướng bán kính rồi vào máng thu nước đặt ở tâm bể (hình 4-7 b, c).

Cả hai cách phân phối nước đều cho hiệu quả lắng tốt như nhau, nhưng trên thực tế bể lắng có buồng phân phối trung tâm được ưa thích hơn. Ống đưa nước vào buồng phân phối trung tâm có thể đi từ dưới đáy bể vào hoặc từ thành bể xuyên qua vùng lắng vào. Buồng phân phối trung tâm hình tròn đường kính bằng 15 đến 20% đường kính bể lắng, chiều cao phần trụ từ 1 m đến 2,5 m. Máy cào cặn có 2 hoặc 4 thanh ngang gắn các tấm gạt bằng gỗ, chuyển động chậm nhờ mô tơ có hộp số đặt ở trên tâm bể làm cho trục đứng của máy cào quay theo tốc độ mong muốn để các tấm gạt đưa cặn về hố thu đặt ở tâm bể. Phần trên của máy cào gắn các thanh gạt bọt, văng nổi, dồn chúng về máng thu đặt theo hướng bán kính bể. Đáy bể có độ dốc 1:12 dốc từ ngoài về hố thu cặn. Hố thu cặn có thể tích nhỏ vì cặn được lấy ra liên tục.

4. Các chỉ tiêu để tính toán thiết kế

Chế độ làm việc của bể lắng nước thải phụ thuộc vào :

- Đặc tính cặn lắng.
- Chế độ dòng chảy trong vùng lắng do thiết bị phân phối nước vào và rút nước ra quyết định.
- Ảnh hưởng của gió và nhiệt độ.
- Chuyển động đối lưu do nhiệt và chênh lệch nồng độ xảy ra trong bể.

Tất cả các thông số trên không thể tính bằng lý thuyết. Ở Mỹ và Liên Xô trước đây, các nhà khoa học dựa vào các công trình hoạt động thực tế nhiều năm đã tổng kết rút ra các chỉ tiêu để tính toán bể lắng đợt 1. Xem bảng 4-3, 4-4.

Bảng 4 - 3: Các thông số tính toán bể lắng đợt 1

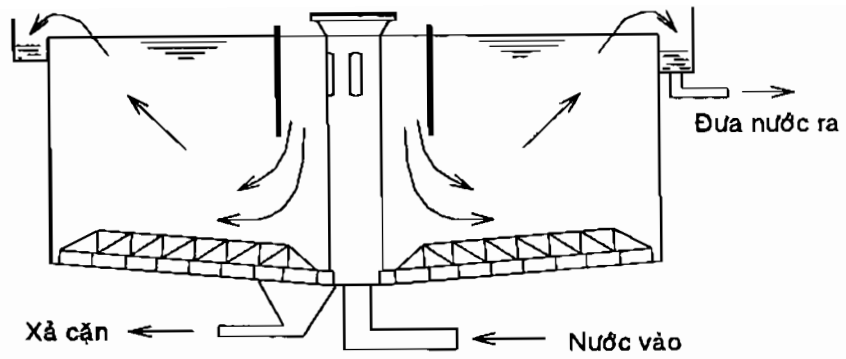
Tên thông số	Đơn vị đo	Giá trị các thông số	
		Khoảng dao động	Giá trị tiêu biểu
Nước thải đi thẳng vào bể lắng đợt một			
Thời gian lưu nước	giờ (h)	1,5 – 2,5	2
Tải trọng bề mặt :			
Giờ trung bình	m^3/m^2 ngày	31 – 50	40,0
Giờ cao điểm	m^3/m^2 ngày	81 – 122	89,0
Tải trọng máng thu	m^3/m dài ngày	124 – 490	248

Tên thông số	Đơn vị đo	Giá trị các thông số	
		Khoảng dao động	Giá trị tiêu biểu
Nước thải sau khi trộn với bùn hoạt tính của bể lắng đợt 2 rồi đi vào bể lắng đợt 1			
Thời gian lưu nước	giờ (h)	1,5 – 2,5	2
Tải trọng bề mặt :			
Giờ trung bình	m ³ /m ² ngày	25 – 32	28
Giờ cao điểm	m ³ /m ² ngày	48 – 69	61
Tải trọng máng thu	m ³ /m dài ngày	124 - 490	250

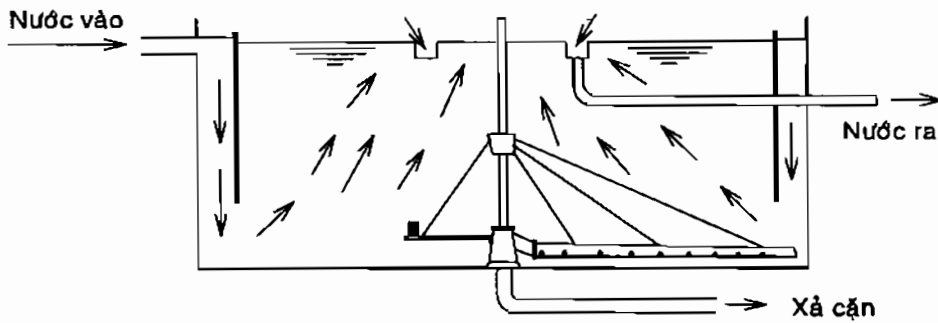
Bảng 4 - 4: Thông số thiết kế bể lắng đợt một

Tên thông số	Đơn vị đo	Giá trị các thông số	
		Khoảng dao động	Giá trị tiêu biểu
Bể chữ nhật			
Sâu	m	3 - 4,8	4,2
Dài	m	15 - 90	25 - 40
Rộng	m	3 - 25	5 - 10
Tốc độ máy gạt cặn	m/phút	0,6 - 1,2	0,9
Bể tròn			
Sâu	m	3 - 4,8	4,2
Đường kính	m	3 - 60	12 - 45
Độ dốc đáy	m/m dài	1:10 - 1:13	1:12
Tốc độ máy gạt cặn	vòng/phút	0,02 - 0,05	0,03

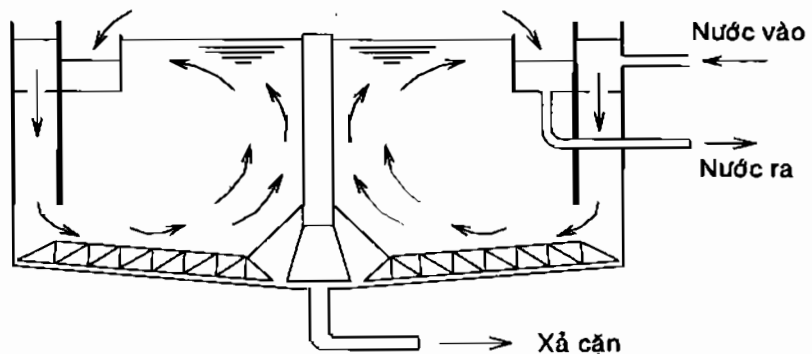
- Vận tốc tối đa trong vùng lắng : Khi thiết kế bể lắng, phải kiểm tra vận tốc nước chảy trong vùng lắng gần máng thu nước, vận tốc nước ở khoảng cách từ mép máng thu đến giới hạn trên của vùng chứa cặn (giáp ranh vùng lắng và vùng chứa cặn, vận tốc ở 1/4 chu vi đường tròn bán kính bằng chiều cao lắng H) phải nhỏ hơn vận tốc kéo hạt cặn đã lắng nổi lơ lửng trở lại trong nước và bị kéo ra ngoài.



(a) Bể lắng tròn phân phối nước vào bằng buồng phân phối trung tâm



(b) Bể lắng tròn phân phối nước vào bằng máng quanh chu vi bể.
Thu nước ra bằng máng đặt ở trung tâm bể.



(c) Bể lắng tròn phân phối nước vào và thu nước ra bằng máng đặt vòng theo chu vi bể.

Hình 4-7. Bể lắng hình tròn

$$V_H = \left(\frac{8k(\rho - 1)gd}{f} \right)^{1/2} \quad (4 - 7)$$

Trong đó :

V_H : Vận tốc giới hạn trong vùng lắng (m/s)

K : Hằng số phụ thuộc vào tính chất cặn $K = 0,04$ đối với hạt cát, $K = 0,06$ đối với hạt cặn có khả năng dính kết. Ở bể lắng đợt 1 xử lý nước thải sinh hoạt có thể lấy $K = 0,05$

ρ : Tỷ trọng của hạt thường từ 1,2 - 1,6 chọn $\rho = 1,25$

g : Gia tốc trọng trường 9,8 m/s²

d : Đường kính tương đương của hạt (m) thường chọn $d = 10^{-4}$ m

f : Hệ số ma sát phụ thuộc vào đặc tính bề mặt của hạt và số Raynol của hạt khi lắng. $f = 0,02 - 0,03$ có thể lấy $f = 0,025$

5. Hiệu quả lắng cặn lơ lửng và khử BOD₅ của bể lắng đợt 1 : Khi thiết kế bể lắng đợt 1, theo giá trị của các thông số cho trong bảng (4 - 3) và (4 - 4) có thể tính hiệu quả khử BOD₅ và cặn lơ lửng SS theo phần trăm bằng công thức thực nghiệm của các nhà khoa học Mỹ:

$$R = \frac{t}{a + b \times t} \quad (4 - 8)$$

Trong đó :

R : Hiệu quả khử BOD₅ hoặc SS biểu thị bằng (%)

t : Thời gian lưu nước (giờ)

a, b : Hằng số thực nghiệm chọn theo bảng (4 - 5)

Bảng 4 - 5 : Giá trị của hằng số thực nghiệm a, b ở $t^\circ \geq 20^\circ \text{C}$.

Chỉ tiêu	a đơn vị (h)	b
Khử BOD ₅	0,018	0,020
Khử cặn lơ lửng SS	0,0075	0,014

Tỷ trọng và nồng độ cặn lắng trong vùng tích lũy và cô đặc cặn của bể lắng đợt 1. Có thể chọn theo bảng (4-6).

Bảng 4 - 6 : Tỷ trọng và nồng độ của cặn lắng ở bể lắng đợt 1

Loại cặn lắng	Tỷ trọng	Nồng độ tính theo trọng lượng (%)	
		Khoảng dao động	Giá trị tiêu biểu
1. Nước thải vào thẳng bể			
- Nước thải từ hệ cống riêng	1,03	4 - 12	5
- Nước từ hệ cống chung	1,05	4 - 12	6,5
2. Nước thải trộn với bùn hoạt tính ở bể lắng đợt 2			
- Sau bể Aerotank	1,03	2 - 6	3
- Sau bể lọc sinh học	1,03	4 - 10	5

Vi dụ : Thiết kế bể lắng đợt 1 để xử lý nước thải của thị xã với các điều kiện sau :
 $Q_{\min} = 2000 \text{ m}^3/\text{ngày}$; $Q_{\max} = 4500 \text{ m}^3/\text{ngày}$. Không xây dựng bể điều hòa, chọn kiểu bể lắng ngang, tỷ số chiều dài trên chiều rộng 4:1. Chiều cao vùng lắng 3,6 m. Tải trọng bề mặt $U_0 = 35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ ngày}$.

Yêu cầu : Xác định kích thước bể lắng, thời gian lưu nước, vận tốc tới hạn, hiệu quả khử BOD₅, khử SS.

Giải :

1. Tính diện tích bề mặt cần thiết của bể lắng :

$$F = \frac{Q}{U_0} = \frac{2000}{35} = 57 \text{ m}^2$$

2. Chiều rộng bể :

$$F = B \cdot L = B \cdot 4B = 4B^2 = 57 \text{ m}^2$$

$$B = 3,7 \text{ m lấy tròn } 4 \text{ m}$$

$$\text{Chiều dài} \quad : L = 16 \text{ m}$$

$$\text{Diện tích} \quad : F = 4 \times 16 = 64 \text{ m}^2$$

3. Tải trọng bề mặt :

$$\text{a. Giờ có } Q_{\min} \quad U_0 = \frac{2000}{64} = 31,25 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ ngày}$$

$$\text{b. Giờ có } Q_{\max} \quad U_0 = \frac{4500}{64} = 70,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ ngày}$$

nằm trong giới hạn cho phép ghi ở bảng (4-3).

4. Thể tích bể lắng:

$$V = 64 \times 3,6 = 230 \text{ m}^3$$

5. Thời gian lưu nước trong bể:

$$\text{a. Khi } Q = Q_{\min} \quad t = \frac{V}{Q} = \frac{230 \times 24}{2000} = 2,76 \text{ giờ}$$

$$\text{b. Khi } Q = Q_{\max} \quad t = \frac{V}{Q} = \frac{230 \times 24}{4500} = 1,23 \text{ giờ}$$

6. Vận tốc giới hạn :

$$V_H = \left(\frac{8k(\rho - 1)gd}{f} \right)^{1/2} = \left(\frac{8 \times 0,05 \times 0,25 \times 9,8 \times 10^{-4}}{0,025} \right)^{1/2} = 0,064 \text{ m/s}$$

- Vận tốc nước chảy trong vùng lắng ứng với Q_{\max} :

$$V_{\max} = \frac{Q}{B.H} = \frac{4500}{4 \times 3,6 \times 84\,600} = 0,0037 \text{ m/s} < V_H$$

- Máng thu nước ra bố trí 1 máng ngang chạy suốt 4 m chiều rộng bể và 3 máng dọc vuông góc với máng ngang, mỗi máng dài 2 m. Tổng chiều dài máng $l = 4 + 2 \times 3 = 10 \text{ m}$.

Tải trọng thủy lực của máng $q_{\max} = \frac{4500}{10} = 450 \text{ m}^3/\text{m}$ dài ngày.

- Vận tốc nước chảy vào máng tại mặt cắt ngang với độ sâu 3,6 m (mặt tiếp giáp vùng chứa cặn):

$$V = \frac{Q}{F} = \frac{4500 \text{ m}^3/\text{ngày}}{4 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 84\,600 \text{ s}} = 0,0066 \text{ m/s} < V_H$$

7. Hiệu quả khử BOD và SS :

a. Lưu lượng Q_{\min} :

$$R_{\text{BOD}} = \frac{t}{a + b \times t} = \frac{2,76}{0,018 + 0,02 \times 2,76} = 37,7 \%$$

$$R_{\text{SS}} = \frac{2,76}{0,0075 + 0,014 \times 2,76} = 59,8 \%$$

b. Giờ cao điểm Q_{\max} :

$$R_{\text{BOD}} = \frac{1,23}{0,018 + 0,02 \times 1,23} = 28,8 \%$$

$$R_{ss} = \frac{1,23}{0,0075 + 0,014 \times 1,23} = 49,7 \%$$

ĐIỀU CHỈNH pH VÀ BỔ SUNG CHẤT DINH DƯỠNG N, P :

Nước thải trước khi đi vào các công trình xử lý sinh học (xử lý bậc 2) phải có trị số pH nằm trong khoảng 6,6 - 7,6 và tỷ lệ các chất dinh dưỡng BOD:N:P trong khoảng 100:5:1. Ở các đô thị nhỏ, nếu mạng lưới cống thu gom nước thải thu cả nước công nghiệp và nước sinh hoạt, tuy nồng độ các kim loại nặng nằm dưới ngưỡng cho phép đi vào xử lý sinh học (Bảng 2-1) nhưng đôi khi đòi hỏi phải điều chỉnh pH và bổ sung chất dinh dưỡng.

1. Điều chỉnh pH

Điều chỉnh pH bằng cách định lượng các chất axit (nếu muốn giảm pH) hoặc các chất kiềm (nếu muốn tăng pH) vào bể trộn, trộn đều với nước thải. Thiết bị định lượng và bể trộn, bể keo tụ đã được mô tả trong các tài liệu viết cho cấp nước của cùng tác giả, trong tài liệu này không nhắc lại mà chỉ cung cấp số liệu về các hóa chất thường dùng để điều chỉnh pH, bổ sung N, P trong xử lý nước thải.

Bảng 4 – 7. Hóa chất thường dùng để điều chỉnh pH

Tên hóa chất	Công thức hóa học	Lượng hóa chất cần thiết tính bằng mg/l để khử 1 mg/l axit hoặc 1 mg/l kiềm tính theo lượng kiềm và axit CaCO ₃ (mg/l)
Cacbonat canxi	CaCO ₃	1
Oxyt canxi	CaO	0,56
Hydroxit canxi	Ca(OH) ₂	0,74
Oxyt magiê	MgO	0,403
Hydroxit magiê	Mg(OH) ₂	0,583
Vôi sống dolomit	[CaO _{0,6} MgO _{0,4}]	0,497
Vôi tôi dolomit	[(Ca(OH) ₂) _{0,6} (Mg(OH) ₂) _{0,4}]	0,677
Xút hydroxit natri	NaOH	0,799
Soda	Na ₂ CO ₃	1,059
Axit sunfuaric	H ₂ SO ₄	0,98
Axit clohydric	HCl	0,72
Axit nitric	HNO ₃	0,63

2. Hóa chất dùng để bổ sung chất dinh dưỡng N và P vào nước thải xem bảng (4-8)

Bảng 4 - 8. Các hóa chất có thể chọn làm chất bổ sung N, P cho nước thải

Tên hóa chất	Công thức hóa học
Nguồn Nitơ - N	
Amoniac	NH_3
Hydroxit amôn	NH_4OH
Bicacbonat amôn	NH_4HCO_3
Cacbonat amôn	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$
Clorua amôn	NH_4Cl
Photphat amôn	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
Sunfat amôn	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Nguồn photpho - P	
Trinatri photphat	Na_3PO_4
Dinatri photphat	Na_2HPO_4
Mono natri photphat	NaH_2PO_4
Natri hexa meta photphat	$\text{Na}_3(\text{PO}_3)_6$
Natritripoli photphat	$\text{Na}_4\text{P}_3\text{O}_{10}$
Tetranatri pyro photphat	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

CHƯƠNG V

XỬ LÝ SINH HỌC ĐỂ KHỬ CÁC HỢP CHẤT HỮU CƠ CHỨA CACBON, NITƠ, PHOTPHO

Mục đích cơ bản của quá trình xử lý sinh học là lợi dụng các hoạt động sống và sinh sản của vi sinh vật để ổn định các hợp chất hữu cơ, làm keo tụ các chất keo lơ lửng không lắng được trong nước thải sinh hoạt và nước thải từ các hầm cầu, bể tự hoại để loại chúng ra khỏi nước. Phụ thuộc vào các điều kiện môi trường cụ thể, mục đích xử lý có thể bổ sung thêm, ví dụ khử Nitơ và Photpho - Khử vết của các hợp chất hữu cơ khác.

Xử lý sinh học gồm các bước :

1. Chuyển hóa các hợp chất hữu cơ có nguồn gốc Cacbon ở dạng keo và dạng hòa tan thành thể khí và thành các tế bào vi sinh.
2. Tạo ra các bông cặn sinh học gồm các tế bào vi sinh vật và các chất keo vô cơ trong nước thải.
3. Loại các bông cặn sinh học ra khỏi nước bằng quá trình lắng trọng lực.

V.1. GIỚI THIỆU CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ SINH HỌC

V.1.1. Một vài định nghĩa và thuật ngữ dùng trong xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học

Quá trình	Tiếng Anh	Định nghĩa
- Các quá trình hiếu khí	Aerobic (oxic) processes	Các quá trình xử lý sinh học xảy ra trong điều kiện có đủ oxy.
- Các quá trình yếm khí	Anaerobic Processes	Quá trình xử lý sinh học xảy ra trong điều kiện không có oxy.
- Quá trình thiếu oxy	Anoxi process	Quá trình xử lý sinh học để chuyển hóa Nitrat thành khí Nitơ trong điều kiện không cấp thêm oxy từ ngoài vào.
Quá trình tự phát	Facultative process	Quá trình xử lý sinh học trong đó quần thể vi sinh vật có thể hoạt động trong điều kiện có oxy và không có oxy

Quá trình	Tiếng Anh	Định nghĩa
Quá trình tăng trưởng vi sinh dính bám	Attached growth process	Quá trình xử lý sinh học trong đó quần thể vi sinh vật hoạt động để chuyển hóa các chất hữu cơ và các thành phần khác trong nước thải thành khí và vỏ tế bào được dính bám vào một vài giá thể dạng tấm hoặc hạt có tính trơ như : hạt nhựa, sỏi, xỉ, sành ... đôi khi còn gọi là các màng vi sinh vật.
Khử các chất dinh dưỡng	Nutrient removal	Thuật ngữ để chỉ quá trình xử lý sinh học để khử Nitơ và Photpho ra khỏi nước thải
Khử BOD	Carbonaceous BOD removal	Sự chuyển hóa sinh học các hợp chất hữu cơ có nguồn gốc Cacbon trong nước thải thành các tế bào vi sinh và các loại khí. Trong quá trình chuyển hóa, Nitơ có trong thành phần các hợp chất hữu cơ được chuyển hóa thành Ammonia NH_4
Khử Nitrat	Denitrification	Quá trình sinh học chuyển hóa Nitrat thành khí Nitơ và các khí khác.
Nitrat hóa	Nitrification	Hai quá trình xử lý sinh học để chuyển hóa Ammonia NH_4 : đầu tiên thành Nitrit NO_2^- sau đó thành Nitrat NO_3^-
Hồ sinh học	Lagoon process	Là thuật ngữ chung để chỉ quá trình xử lý xảy ra trong các ao, hồ có chiều sâu và cường độ xử lý khác nhau.
Chất nền	Sub strate	Thuật ngữ để chỉ các hợp chất hữu cơ hay các chất dinh dưỡng sẽ được chuyển hóa trong quá trình xử lý sinh học. Ví dụ các hợp chất hữu cơ Cacbon (BOD) trong nước thải được gọi là chất nền và nó sẽ được chuyển hóa thành vỏ tế bào và các chất khí trong quá trình xử lý sinh học.

Quá trình	Tiếng Anh	Định nghĩa
Bùn hoạt tính	Activated Sludge	Bùn hoạt tính là tập hợp những vi sinh vật tự hình thành khi thổi không khí vào nước thải. Đó là những vi sinh vật có khả năng hấp thu và oxy hóa các chất hữu cơ có trong nước thải khi có mặt của oxy. Về khối lượng, bùn hoạt tính được tính bằng khối lượng chất bay hơi có trong tổng hàm lượng bùn (cặn khô) đôi khi còn gọi là sinh khối (Biomass).
Bể Acrotank	Acrotank	Là bể chứa hỗn hợp nước thải và bùn hoạt tính, gió được cấp liên tục vào bể để trộn đều và giữ cho bùn ở tình trạng lơ lửng trong nước thải và cấp đủ oxy cho vi sinh vật oxy hóa chất hữu cơ có trong nước thải.
Ổn định cặn	Stabilization of sludge	Là quá trình sinh học để chuyển hóa các chất hữu cơ có trong cặn ở bể lắng đợt 1, bể lắng đợt 2 thành khí và xác tế bào. Để ổn định cặn có thể áp dụng các quá trình hiếu khí hoặc yếm khí.
Quá trình tăng trưởng lơ lửng	Suspended - growth processes	Vi sinh vật phát triển và tăng trưởng trong các bông cặn bùn hoạt tính ở trạng thái lơ lửng trong nước ở các bể xử lý sinh học.
Bể có dòng chảy khuấy trộn hoàn chỉnh	Complete - mix process	Dòng chảy vào bể được trộn đều ngay tức khắc với khối lượng nước có sẵn trong bể để phân phối nồng độ đều khắp trong mọi điểm của bể
Bể có dòng chảy đều	Plug - flow process	Các phần tử trong dòng chảy vào bể chuyển động với vận tốc đều nhau dọc chiều dài bể từ đầu vào đến đầu ra sao cho thời gian lưu lại của từng phần tử là đều nhau và bằng thời gian lý thuyết : $t = \frac{V}{Q}$
BOD	Bio-chemical oxygen demand	Nhu cầu oxy sinh hóa

Quá trình	Tiếng Anh	Định nghĩa
COD	Chemical oxygen demand	Nhu cầu oxy hóa học
DO	Dissolved oxygen	Oxy hòa tan
MLSS	Mixed liquoz suspended solids	Chất rắn lơ lửng trong bùn lỏng
SVI	Sludge volume index	Chỉ số thể tích bùn
SS	Suspended solids	Chất rắn lơ lửng

V.1.2. Quá trình biến đổi, tăng trưởng và năng lượng cần để hoạt động của vi sinh vật

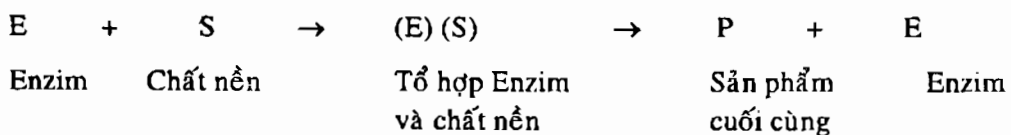
- Quá trình biến đổi bao gồm các phản ứng hóa học bên trong tế bào, có 2 phản ứng cơ bản trong quá trình biến đổi là phản ứng dị hóa và phản ứng đồng hóa.

- + Phản ứng dị hóa bẻ gãy các mạch hữu cơ, phân chia các phân tử hữu cơ phức tạp thành các phân tử đơn giản hơn và kèm theo quá trình là sự giải phóng năng lượng.
- + Phản ứng đồng hóa làm hình thành các phân tử phức tạp hơn và đòi hỏi cấp năng lượng. Năng lượng cấp cho phản ứng đồng hóa thường lấy từ năng lượng được giải phóng ra của các phản ứng dị hóa.

Vai trò quan trọng của Enzim :

Enzim là chất xúc tác hữu cơ do các tế bào sống sinh ra, Enzim là các protein hoặc protein kết hợp với các phân tử vô cơ hoặc các phân tử hữu cơ có trọng lượng thấp. Như một chất xúc tác, Enzim có khả năng làm tăng tốc độ phản ứng hóa học lên gấp nhiều lần mà bản thân Enzim không bị thay đổi.

Có 2 loại Enzim : ngoại tế bào và nội tế bào. Khi tế bào cần chất nền hay chất dinh dưỡng mà các chất này không thể tự thấm qua vỏ tế bào được thì Enzim sẽ chuyển hóa các chất này thành dạng hợp chất có thể dễ dàng di chuyển vào trong tế bào. Enzim nội tế bào là chất xúc tác cho các phản ứng đồng hóa bên trong tế bào. Enzim được biết như là một tác nhân phân loại và chuyển hóa chất nền đến sản phẩm cuối cùng với hiệu suất rất cao. Tế bào có thể sản xuất ra các Enzim khác nhau ứng với mỗi loại chất nền khác nhau để sử dụng chúng và có thể minh họa bằng phản ứng sau :



Hoạt động của Enzim chịu ảnh hưởng rất nhiều bởi trị số pH, nhiệt độ và nồng độ chất nền, mỗi Enzim có trị số pH, nhiệt độ tối ưu của mình.

Vai trò của năng lượng

Cùng với Enzim năng lượng cần thiết cho các phản ứng sinh hóa của tế bào, năng lượng cấp cho tế bào là năng lượng được giải phóng ra từ các phản ứng oxy hóa các chất hữu cơ và vô cơ (các phản ứng dị hóa) hoặc do các phản ứng quang hợp. Năng lượng này được thu nhận và tích trữ trong tế bào bằng các hợp chất hữu cơ nhất định và được dùng để tổng hợp các chất hữu cơ còn lại thành tế bào mới. Khi chất hữu cơ trong nước thải trở nên ít dần đi thì khối lượng tế bào sẽ bị giảm bởi vì các chất đã được tế bào dùng không được thay thế kịp thời bằng chất mới. Nếu tình trạng này kéo dài liên tục tế bào không còn khả năng sinh sản mà chỉ có đồng hóa các chất hữu cơ đã hấp thụ được để cuối cùng còn lại các tế bào là những chất hữu cơ tương đối ổn định. Quá trình tự giảm sinh khối này gọi là giai đoạn hô hấp nội bào (Endogenous respiration).

Vai trò của chất dinh dưỡng

Vi sinh vật tiêu thụ các chất hữu cơ để sống và hoạt động và đòi hỏi một lượng chất dinh dưỡng Nitơ và Photpho để phát triển, tỷ lệ này thường trong khoảng BOD : N : P = 100 : 5 : 1. Ngoài ra cần một lượng nhỏ các nguyên tố khoáng như canxi, magiê, sắt, đồng, kẽm, mangan. Các chất này thường có đủ trong nước thải sinh hoạt. Khi xử lý nước thải công nghiệp bằng vi sinh, nhiều trường hợp phải bổ sung N và P và khử trước các kim loại nặng gây độc hại đến nồng độ cho phép.

Sự tăng trưởng của vi sinh vật

Vi sinh vật có thể nảy nở thêm nhiều nhờ sinh sản phân đôi, sinh sản giới tính và nảy mầm nhưng chủ yếu chúng phát triển bằng cách phân đôi. Thời gian cần để phân đôi tế bào thường gọi là thời gian sinh sản có thể dao động từ dưới 20 phút đến hàng ngày. Ví dụ : nếu thời gian sinh sản là 30 phút một vi khuẩn có thể sinh ra $16\ 777\ 216$ vi khuẩn sau thời gian 12 giờ. Vi khuẩn không thể tiếp tục sinh sản đến vô tận bởi vì quá trình sinh sản phụ thuộc vào môi trường. Khi thức ăn cạn kiệt, pH và nhiệt độ thay đổi ra ngoài trị số tối ưu, việc sinh sản sẽ ngừng lại.

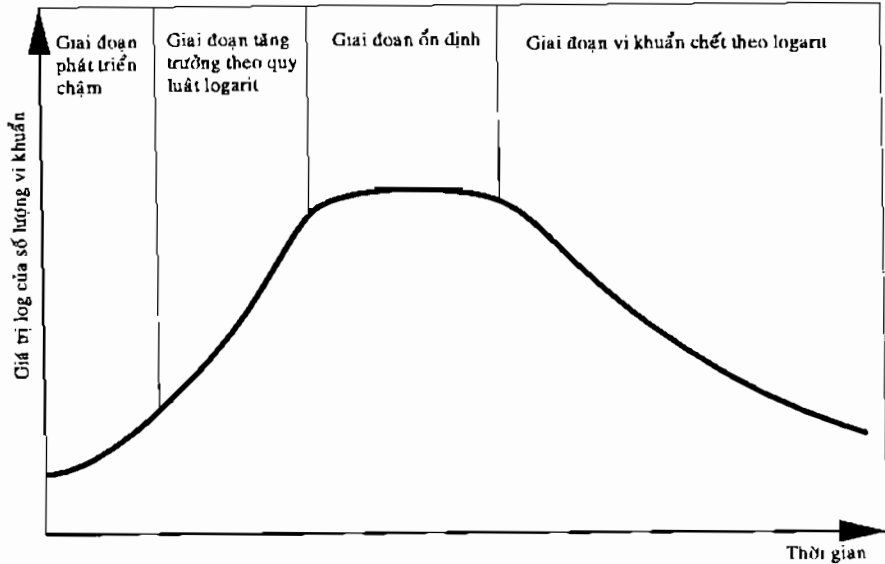
Sự tăng trưởng của vi khuẩn về số lượng

Hình 5-1 giới thiệu tổng quát quá trình phát triển theo số lượng của vi khuẩn trong một mẻ nuôi cấy.

Đầu tiên cấy một số lượng nhỏ vi khuẩn vào môi trường nuôi cấy, sau đó đo số lượng vi khuẩn tăng trưởng theo thời gian. Số lượng vi khuẩn sinh sản ra có thể chia làm 4 giai đoạn khác biệt.

1. Giai đoạn phát triển chậm :

Giai đoạn phát triển chậm thể hiện khoảng thời gian cần thiết để vi khuẩn làm quen với môi trường mới và bắt đầu phân đôi .



Hình 5-1. Đường cong biểu diễn các giai đoạn phát triển của vi khuẩn về số lượng theo thang logarit

2. Giai đoạn tăng trưởng về số lượng theo Logarit :

Trong suốt thời kỳ này các tế bào phân chia theo tốc độ xác định bởi thời gian sinh sản và khả năng thu nhận và đồng hóa thức ăn (tốc độ tăng trưởng theo phần trăm là không đổi).

3. Giai đoạn phát triển ổn định :

Ở giai đoạn này số lượng vi khuẩn trong mẻ quan sát đạt đến số lượng ổn định do :

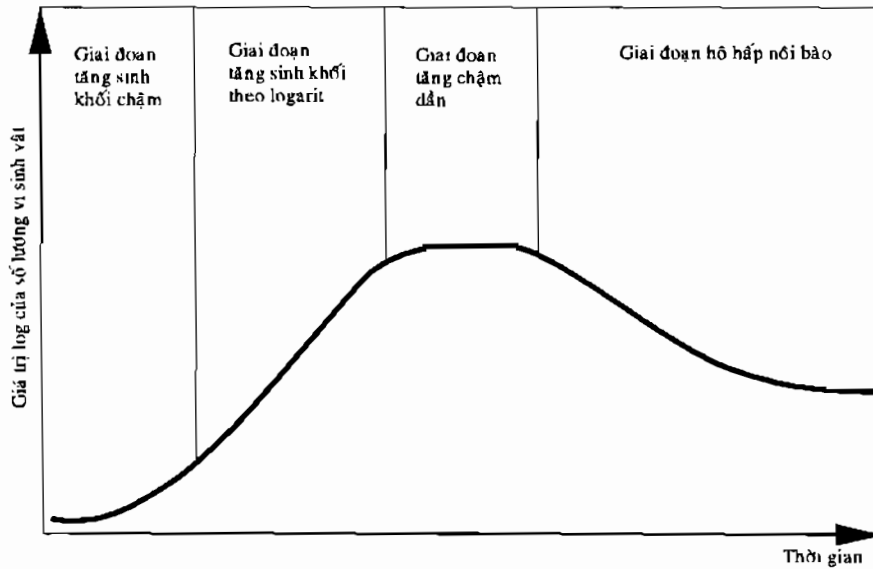
- a. Vi khuẩn đã ăn hết chất nền và chất dinh dưỡng.
- b. Số vi khuẩn mới sinh ra vừa đủ bù cho số vi khuẩn già cỗi chết đi.

4. Giai đoạn vi khuẩn tự chết :

Trong suốt giai đoạn này tốc độ tự chết của vi khuẩn vượt xa tốc độ sinh sản ra tế bào mới. Tốc độ chết là hàm số của số lượng tế bào đang sống và đặc tính của môi trường, ở vài trường hợp trị số logarit của số lượng tế bào chết tương đương với trị số logarit của số lượng tế bào sinh ra ở giai đoạn sinh trưởng nhưng có dấu ngược lại.

Sự tăng trưởng của vi sinh vật về khối lượng (sinh khối)

Hình 5-2 giới thiệu tổng quát quá trình phát triển của vi sinh vật theo khối lượng.



Hình 5-2. Đường cong biểu diễn các giai đoạn tăng sinh khối của vi khuẩn trong mẻ nuôi cấy theo thang logarit

1. Giai đoạn tăng trưởng chậm là giai đoạn vi khuẩn cần thời gian để thích nghi với môi trường dinh dưỡng. Giai đoạn tăng trưởng chậm của sinh khối không dài bằng giai đoạn phát triển chậm của số lượng vi khuẩn bởi vì sinh khối bắt đầu tăng ngay trước khi sự phân chia tế bào xảy ra (tế bào lớn lên rồi mới phân đôi).
2. Giai đoạn tăng sinh khối theo logarit luôn có thừa thức ăn bao quanh vi khuẩn và tốc độ trao đổi chất và tăng trưởng của vi khuẩn chỉ phụ thuộc vào khả năng xử lý chất nền của vi khuẩn.
3. Giai đoạn tăng trưởng chậm dần : tốc độ tăng sinh khối giảm dần đi bởi vì sự cạn kiệt dần của các chất dinh dưỡng bao quanh.
4. Giai đoạn hô hấp nội bào : Vi khuẩn buộc phải thực hiện quá trình trao đổi chất bằng chính các nguyên sinh chất có trong tế bào bởi vì nồng độ các chất dinh dưỡng cấp cho tế bào đã bị cạn kiệt. Trong giai đoạn này xảy ra hiện tượng giảm dần sinh khối khi đó các chất dinh dưỡng còn lại trong các tế bào đã chết khuếch tán ra ngoài để cấp cho các tế bào còn sống.

Sự tăng trưởng trong môi trường hỗn hợp.

Phần lớn các quá trình xử lý sinh hóa xảy ra trong môi trường hỗn hợp gồm nhiều chủng loại vi sinh tác động lên môi trường và có tác động tương hỗ với nhau. Mỗi loại vi khuẩn có đường cong sinh trưởng và phát triển riêng, vị trí và dạng của đường cong tăng

trưởng theo thời gian của mỗi loại trong hệ phụ thuộc vào thức ăn và chất dinh dưỡng có sẵn và vào các đặc tính của môi trường như pH, nhiệt độ, điều kiện yếm khí hay hiếu khí ... có nhiều loại vi khuẩn đóng vai trò quan trọng trong quá trình ổn định các chất hữu cơ có trong nước thải.

V.1.3. Động học của quá trình xử lý sinh học

Để đảm bảo cho quá trình xử lý sinh học diễn ra có hiệu quả thì phải tạo được các điều kiện môi trường như pH, nhiệt độ, chất dinh dưỡng, thời gian,... tốt nhất cho hệ vi sinh. Khi các điều kiện trên được bảo đảm quá trình xử lý diễn ra như sau :

Tăng trưởng tế bào : Ở cả hai trường hợp nuôi cấy theo mẻ hay nuôi cấy trong các bể có dòng chảy liên tục, nước thải trong các bể này phải được khuấy trộn một cách hoàn chỉnh và liên tục. Tốc độ tăng trưởng của các tế bào vi sinh có thể biểu diễn bằng công thức sau : $r_t = \mu X$ (5-1)

Trong đó :

r_t : Tốc độ tăng trưởng của vi khuẩn

khối lượng/đơn vị thể tích trong một đơn vị thời gian ($g/m^3.s$).

μ : Tốc độ tăng trưởng riêng $\frac{1}{\text{Thời gian}} = \frac{1}{s}$

X : Nồng độ vi sinh trong bể hay nồng độ bùn hoạt tính ($g/m^3 = mg/l$)

Công thức (5-1) có thể viết dưới dạng $r_t = \frac{dx}{dt} = \mu x$ (5-2)

Chất nền - Giới hạn của tăng trưởng

Trong trường hợp nuôi cấy theo mẻ nếu chất nền và chất dinh dưỡng cần thiết cho sự tăng trưởng chỉ có với số lượng hạn chế thì các chất này sẽ được dùng đến cạn kiệt và quá trình sinh trưởng ngừng lại. Ở trường hợp nuôi cấy trong bể có dòng cấp chất nền và chất dinh dưỡng liên tục thì ảnh hưởng của việc giảm bớt dần chất nền và chất dinh dưỡng có thể biểu diễn bằng phương trình do Monod đề xuất (1942 , 1949).

$$\mu = \mu_m \frac{S}{K_s + S} \quad (5-3)$$

Trong đó :

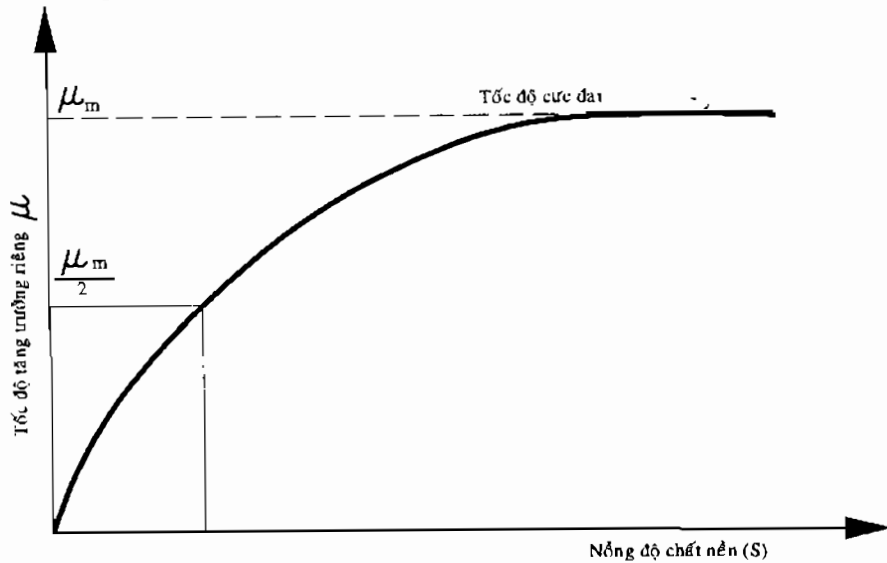
μ : Tốc độ tăng trưởng riêng (1/s)

μ_m : Tốc độ tăng trưởng riêng cực đại (1/s)

S : Nồng độ chất nền trong nước thải ở thời điểm sự tăng trưởng bị hạn chế.

K_S : Hằng số bán tốc độ, thể hiện ảnh hưởng của nồng độ chất nền ở thời điểm tốc độ tăng trưởng bằng một nửa tốc độ cực đại (g/m^3 ; mg/l).

Ảnh hưởng của nồng độ chất nền đến tốc độ tăng trưởng riêng thể hiện trên hình 5-3.



Hình 5-3. Ảnh hưởng của sự hạn chế nồng độ chất nền đến tốc độ tăng trưởng riêng

Thay giá trị μ ở phương trình (5-3) vào phương trình (5-1) ta có :

$$r_t = \frac{\mu_m X S}{K_S + S} \quad (5-4)$$

Sự tăng trưởng tế bào và sử dụng chất nền.

Trong cả hai trường hợp nuôi cấy theo mẻ và nuôi cấy trong bể có dòng chảy liên tục, một phần chất nền được chuyển thành các tế bào mới, một phần được oxy hóa thành chất vô cơ và hữu cơ ổn định. Bởi vì số tế bào mới được sinh ra lại hấp thụ chất nền và sinh sản tiếp nên có thể thiết lập quan hệ giữa tốc độ tăng trưởng và lượng chất nền được sử dụng theo phương trình sau :

$$r_t = - Y r_d \quad (5-5)$$

Trong đó :

r_t : Tốc độ tăng trưởng của tế bào ($g/m^3.s$)

Y : Hệ số năng suất sử dụng chất nền cực đại (mg/mg) (Là tỷ số giữa khối lượng tế bào và khối lượng chất nền được tiêu thụ đo trong một thời gian nhất định ở giai đoạn tăng trưởng Logarit).

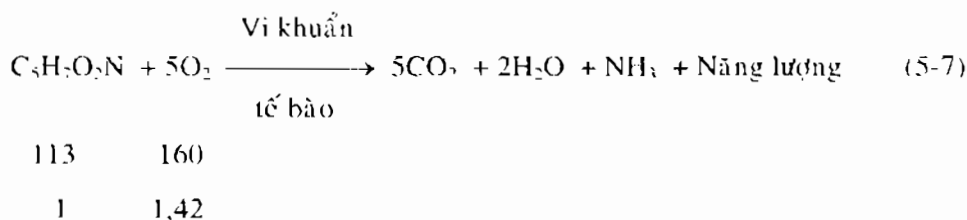
r_d : Tốc độ sử dụng chất nền ($g/m^3.s$)

Từ phương trình (5-5) và (5-4) ta rút ra :

$$r_d = \frac{\mu_m XS}{Y(K_s + S)} = \frac{KXS}{K_s + S}; \left(K = \frac{\mu_m}{Y} \right) \quad (5-6)$$

Ảnh hưởng của hô hấp nội bào

Trong các công trình xử lý nước thải không phải tất cả các tế bào vi sinh vật đều có tuổi như nhau và đều ở trong giai đoạn sinh trưởng Logarit mà có một số đang ở giai đoạn chết và giai đoạn sinh trưởng chậm. Khi tính toán tốc độ tăng trưởng của tế bào phải tính toán tổ hợp các hiện tượng này, để tính toán giả thiết rằng : sự giảm khối lượng của các tế bào do chết và tăng trưởng chậm tỷ lệ với nồng độ vi sinh vật có trong nước thải và gọi sự giảm khối lượng này là do phân hủy nội bào (endogenous decay). Quá trình hô hấp nội bào có thể biểu diễn đơn giản bằng phản ứng sau :



Từ phương trình (5-7) có thể thấy : nếu tất cả các tế bào bị oxy hóa hoàn toàn thì lượng COD của các tế bào bằng 1.42 lần nồng độ của tế bào.

$$r_d \text{ (do phân hủy nội bào)} = -K_d X \quad (5-8)$$

Trong đó : K_d : Hệ số phân hủy nội bào (1/s)

X : Nồng độ tế bào (nồng độ bùn hoạt tính) (g/m^3)

Kết hợp với quá trình phân hủy nội bào, tốc độ tăng trưởng thực tế của tế bào :

$$r_d' = \frac{\mu_m XS}{(K_s + S)} - K_d X \quad (5-9)$$

$$\text{hay : } r_d' = -Yr_d - K_d X \quad (5-9')$$

Trong đó :

r_d' : Tốc độ tăng trưởng thực của vi khuẩn (1/s)

Tốc độ tăng trưởng riêng thực sẽ là :

$$\mu' = \mu_m \frac{S}{K_s + S} - K_d \quad (5-10)$$

Tốc độ tăng sinh khối (bùn hoạt tính) sẽ là :

$$y_b = \frac{r_t}{r_d} \quad (5-11)$$

Ảnh hưởng của nhiệt độ

Nhiệt độ nước có ảnh hưởng rất lớn đến tốc độ của phản ứng sinh hóa trong quá trình xử lý nước thải. Nhiệt độ không chỉ ảnh hưởng đến hoạt động chuyển hóa của vi sinh vật mà còn có tác động lớn đến quá trình hấp thụ khí oxy vào nước thải và quá trình lắng các bông cặn vi sinh vật ở bể lắng đợt 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ phản ứng sinh hóa trong quá trình xử lý nước thải được biểu diễn bằng công thức :

$$r_1 = r_{20}\theta^{(1-20)} \quad (5-12)$$

Trong đó :

r_T : Tốc độ phản ứng ở $T^\circ\text{C}$

r_{20} : Tốc độ phản ứng ở 20°C

θ : Hệ số hoạt động do nhiệt độ

T : Nhiệt độ nước đo bằng $^\circ\text{C}$

Giá trị θ trong quá trình xử lý sinh học dao động từ 1,02 - 1,09 thường lấy 1,04.

CÁC CÔNG THỨC BIỂU DIỄN TỐC ĐỘ SỬ DỤNG CHẤT NỀN (TỐC ĐỘ KHỬ BOD)

Trong mô tả động học của quá trình xử lý nước thải bằng sinh học rút ra được công thức biểu diễn tốc độ xử lý chất nền bằng khối lượng chất nền giảm đi ở một đơn vị thể tích bể trong một đơn vị thời gian ($\text{g}/\text{m}^3\text{s}$)

$$r_d = \frac{\mu_{\max}XS}{Y(K_s + S)} \quad (5-6)$$

$$\text{đặt } K = \frac{\mu_{\max}}{Y} ; r_d = \frac{KXS}{(K_s + S)} \quad (5-6')$$

Từ công thức (5-6') ta có :

$$\rho = \frac{r_d}{X} = \frac{KXS}{(K_s + S)X} \quad (5-13)$$

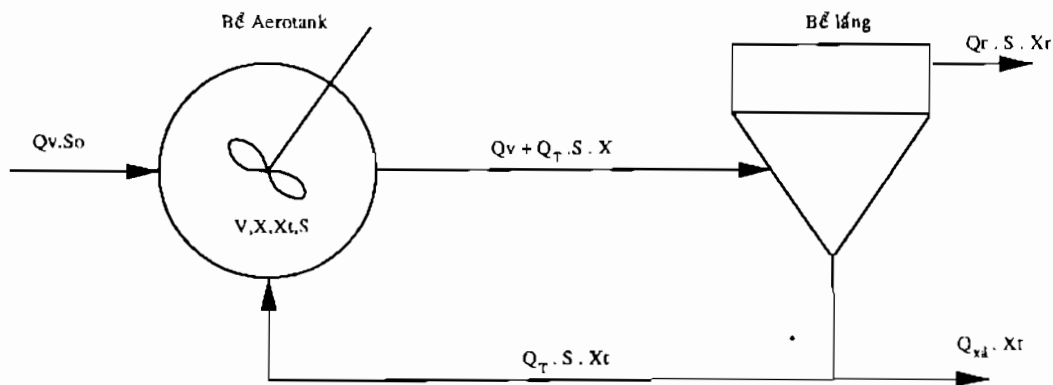
là tốc độ sử dụng chất nền tính cho một đơn vị khối lượng (g) bùn hoạt tính trong một đơn vị thời gian.

V-2. LẬP CÁC CÔNG THỨC TÍNH TOÁN BỂ AEROTANK, PHẢN ỨNG HIẾU KHÍ

Để áp dụng vào thiết kế và quản lý các công trình trong thực tế cần phải thiết lập các công thức tính toán để xác định dung tích các bể xử lý sinh học và hiệu quả xử lý.

V.2.1. Công thức tính toán bể Aerotank khuấy trộn hoàn chỉnh

Sơ đồ làm việc của bể Aerotank xem hình (5-4)



Hình 5-4. Sơ đồ làm việc của bể Aerotank trong hệ thống xử lý nước thải

- Nước thải đi vào bể Aerotank Q_v chứa chất nền có nồng độ S_0 , còn lượng bùn hoạt tính không đáng kể coi như bằng không $X_0 = 0$. Nước thải khi đi vào bể được khuấy trộn hoàn chỉnh và phân bố đều ngay lập tức trong toàn bộ thể tích bể. Cùng với nước thải đi vào bể, còn có dòng bùn hoạt tính tuần hoàn lấy từ đáy bể lắng đưa vào với Q_T và nồng độ bùn X_T , khi vào bể trộn đều với nước thải để có nồng độ bùn hoạt tính trong bể là X và lượng chất nền khi ra khỏi bể giảm xuống còn S . Sau thời gian lưu nước θ giờ trong bể, nước chảy sang bể lắng với lưu lượng $Q_v + Q_T$, nồng độ chất nền S , nồng độ bùn hoạt tính X .

Qua bể lắng nước được lắng trong xả ra nguồn với Q_r , nồng độ chất nền S , nồng độ bùn X_r . Bùn hoạt tính lắng xuống đáy bể lắng có nồng độ X_T một phần tuần hoàn lại phần dư xả ra bể chứa cặn với lượng Q_{xa} , X_T để xử lý tiếp.

- Coi việc giảm nồng độ chất nền và tăng khối lượng bùn hoạt tính chỉ xảy ra trong bể Aerotank và thời gian tồn tại của bùn trong hệ thống (tuổi của bùn θ_c) là thời gian bùn tồn tại trong bể Aerotank rút ra phương trình cân bằng khối lượng sau :

Lượng bùn = Lượng bùn — Lượng bùn + Lượng bùn tăng lên trong bể sau
 trong bể đi vào xả ra thời gian lưu nước

$$\frac{dx}{dt} V = Q_v X_o - (Q_{xá} X_T + Q_r X_r) + V(r_1') \quad (5-14)$$

Trong đó :

$\frac{dx}{dt}$: Tốc độ thay đổi nồng độ bùn hoạt tính (sinh khối) trong bể Aerotank đo bằng khối

lượng trên một đơn vị thể tích trong một đơn vị thời gian. Sinh khối hay bùn hoạt tính chính là lượng cặn bay hơi (sấy mẫu nước thải ở 105°C cho nước bay hết đem cân ta được lượng cặn khô, tiếp tục sấy cặn khô đến 600 ± 50°C đem cân ta được lượng tro của cặn, cặn bay hơi bằng lượng cặn khô trừ đi lượng tro của cặn, đôi khi còn gọi là cặn không tro).

V : Thể tích bể Aerotank - (m³)

Q : Lưu lượng nước thải đi vào bể (m³/ngày) ; (m³/h)

X_o : Nồng độ bùn hoạt tính có trong nước đi vào bể thường không đáng kể

Q_{xá} : Lưu lượng xả theo bùn ở bể lắng (m³/ngày); (m³/h)

X_T : Nồng độ bùn hoạt tính (cặn không tro) lấy từ đáy bể lắng để tuần hoàn lại bể Aerotank (g/m³; mg/l)

Q_r : Lưu lượng nước đã được xử lý đi ra khỏi bể lắng (m³/ngày; m³/h)

X_r : Nồng độ bùn hoạt tính trong nước đã lắng (g/m³; mg/l)

r₁' : Tốc độ tăng trưởng thực của bùn hoạt tính trong thời gian làm thoáng ở bể Aerotank (g/m³.ngày ; g/m³.h)

Giải phương trình (5-14) với X_o = 0 và ở thời điểm ổn định dx/dt = 0, kết hợp với phương trình (5-9') ta có :

$$\frac{Q_{xá} X_T + Q_r X_r}{VX} = Y \left(\frac{r_d}{X} \right) - K_d \quad (5-15)$$

Vế trái của phương trình (5-15) : $\frac{VX}{Q_{xá} X_T + Q_r X_r} = \theta_c$ chính là thời gian lưu cặn trong công trình và gọi là tuổi của cặn θ_c :

$$\frac{1}{\theta_c} = Y \left(\frac{r_d}{X} \right) - K_d \quad (5-16)$$

r_d : Tốc độ sử dụng chất nền hay tốc độ giảm BOD trong bể Aerotank tính theo hiệu quả làm sạch ta có :

$$r_d = -\frac{Q}{V} (S_o - S) = -\frac{S_o - S}{\theta} \quad (5-17)$$

Trong đó : $(S_o - S)$ lượng BOD giảm đi sau xử lý (mg/l)

S_o : Nồng độ BOD đầu vào (mg/l)

S : Nồng độ BOD còn lại sau xử lý (mg/l)

θ : Thời gian lưu nước trong bể Acrotank $\frac{V}{Q_v}$ (ngày, giờ)

$\rho = \frac{r_d}{X}$ là tốc độ sử dụng chất nền tính cho một đơn vị khối lượng (gr) bùn hoạt tính trong một đơn vị thời gian (ngày hay giờ), kết hợp với công thức (5-17) ta có :

$$\rho = \frac{r_d}{X} = \frac{Q}{V} \frac{S_o - S}{X} \quad (5-18)$$

$$\text{hay : } V = \frac{Q(S_o - S)}{\rho X} \quad (5-19)$$

Đây là công thức tính bể Acrotank trong các sách của Liên Xô trước đây và trong các sách ở Việt Nam của các tác giả Trần Hiếu Nhuệ, Lâm Minh Triết.

Trong đó : $X = a - z$

a : Nồng độ cận lơ lửng có thức trong bể (mg/l);

z : Độ tro của cận.

$$V = \frac{Q(S_o - S)}{\rho(a - z)} \quad (5-20)$$

- Mặt khác thay giá trị r_d từ phương trình (5-17) vào phương trình (5-16) ta có :

$$V = \frac{QY(S_o - S)\theta_c}{X(1 + K_d\theta_{gr})} \quad (5-21)$$

Đây là công thức các nước Tây Âu và Mỹ thường dùng.

- Trong thực tế khi thiết kế và vận hành các nhà máy xử lý nước thải, thông số được dùng để kiểm tra là : tỷ số khối lượng chất nền trên khối lượng bùn hoạt tính F/M (Food - to - microorganism ratio) :

$$\frac{F}{M} = \frac{S_o}{\theta X} \quad (5-22)$$

Tỷ số khối lượng chất nền trên khối lượng bùn hoạt tính F/M về bản chất là đồng nhất với tốc độ sử dụng chất nền tính cho một đơn vị khối lượng bùn hoạt tính trong một đơn vị thời gian.

$$\rho = \frac{Q}{V} \cdot \frac{S_0 - S}{X} = \frac{F}{M} \cdot \frac{E}{100} \quad (5-23)$$

trong đó : $E = \frac{S_0 - S}{S_0} \cdot 100$ là hiệu quả xử lý tính bằng %.

S_0 và S như trong các công thức trên.

Tỷ lệ lượng cặn (bùn hoạt tính) sinh ra do giảm chất nền:

$$Y_b = \frac{r_t'}{r_d} = \frac{Y}{1 + K_d \theta_c} \quad (5-24)$$

Ví dụ tính toán 1: Tính toán bể Aerotank để xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học hiếu khí.

- Lưu lượng nước thải $Q_v = 4\,000 \text{ m}^3/\text{ngày}$
- Lượng BOD₅ đầu vào 300 mg/l. Tỷ số BOD₅/COD = 0,6
- Nhiệt độ nước thải $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- Nước xử lý xong đạt tiêu chuẩn BOD $\leq 20 \text{ mg/l}$, hàm lượng cặn lơ lửng 30 mg/l gồm 65% là cặn hữu cơ
- Lượng bùn hoạt tính trong nước thải ở đầu vào bể $X_{v,0} = 0$

Thông số vận hành như sau :

1. Nồng độ bùn hoạt tính trong bể : $X = 2\,500 \text{ mg/l}$ (cặn bay hơi).
2. Độ tro của cặn 0,3 - nồng độ cặn lắng ở đáy bể lắng đợt 2 và cũng là nồng độ cặn tuần hoàn 10 000 mg/l.
3. Thời gian lưu của bùn hoạt tính (tuổi của cặn) trong công trình $\theta_c = 10$ ngày.
4. Chế độ thủy lực của bể : khuấy trộn hoàn chỉnh.
5. Giá trị của các thông số động học $Y = 0,46$. $K_d = 0,06/\text{ngày}$
6. Độ tro của cặn hữu cơ lơ lửng ra khỏi bể lắng là 0,3 (70% là cặn bay hơi).
7. Nước thải có đủ chất dinh dưỡng BOD₅ : N : P = 100 : 5 : 1 và có các chất khoáng ở nồng độ rất nhỏ. Tổng hàm lượng muối < 500 mg/l. Xác định: dung tích bể, lượng cặn xả ra, lưu lượng tuần hoàn bùn, thời gian nước lưu trong bể, tốc độ ρ và chỉ số F/M.

Giải :

1. Xác định hiệu quả xử lý :

a . Lượng cặn hữu cơ trong nước ra khỏi bể lắng : $0,65 \times 30 = 19,5 \text{ mg/l}$

b. Lượng cặn hữu cơ tính theo COD : $1,42 \times 19,5 \times 0,7 = 19,3 \text{ mg/l}$

c. Lượng BOD₅ có trong cặn ra khỏi bể lắng : $0,6 \times 19,3 = 11,58 \text{ mg/l}$

Lượng BOD₅ hòa tan ra khỏi bể lắng bằng tổng BOD₅ cho phép ở đầu ra trừ đi lượng BOD₅ có trong cặn lơ lửng : $20 - 11,58 = 8,42 \text{ mg/l}$

d. Hiệu quả xử lý tính theo BOD₅ hòa tan :

$$E = \frac{300 - 8,42}{300} \times 100 = 97,2\%$$

2. Thể tích bể Aerotank tính theo công thức (5-21) ta có :

$$V = \frac{QY\theta_c(S_o - S)}{X(1 + K_d\theta_c)} = \frac{4000 \times 0,46 \times 10 \times (300 - 8,42)}{2500 \times (1 + 0,06 \times 10)} = 1341,3 \text{ m}^3.$$

3. Thời gian nước lưu lại trong bể :

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{1341,3}{4000} = 0,3353 \text{ ngày} = 8,04 \text{ h}$$

4. Lượng bùn hữu cơ lơ lửng sinh ra khi khử BOD₅ đến 97,2%.

a. Tốc độ tăng trưởng của bùn tính theo công thức (5-24) :

$$y_b = \frac{Y}{1 + \theta_c K_d} = \frac{0,46}{1 + 10 \times 0,06} = 0,2875$$

b. Lượng bùn hoạt tính sinh ra trong 1 ngày :

$$A_{\text{bùn}} = y_b \times Q(S_o - S)$$

$$A_{\text{bùn}} = 0,2875 \times 4.000 \times (300 - 8,42) = 335.340 \text{ gr} = 335,34 \text{ kg}$$

5. Tính lưu lượng xả bùn Q_{xá} theo công thức (5-15 và 5-16) :

$$\theta_c = \frac{V \cdot X}{Q_{\text{xá}} X_T + Q_r X_r} \text{ rút ra :}$$

$$Q_{\text{xá}} = \frac{VX - Q_r X_r \theta_c}{X_T \theta_c}$$

Trong đó :

$$V : \text{Thể tích bể} = 1\,342 \text{ m}^3$$

$$Q_r = Q_v = 4\,000 \text{ m}^3/\text{ngày} \text{ (coi lượng nước theo bùn là không đáng kể)}$$

$$X = 2\,500 \text{ mg/l}$$

$$\theta_c = 10 \text{ ngày}$$

$$X_r = 0,7 \times 10\,000 = 7\,000 \text{ mg/l}$$

$$X_r = 19,5 \times 0,7 = 13,65 \text{ (0,7 là tỷ lệ lượng cặn bay hơi trong tổng số cặn hữu cơ, cặn không tro)}$$

$$Q_{\text{và bùn}} = \frac{1342 \times 2500 - 4000 \times 13,65 \times 10}{7000 \times 10} = 40,2 \text{ m}^3/\text{ngày}$$

6. Thời gian tích lũy cặn (tuần hoàn lại toàn bộ) không xả cặn ban đầu :

$$T = \frac{VX}{A_{\text{bùn}}} = \frac{1342 \times 2500}{335\,340} = 11 \text{ ngày thực tế sẽ dài hơn gấp 3 đến 4 lần vì khi nồng độ}$$

bùn chưa đủ trong bể hiệu quả xử lý ở thời gian đầu sẽ thấp và lượng bùn sinh ra ít hơn $A_{\text{bùn}}$.

7. Sau khi hệ thống hoạt động ổn định, lượng bùn hữu cơ xả ra hàng ngày :

$$B = Q_{\text{và}} \times 10\,000 \text{ g/m}^3 = 40,2 \times 10\,000 = 420\,000 \text{ g} = 420 \text{ kg/ngày}$$

$$\text{Trong đó cặn bay hơi} : B' = 0,7 \times 420 = 294 \text{ kg}$$

Cặn bay hơi trong nước đã xử lý đi ra khỏi bể lắng $Q_r X_r$:

$$B'' = 4\,000 \text{ m}^3/\text{ngày} \times 13,65 = 54 \text{ kg}$$

$$\text{Tổng cặn hữu cơ sinh ra} : B' + B'' = 294 + 54 = 348 \text{ kg} \approx A_{\text{bùn}}$$

8. Xác định lưu lượng tuần hoàn Q_r . Để nồng độ bùn trong bể luôn giữ giá trị $X = 2\,500 \text{ mg/l}$ ta có : $Q_r \cdot X_r = (Q_v + Q_r) X$, rút ra :

$$Q_r = \frac{X}{X_r - X} = \frac{2500}{7000 - 2500} = 0,5555$$

$$Q_r = 0,555 \times 4\,000 = 2222,3 \text{ m}^3/\text{ngày}$$

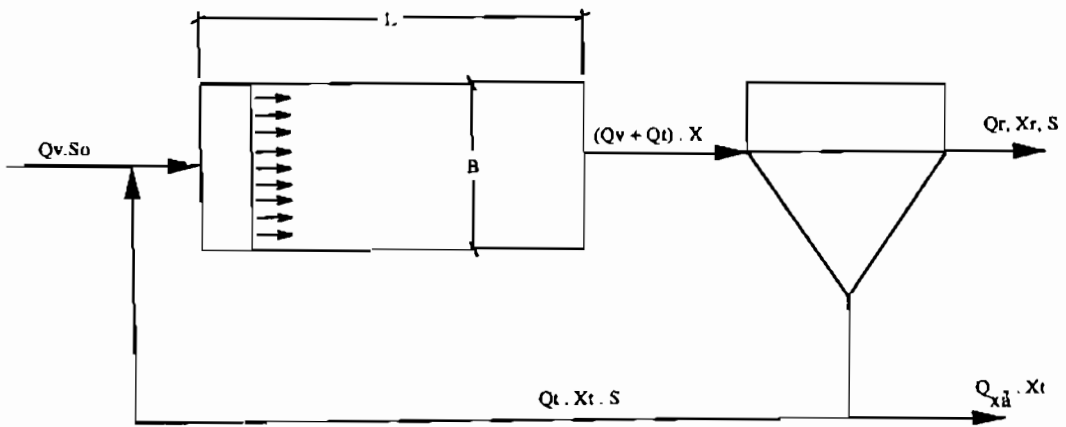
9. Kiểm tra giá trị của tốc độ ρ sử dụng chất nền (BOD_5) của 1 gram bùn hoạt tính trong một giờ :

$$\rho = \frac{S_0 - S}{X} \cdot \frac{1}{\theta} = \frac{300 - 8,42}{2500} \times \frac{1}{8,04\text{h}} = 14,5 \text{ mg BOD}_5/\text{l gram bùn.h}$$

$$\text{Hay } \rho = \frac{0,348 \text{ mg/l BOD}_5 \text{ mất đi}}{1 \text{ mg/l bùn hoạt tính trong 1 ngày}}$$

$$10. \text{ Tỷ số} = \frac{F}{M} = \frac{S_0}{\theta X} = \frac{300 \text{ mg/l BOD}_5}{0,3353 \text{ ngày} \times 2500 \text{ mg/l}} = 0,378 \frac{\text{mg BOD}_5}{\text{mg bùn.ngày}}$$

V.2.2. Công thức tính toán bể phản ứng hiếu khí (Aerotank) có dòng chảy đều
Sơ đồ làm việc của bể Aerotank có dòng chảy đều giới thiệu trên hình (5-5).



Hình 5-5. Bể Aerotank có dòng chảy đều $\frac{L}{B} > 5$

Việc đưa ra mô hình toán cho bể có dòng chảy đều rất khó khăn bởi vì nồng độ chất nền ở đầu bể và cuối bể khác nhau S_0 và S do đó nồng độ bùn hoạt tính X cũng khác nhau. Để lập công thức tính Lawrence và McCarty (1970) đề nghị :

1. Khi $\theta_c / \theta > 5$ coi nồng độ, bùn hoạt tính trong toàn bể là bằng nhau và bằng \bar{X} .

2. Tốc độ sử dụng chất nền $r_d = \frac{K_S \bar{X}}{(K_S + S)}$ (công thức 5-6'), để rút ra mô hình toán cho

bể có dòng chảy đều:

$$\frac{l}{0} = \frac{YK(S_0 - S)}{(S_0 - S) + (1 + \alpha)K_s \ln \frac{S_0}{S}} - K_d \quad (5-25)$$

Trong đó :

S_0 : Nồng độ chất nền đầu vào

S : Nồng độ chất nền đầu ra

S_1 : Nồng độ chất nền ở đầu bể sau khi hòa trộn giữa lưu lượng vào Q_V và lưu lượng tuần hoàn Q_T thực hiện xong.

$$S_1 = \frac{S_0 + \alpha S}{1 + \alpha}$$

$$\alpha : \text{Hệ số tuần hoàn} = \frac{Q_T}{Q_V}$$

V.3. GIÁ TRỊ CÁC HỆ SỐ ĐỘNG HỌC CỦA QUÁ TRÌNH

V.3.1. Khi tính toán theo các công thức trên cần phải có trước các giá trị bằng số của các hệ số động học của quá trình xử lý có thể chọn theo bảng (5-1) là số liệu của các nhà nghiên cứu Grady và Lim (1980), Lawrence và Mc Carty (1970), Orthan và Aztan (1994).

Bảng 5-1 : Giá trị đặc trưng của các hệ số động học trong quá trình xử lý nước thải đô thị, bỏ qua ảnh hưởng của các chất đặc biệt

Hệ số	Đơn vị đo	Giá trị	
		Khoảng dao động	Tiêu biểu
K	Ngày ⁻¹	2 - 10	4
K_s	mg BOD/l hay mg COD / l	25 - 100	60
		15 - 70	40
Y	mg bùn hoạt tính/mg BOD	0,4 - 0,8	0,6
	hay mg bùn hoạt tính/mg COD	0,3 - 0,6	0,4
K_d	Ngày ⁻¹	0,02 - 0,1	0,055

V.3.2. Khi tính toán, theo công thức (5-20) là công thức của các nhà khoa học Xô viết và là công thức dùng trong tiêu chuẩn ngành ở Việt Nam. Tốc độ tính toán trung bình ρ đối với nước thải đô thị có thể chọn theo bảng (5-2).

Khi S_0 nằm ở khoảng giữa các giá trị cho trong bảng, giá trị ρ có thể tính theo nội suy. Đối với bể Aerotank làm thoáng kéo dài lấy giá trị $\rho = 4 \text{ mg BOD}_{20}$ cho 1 gram bùn hoạt tính trong 1 giờ.

Bảng 5-2 : Giá trị ρ mg BOD₂₀/1 gram bùn hoạt tính trong 1 giờ đối với bể Aerotank khuấy trộn hoàn chỉnh

BOD ₂₀ đầu vào S ₀ , mg/l	BOD đầu ra S (mg/l)					
	15	20	25	30	40	≥ 50
Bể Aerotank có nồng độ bùn hoạt tính X ≤ 1 800 mg/l						
100	20	22	24	27	35	47
200	22	24	28	32	42	57
Bể Aerotank có nồng độ bùn hoạt tính X > 1 800 mg/l						
150	18	21	23	26	33	45
200	20	23	26	29	37	50
300	22	26	30	34	44	60
400	23	28	33	38	53	73
≥ 500	24	29	35	41	58	82

V.3.3. Chọn nồng độ bùn hoạt tính trong bể Aerotank

Từ công thức (5-20) và (5-21) cho thấy nồng độ bùn hoạt tính lơ lửng trong bể X càng cao thì khả năng xử lý càng lớn r_d càng cao, giảm được thời gian xử lý và dung tích bể Aerotank, nhưng khi chọn nồng độ bùn hoạt tính X cao sẽ gây khó khăn lớn cho bể lắng đợt 2 và tiêu tốn năng lượng khuấy trộn để giữ cho bùn lơ lửng với nồng độ đều khắp trong bể. Để bể lắng đợt 2 làm việc bình thường, nồng độ bùn hoạt tính đi vào bể giới hạn ở mức 1.500 - 4.000 mg/l.

Nồng độ bùn hoạt tính lấy theo nồng độ chất nền S₀ đi vào bể khi S₀ ≤ 100; X ≤ 1500 mg/l ; S₀ = 100 - 150 mg/l, X ≤ 2 000 mg/l ; S₀ = 150 - 200, X ≤ 2 800 mg/l ; S₀ > 200, X = 2 800 đến 4 000 mg/l.

Đối với bể Aerotank làm thoáng kéo dài lấy X ≤ 5 000 mg/l.

Độ tro của bùn hoạt tính Z lấy bằng 0,3 .

Khi làm thoáng kéo dài chọn Z = 0,35.

V.3.4. Xác định các hệ số động học trên mô hình thực nghiệm

Ở những thành phố, thị xã lớn, hoặc khu công nghiệp mà mạng lưới thu gom đã hoàn chỉnh, chất lượng nước thải ở cống tập trung về nhà máy xử lý sẽ xây dựng tương đối ổn định. Trước khi thiết kế nhà máy nên làm mô hình chạy thử để xác định các thông số động học cần thiết cho thiết kế, và dự đoán trước hiệu quả xử lý một cách chắc chắn.

- Để xác định các thông số K , K_s , μ_m , Y , K_d sử dụng mô hình nuôi cấy theo mẻ trong bể Aerotank khuấy trộn hoàn chỉnh. Dung tích bể $\geq 1 \text{ m}^3$. Chiều cao nước trong bể $H \geq 1,5\text{m}$.

Giả thiết : Qua mô hình thu được các giá trị sau :

TT mẫu	S_0 (mg/l)	S (mg/l)	$\theta = \theta_c$ (ngày)	X (mg/l)
1	400	13	3,2	123
2	400	24	2,0	127
3	400	33	1,6	127
4	400	47	1,3	124
5	400	66	1,1	119

Từ công thức (5-6') và công thức (5-17) ta có :

$$r_d = \frac{KXS}{K_s + S} = \frac{S_0 - S}{\theta} \quad \text{rút ra :}$$

$$\frac{X\theta}{S_0 - S} = \frac{K_s}{K} \cdot \frac{1}{S} + \frac{1}{K}$$

a. Tính các giá trị $S_0 - S$; θX ; $\frac{\theta X}{S_0 - S} \cdot \frac{1}{S}$ từ các số liệu thực nghiệm ở bảng trên ta có:

TT mẫu	$(S_0 - S)$ mg/l	$\theta.X$ mg/l ngày	$\frac{\theta X}{S_0 - S}$ ngày	$\frac{1}{S}$ (1/mg/l)
1	387	393,6	1,017	0,077
2	376	254,0	0,676	0,042
3	367	203,2	0,554	0,030
4	353	161,2	0,457	0,021
5	334	130,9	0,392	0,015

b. Đưa các số liệu từ bảng lên biểu đồ trong tọa độ vuông góc :

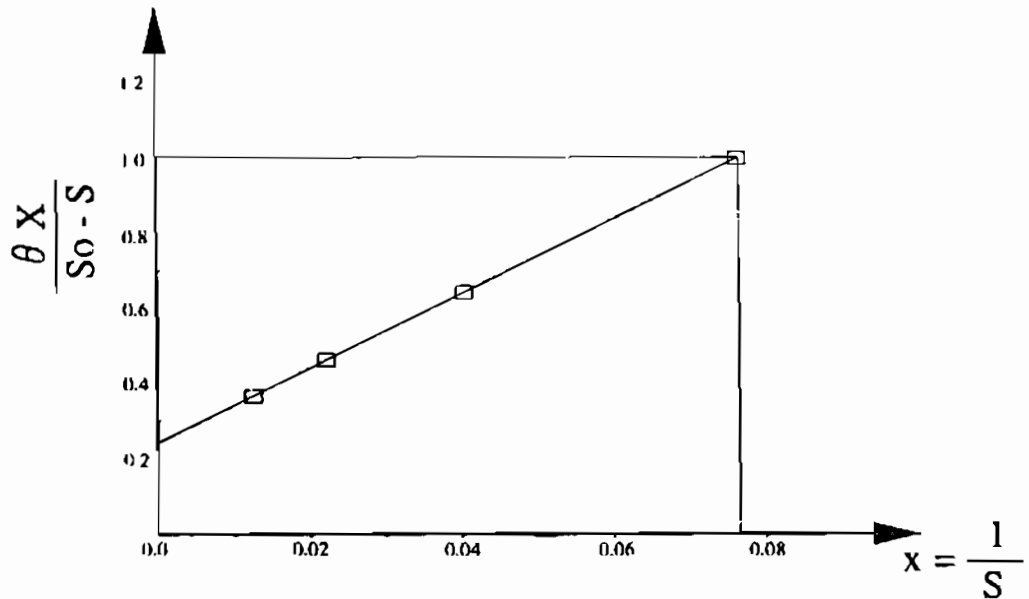
Trục tung : $y = \frac{\theta X}{S_0 - S}$, trục hoành : $x = \frac{1}{S}$

Đường thẳng biểu diễn phương trình $y = ax + b$ cắt trục tung y tại M . Ta có:

$$y_m = \frac{1}{K} = 0,25 \text{ ngày}^{-1}; K = 4 \text{ ngày}^{-1}$$

Độ dốc của đường cong: $\text{tang } \alpha = a = \frac{K_s}{K} = \frac{1,00 - 0,25}{0,075 - 0,00} = 10,0 \text{ mg/l ngày}$

$$K_s = a \times K = 10,0 \times 4 = 40 \text{ mg/l.}$$



c. Xác định hệ số Y và K_d

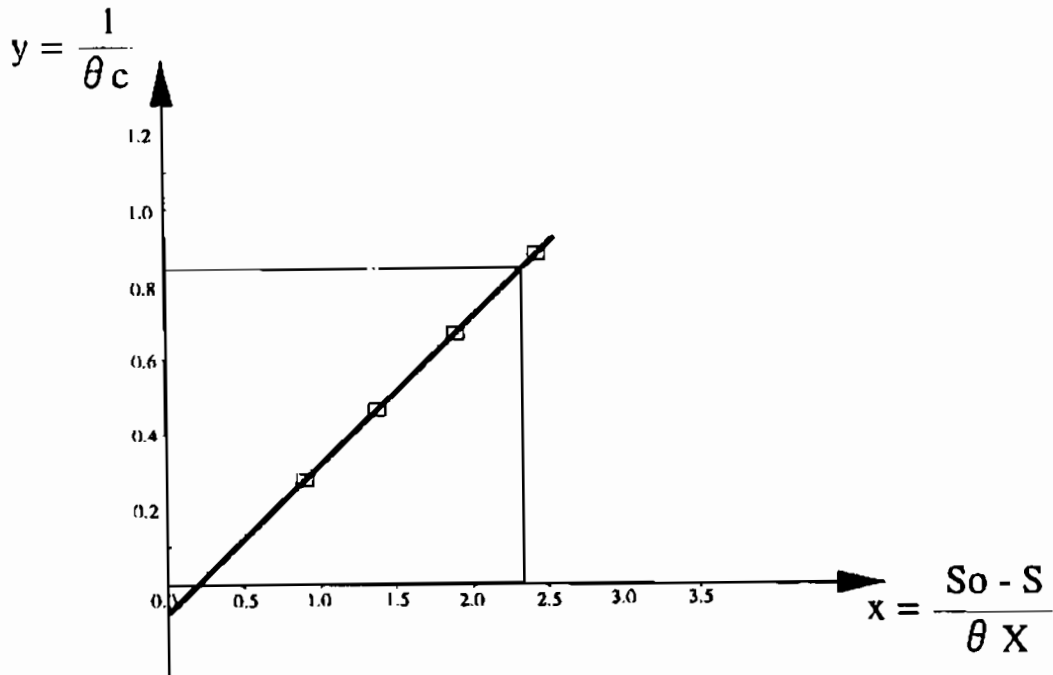
Theo phương trình (5-16) và (5-17):

$$\frac{1}{\theta_c} = Y \frac{S_0 - S}{\theta X} \cdot K_d$$

TT mẫu	$\frac{1}{\theta_c}$ ngày ⁻¹	$\frac{S_0 - S}{\theta X}$ ngày ⁻¹
1	0,313	0,983
2	0,500	1,480
3	0,625	1,806
4	0,769	2,190
5	0,909	2,552

đưa các số liệu trong bảng lên biểu đồ trong tọa độ vuông góc :

$$y = \frac{1}{\theta_c} \cdot x = \frac{S_0 - S}{\theta X}$$



từ biểu đồ ta có : $-K_d = -0,06 \text{ ngày}^{-1}$

$$\text{hệ số góc của đường biểu diễn } \text{tg}\alpha = Y = \frac{0,85 - (-0,06)}{2,4 - 0,0} = 0,38$$

- Từ định nghĩa $\mu_{\max} = KY$ (phương trình 5-6 và 5-6')

$$\text{Ta có : } \mu_{\max} = 4,0 \times 0,38 = 1,52 \text{ ngày}^{-1}$$

V.4. KHỬ CÁC CHẤT DINH DƯỠNG NITƠ VÀ PHOTPHO BẰNG PHƯƠNG PHÁP SINH HỌC

Khi nước thải chứa các hợp chất hữu cơ Cacbon, Nitơ, Photpho với nồng độ cao, sau khi xử lý sinh học bình thường giảm được 98 - 99% lượng BOD và 30 - 40% lượng Nitơ và khoảng 30% lượng Photpho còn lại 60% Nitơ và 70% lượng Photpho đi ra khỏi công trình xử lý. Nếu hàm lượng $N > 50 - 60 \text{ mg/l}$, $P > 4 - 8 \text{ mg/l}$ xảy ra hiện tượng phú dưỡng, nghĩa là N và P tạo nguồn thức ăn cho rong rêu, tảo và vi sinh vật nước phát triển làm bẩn trở lại nguồn nước. Vì vậy việc khử Nitơ và Photpho đến dưới nồng độ cho phép trước khi xả ra nguồn tiếp nhận là cần thiết.

V.4.1. Khử Nitơ bằng phương pháp sinh học

Hình 5-6 : Mô tả hai quy trình sinh học cơ bản để khử Nitơ là : quá trình đồng hóa và quá trình Nitrat hóa và khử N.

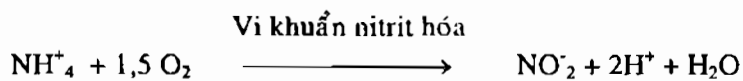
Quá trình đồng hóa khử Nitơ xảy ra đồng thời với quá trình khử BOD trong bể Aerotank còn quá trình Nitrat hóa và khử N_2 có thể thực hiện bằng 3 cách.

1. Tách riêng 3 công đoạn : Khử BOD, Nitrat hóa và khử khí N_2 .
2. Kết hợp 2 công đoạn đầu khử BOD và Nitrat hóa đồng thời tách riêng công đoạn khử khí N_2 .
3. Tổng hợp chung cả 3 công đoạn trong một công trình.

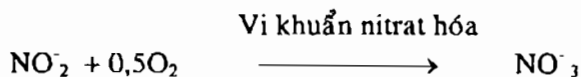
V.4.2. Nitrat hóa bằng phương pháp sinh học

Khi khử Amonia (NH_4^+) bằng phương pháp sinh học, NH_4^+ bị oxy hóa theo 2 bước:

Bước 1: NH_4^+ bị oxy hóa thành NO_2^- do tác động của vi khuẩn nitrit hóa theo phản ứng:



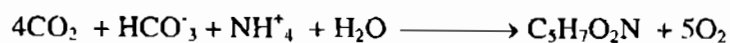
Bước 2: Oxy hóa NO_2^- thành NO_3^- do tác động của vi khuẩn nitrat hóa:



Tổng hợp quá trình chuyển hóa NH_4^+ thành NO_3^-

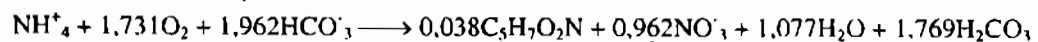


Khoảng 20 - 40% NH_4^+ bị đồng hóa thành vỏ tế bào. Phản ứng tổng hợp thành sinh khối có thể viết như sau :



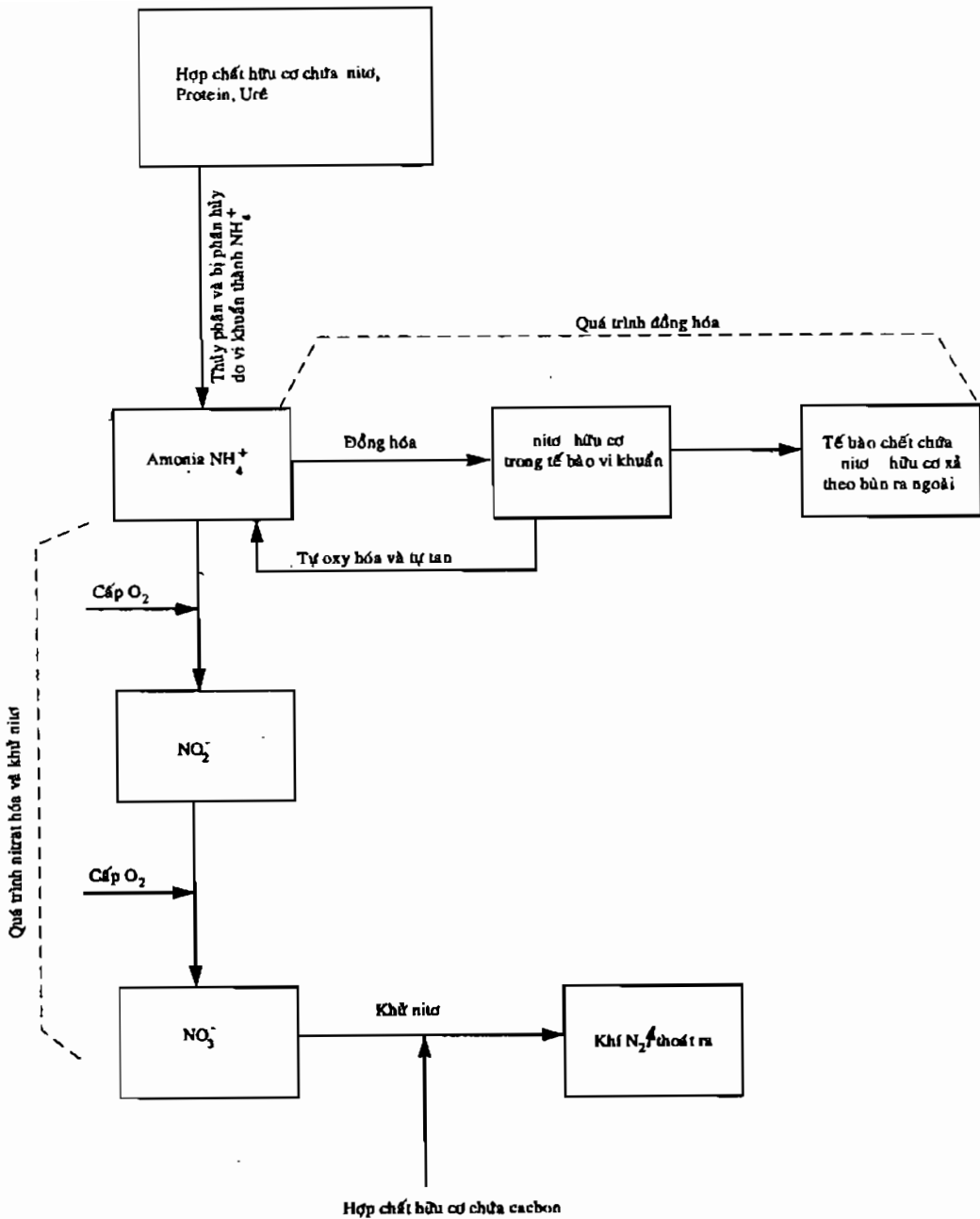
$C_3H_7O_2N$ biểu diễn tế bào vi khuẩn đã được tổng hợp thành.

Có thể tổng hợp các quá trình trên bằng phản ứng sau :



Từ phương trình trên rút ra : khi chuyển hóa 1 mg NH_4^+ cần tiêu thụ 3,96 mg O_2 và sản ra 0,31 mg tế bào mới, 7,01 mg kiềm bị khử và cần tiêu thụ 0,16 mg CO_2 . Vi khuẩn Nitrat hóa đặc biệt nhạy cảm với sự thay đổi môi trường và với các chất độc hại, từ các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm và các công trình xử lý thực tế rút ra được các thông số ảnh hưởng đến quá trình là :

1. Nồng độ của NH_4^+ và NO_2^- .



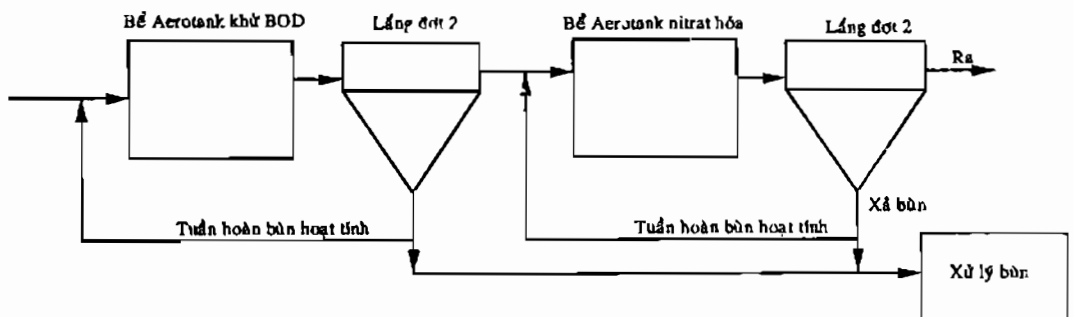
Hình 5-6. Sơ đồ mô tả quá trình sinh hóa khử Nitơ trong nước thải

2. Tỷ số BOD₅ và tổng hàm lượng Nitơ (N)
3. Nồng độ oxy hòa tan DO.
4. Nhiệt độ.
5. pH và rất nhiều tác nhân vô cơ và hữu cơ có tác dụng kìm hãm quá trình. Có thể tổng quát hóa các ảnh hưởng trên bằng phương trình biểu diễn tốc độ tăng trưởng riêng μ_m của các vi khuẩn Nitrat hóa như sau :

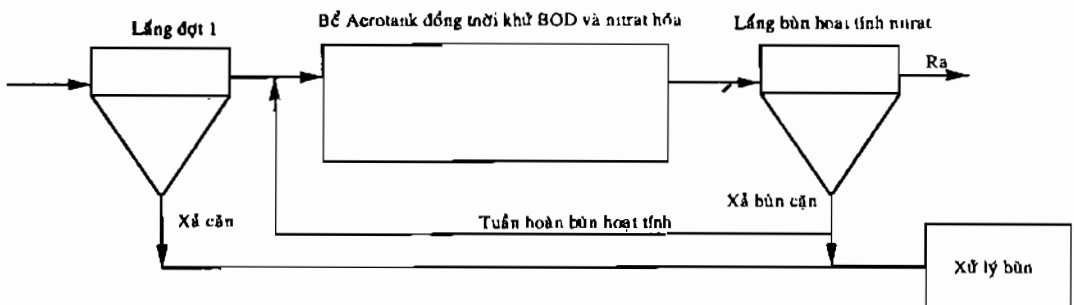
$$\mu_N = \mu_{N_{max}} \left(\frac{N}{K_N + N} \right) \left(\frac{DO}{K_{O_2} + DO} \right) \left(e^{0,098(T-15)} \right) [1 - 0,833(7,2 - pH)]$$

Khi thiết kế các bể Aerotank khuấy trộn hoàn chỉnh để thực hiện quá trình Nitrat hóa (chuyển NH_4^+ thành NO_3^-) trong lớp bùn lơ lửng, áp dụng các công thức đã nêu trong các mục (V-II), (V-III) chỉ cần thay thế các hệ số động học của quá trình chọn theo bảng (5-3), (5-4) vào các công thức tính.

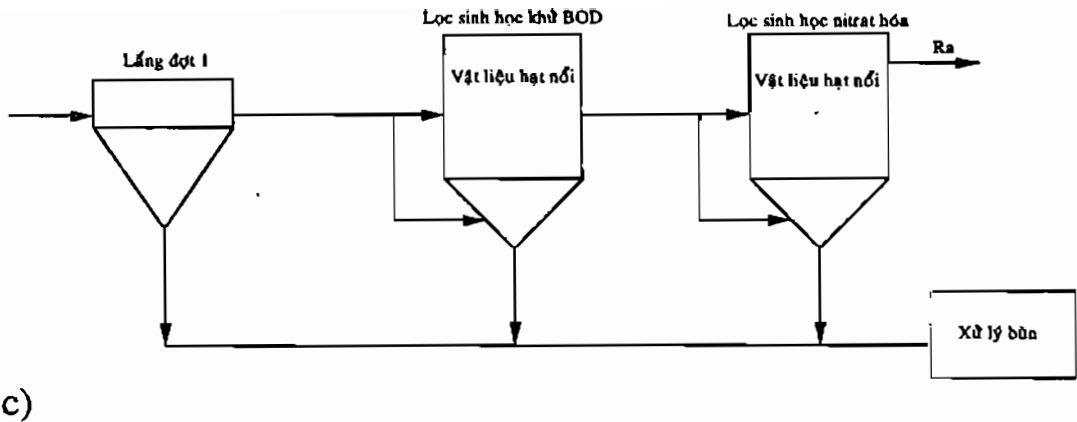
Quá trình Nitrat hóa có thể thực hiện theo một trong các sơ đồ hình (5-7).



a)



b)



Hình 5-7. Sơ đồ công trình thường áp dụng để Nitrat hóa

- a) Sơ đồ tách biệt ; b) Sơ đồ phối hợp ;
 c) Sơ đồ lọc sinh học 2 đợt

Bảng 5-3 : Ảnh hưởng của các thông số môi trường trong quá trình vận hành đến hoạt động của vi khuẩn Nitrat hóa trong bùn lơ lửng

Thông số môi trường	Mô tả sự ảnh hưởng
Nồng độ NH_4^+ và NO_2^-	Nồng độ NH_4^+ và NO_2^- ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng riêng max của vi khuẩn nitrit hóa và vi khuẩn nitrat hóa. Tốc độ tăng trưởng của vi khuẩn nitrat hóa lớn hơn rất nhiều so với vi khuẩn nitrit hóa. Và tốc độ tăng trưởng chung của vi khuẩn trong quá trình là : $\mu_N = \mu_{Nmax} \frac{N}{K_N + N}$ Lấy $\mu_{Nmax} = 0,45 \text{ ngày}^{-1}$ ở 15°C
Tỷ số BOD_5/TKN	Số phần trăm của các hợp chất hữu cơ bị Nitrat hóa trong quá trình khử BOD chịu ảnh hưởng của tỷ số BOD_5/TKN . Biểu thị bằng :
TKN: tổng các hợp chất chứa Nitơ tính theo N	$f_N = \frac{0,16 (\text{NH}_3 \text{ bị khử})}{0,6 (\text{BOD}_5 \text{ bị khử} + 0,16 (\text{NH}_3 \text{ bị khử}))}$

Thông số môi trường	Mô tả sự ảnh hưởng
Nồng độ oxy hòa tan DO	$\mu_N = \mu_{Nmax} \frac{DO}{K_{O_2} + DO}$
Nhiệt độ T °C	Nhiệt độ ảnh hưởng rất lớn đến quá trình Nitrat hóa $\mu_N = \mu_{Nmax} e^{0,098(T-15)}$ $K_N = 10^{0,05(T-1,15)}$
pH	Giá trị pH để có tốc độ tăng trưởng riêng của vi khuẩn Nitrate hóa chấp nhận được là từ 7,2 đến 9 đối với công trình xử lý phối hợp khử BOD và Nitrat hóa, và từ 7,5 - 8,6 đối với công trình xử lý tách biệt. $\mu_N = \mu_{Nmax} [1 - 0,833(7,2 - pH)]$

Bảng 5-4 : Các hệ số động học của quá trình Nitrat hóa trong môi trường bùn hoạt tính lơ lửng ở nhiệt độ 20 °C

Hệ số	Đơn vị đo	Giá trị	
		Khoảng dao động	Giá trị đặc trưng
μ_{Nmax}	ngày ⁻¹	0,4 - 2	0,9
K_N	NH ⁺ ₄ , N , mg/l	0,2 - 3	0,5
Y_N	mg bùn hoạt tính/mgNH ⁺ ₄	0,1 - 0,3	0,16
K_{dN}	ngày ⁻¹	0,03 - 0,06	0,04

Ví dụ 2 : Tính toán bể Aerotank khuấy trộn hoàn chỉnh để khử BOD₅ và oxy hóa NH⁺₄ (Amoniac NH₃) thành NO₃ với các điều kiện :

1. Công suất cần xử lý : 380 m³/ngày
2. Hàm lượng BOD₅ : 150 mg/l
3. Hàm lượng Amoniac tính theo NH⁺₄ : 30 mg/l
4. Nồng độ bùn hoạt tính : X = 2 000 mg/l
5. Nhiệt độ thấp nhất về mùa đông : 12 °C

6. Hàm lượng oxy hòa tan DO trong bể : 2 mg/l

7. Độ kiềm HCO_3^- , CO_3^{2-} đủ làm dung dịch đệm để duy trì pH = 7,2

8. Hàm lượng BOD₅ đầu ra : 15 mg/l

9. Hàm lượng NH_4^+ đầu ra : 0,4 mg/l

Xác định : a. Thời gian lưu nước cần thiết θ để khử BOD

b. Thời gian lưu nước cần thiết θ_N để khử NH_4^+

Giải :

A : Tính toán thời gian theo điều kiện Nitrat hóa.

1. Xác định tốc độ tăng trưởng riêng của vi khuẩn Nitrat hóa trong điều kiện vận hành bể ổn định:

$$\mu_N = \mu_{N_{\max}} \left(\frac{N}{K_N + N} \right) \left(\frac{DO}{K_{O_2} + DO} \right) \left(e^{0,098(T-15)} \right) [1 - 0,833(7,2 - \text{pH})]$$

$T = 12^\circ\text{C}$; $\mu_{N_{\max}} = 0,45 \text{ ngày}^{-1}$ ở 15°C (bảng 5-3)

$N = 30 \text{ mg/l}$; $K_N = 10^{0,051T - 1,158} = 10^{0,051 \times 12 - 1,158} = 0,28$ (bảng 5-3)

$\text{DO} = 2,0 \text{ mg/l}$; $K_{O_2} = 1,3 \text{ mg/l}$; $\text{pH} = 7,2$

$$\begin{aligned} \mu_N &= 0,45 \left(\frac{30}{0,28 + 30} \right) \left(\frac{2,0}{1,3 + 2,0} \right) \left(e^{0,098(T-15)} \right) [1 - 0,833(7,2 - 7,2)] \\ &= 0,2 \text{ ngày}^{-1} \end{aligned}$$

2. Xác định tốc độ sử dụng NH_4^+ của vi khuẩn Nitrat hóa ρ_N theo yêu cầu đầu vào 30mg/l, đầu ra 0,4 mg/l. Áp dụng công thức (5-13) :

$$\rho = \frac{KS}{K_S + S} \text{ thay S bằng N đầu ra } \rho_N = \frac{KN}{K_N + N}$$

$$K = \frac{\mu_N}{Y_N} = \frac{0,2}{0,16} = 1,25 \text{ ngày}^{-1}$$

$K_N = 0,28 \text{ mg/l}$ (chọn theo bảng 5-4)

$N = 0,4 \text{ mg/l}$

$$\rho_N = \frac{1,25 \times 0,4}{0,28 + 0,4} = 0,74 \text{ mg NH}_4/\text{mg bùn N ngày.}$$

3. Xác định thời gian lưu bùn θ_{CN} theo công thức (5-16) :

$$\frac{1}{\theta_c} = Y\rho - K_d;$$

$$K_{dN} = 0,04 \text{ ngày}^{-1}$$

$$\frac{1}{\theta_{CN}} = 0,16 \times 0,74 - 0,04 = 0,0784$$

$\theta_{CN} = 12,785$ ngày. Tuổi của bùn 12,785 ngày.

4. Xác định thành phần hoạt tính của vi khuẩn Nitrat hóa trong bùn hoạt tính :

$$X_N = f_N \times X$$

$$f_N = \frac{0,16 (\text{NH}_4 \text{ sẽ khử})}{0,6(\text{BOD}_5 \text{ sẽ khử}) + 0,16(\text{NH}_4 \text{ sẽ khử})}$$

$$f_N = \frac{0,16 (30 - 0,4)}{0,6 (150 - 15) + 0,16 (30 - 0,4)} = 0,055$$

$$X_N = 0,055 \times 2000 = 110 \text{ mg/l}$$

5. Thời gian cần thiết để Nitrat hóa tính theo công thức (5-19):

$$\theta_N = \frac{V}{Q} = \frac{N_0 - N}{\rho_N X_N} = \frac{30 - 0,4}{0,74 \times 110} = 0,36 \text{ ngày} = 8,6 \text{ giờ}$$

$$\text{Thể tích bể Aerotank : } V = Q \cdot \theta_N = 380 \text{ m}^3/\text{ngày} \times 0,36 = 136,8 \text{ m}^3$$

B. Tính toán theo điều kiện khử BOD₅

1. Xác định tốc độ oxy hóa (giảm) BOD₅ mg/l cho 1 mg/l bùn hoạt tính trong 1 ngày.

Từ công thức (5-16):

$$\frac{1}{\theta_c} = Y\rho - K_d \text{ ta có } \rho = \frac{1}{Y} \left(\frac{1}{\theta_c} + K_d \right)$$

lấy $\theta_c = 12,785$ ngày theo tuổi của bùn Nitrat hóa đã tính ở trên:

$$Y = 0,6 \text{ (bảng 5-1)}; K_d = 0,055 \text{ (bảng 5-1)}$$

$$\rho = \frac{1}{0,6} \left(\frac{1}{12,785} + 0,055 \right) = 0,23 \text{ mg BOD/mg bùn ngày.}$$

2. Thời gian cần thiết để khử BOD₅ :

$$\theta_N = \frac{V}{Q} = \frac{S_0 - S}{\rho X} = \frac{150 - 15}{0,23 \times 2000} = 0,23 \text{ ngày} = 7 \text{ giờ.}$$

3. Chọn dung tích bể theo thời gian lưu nước để nitrat hóa

$\theta_N = 8,6$ giờ ; $V = 137 \text{ m}^3$. Như vậy hàm lượng BOD₅ đầu ra $S < 15 \text{ mg/l}$; $S = S_0 - \theta \rho X$

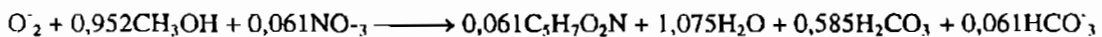
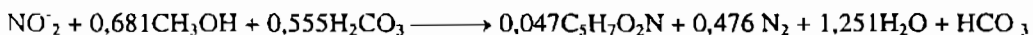
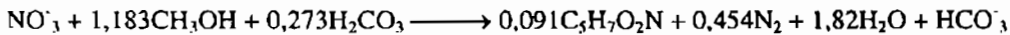
$$S = 150 - 0,36 \times 0,23 \times (2000 - 110) \approx 0$$

BOD₅ dạng hòa tan đầu ra $S \approx 0$ chỉ còn lại BOD trong cặn lơ lửng chưa oxy hóa hết.

V.4.3. Khử NO₃⁻ bằng phương pháp sinh học

Quá trình sinh học khử NO₃⁻ thành khí N₂ diễn ra trong môi trường yếm khí, NO₃⁻ đóng vai trò chấp nhận electron. Trong thực tế xử lý nước thải, NO₃⁻ thường được khử trong điều kiện thiếu oxy (Anoxic process) tức không cấp oxy từ ngoài vào. Vi khuẩn thu năng lượng để tăng trưởng từ quá trình chuyển NO₃⁻ thành khí N₂ và cần có nguồn carbon để tổng hợp thành tế bào. Do đó khi khử NO₃⁻ bằng công đoạn riêng sau các công đoạn khử BOD và nitrat hóa, hoặc khi xử lý nước thải công nghiệp thực phẩm có hàm lượng NH₃, NO₂⁻, NO₃⁻ lớn mà lại thiếu các hợp chất hữu cơ carbon thì phải thêm các hợp chất chứa carbon vào nước (ví dụ metanol CH₃OH) để vi khuẩn thu nhận làm nguồn tổng hợp thành tế bào.

Quá trình khử NO₃⁻ có thể mô tả bằng các phản ứng sau :



Từ các phương trình trên rút ra :

Khi cần khử 1 mg NO₃⁻ thành khí nitơ cần 2,70 mg CH₃OH để tạo ra 0,74 mg tế bào mới và 3,57 mg kiềm tính theo CaCO₃.

Lượng metanol CH₃OH cần cho cả quá trình :

$$\text{CH}_3\text{OH}_{\text{cần}} = 2,79 (\text{NO}_3^-) + 1,56(\text{NO}_2^-) + 0,95 \text{DO}$$

Bởi vì 1,5 mg COD tương đương với 1 mg metanol CH₃OH lượng COD cần:

$$\text{COD}_{\text{cần}} = 4,05(\text{NO}_3^-) + 2,34(\text{NO}_2^-) + 1,43\text{DO}$$

Cứ 1 mg/l NO₃⁻ chuyển thành khí N₂ cần lấy đi 2,86 mg/l oxy lượng oxy này có thể tận dụng 50% cấp cho quá trình nitrat hóa.

- Ảnh hưởng của điều kiện môi trường đến quá trình khử NO_3^- được nghiên cứu bằng thực nghiệm cho các kết luận sau :

Ảnh hưởng của nồng độ NO_3^- . Nồng độ NO_3^- trong dung dịch ảnh hưởng đến hệ số tốc độ tăng trưởng của vi khuẩn theo biểu thức :

$$\mu_{\text{N}_2} = \mu_{\text{N}_2, \text{max}} \frac{\text{NO}_3^-}{K_{\text{NO}_3} + \text{NO}_3^-}$$

Ảnh hưởng của nồng độ cacbon đến hệ số tốc độ tăng trưởng được biểu diễn bằng công thức :

$$\mu_{\text{N}_2} = \mu_{\text{N}_2, \text{max}} \frac{C}{K_C + C}$$

Trong đó :

C là nồng độ metanol CH_3OH (mg/l)

và K_C hằng số bán bão hòa của nguồn cacbon (mg/l)

- Ảnh hưởng của pH : Trị số pH tốt nhất cho quá trình khử NO_3^- bằng sinh học nằm trong khoảng 6,5 đến 7,5, tốt nhất là 7.

- Ảnh hưởng của nhiệt độ : Nhiệt độ nước ảnh hưởng rất lớn đến quá trình khử NO_3^- và được biểu thị bằng phương trình:

$$P = 0,25 T^2$$

Trong đó :

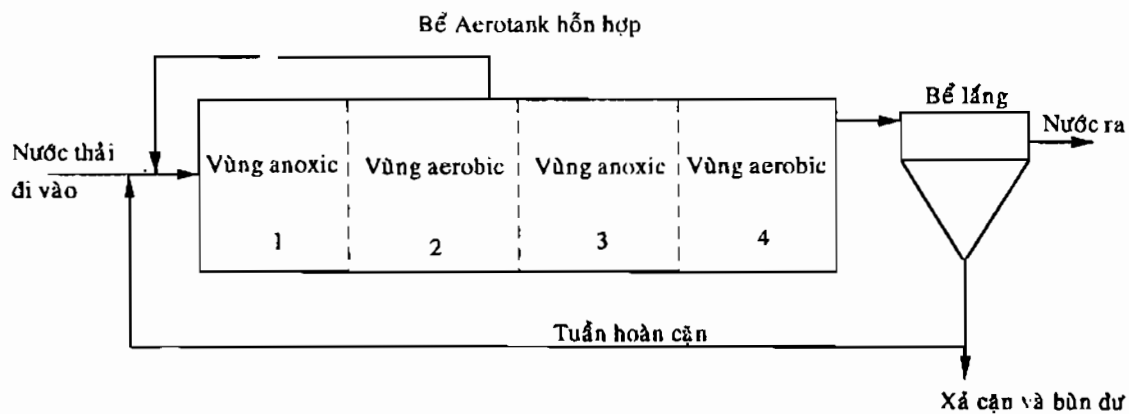
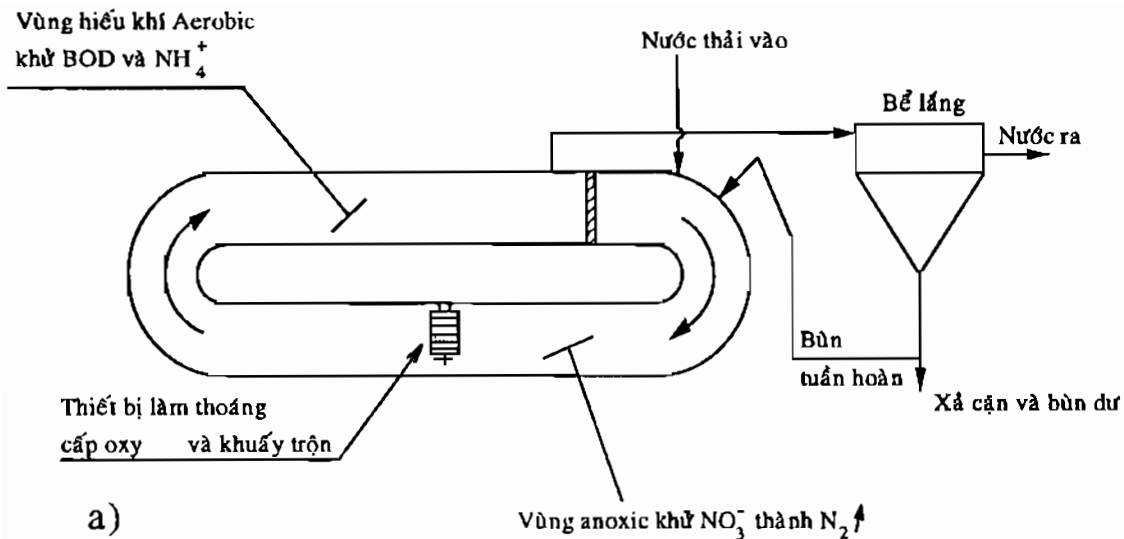
P : Là phần trăm của tốc độ tăng trưởng vi khuẩn khử NO_3^-

T : Tính bằng °C

Trong thực tế xử lý nước thải, các kỹ sư công nghệ rất ít khi áp dụng quy trình khử NO_3^- riêng biệt mà thiết kế các công trình để xử lý tổng hợp khử BOD, nitrat hóa khử NH_4^+ và khử NO_3^- trong một bể. Làm như vậy sẽ tận dụng được lượng cacbon khi khử BOD không phải cấp từ ngoài vào khi cần khử NO_3^- , tiết kiệm được 50% lượng oxy khi nitrat hóa khử NH_4^+ do lợi dụng được lượng oxy phải lấy bớt đi khi khử NO_3^- và về công trình thì không phải làm các bể lắng trung gian xem sơ đồ hình (5-8).

Khi tính toán dung tích các vùng Anoxic của bể để khử NO_3^- áp dụng công thức (5-19).

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{S_o - S}{\rho X} = \frac{N_{\text{NO}_3, \text{v}} - N_{\text{NO}_3, \text{r}}}{\rho_{\text{N}_2} X} \quad (5-26)$$



b) Hình 5-8. Sơ đồ công trình xử lý kết hợp khử BOD, NH_4^+ , NO_3^-

a) Mương oxy hóa

b) Bể Aerotank dòng chảy đều kết hợp 4 giai đoạn

Trong đó :

X : Nồng độ bùn hoạt tính của giai đoạn khử BOD

ρ_{N_2} : Tốc độ khử NO_3^- tính bằng mg cho 1 mg bùn hoạt tính trong một đơn vị thời gian ở nhiệt độ T °C.

$$\rho_{\text{N}_2 T} = \rho_{\text{N}_2 20^\circ\text{C}} \times 1,09^{(T-20)} \times (1 - \text{DO}) \quad (5-27)$$

$\rho_{\text{N}_2 20^\circ\text{C}}$: Tốc độ khử NO_3^- ở nhiệt độ $20^\circ\text{C} = 0,10 \text{ mg NO}_3^-/\text{mg}$ bùn hoạt tính ngày

T : Nhiệt độ nước thải °C

DO : Hàm lượng oxy hòa tan trong bể (mg/l)

Ví dụ 3 : Tính dung tích vùng anoxic trong bể Aerotank hỗn hợp để khử NO_3^-

- Đầu vào $\text{NO}_3^- = 30 \text{ mg} - 0,4 = 29,6 \text{ mg/l}$ (Ví dụ 2)

- Đầu ra $\text{NO}_3^- = 2 \text{ mg/l}$

- Nồng độ bùn hoạt tính $X = 2000 \text{ mg/l}$

- Nhiệt độ thấp nhất $T = 12^\circ\text{C}$

- Oxy hòa tan trong bể $\text{DO} = 0,15 \text{ mg/l}$

- $\rho_{\text{N}_2}^{20^\circ\text{C}} = 0,10 \text{ mg/mg ngày}$.

Giải: Tốc độ khử NO_3^- ở 12°C áp dụng công thức (5-27)

$$\rho_{\text{N}_2}^{12^\circ\text{C}} = 0,10 \times 1,09^{(12-20)} \times (1 - 0,15) = 0,043 \text{ ngày}^{-1}$$

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{\text{NO}_{3v} - \text{NO}_{3r}}{\rho_{\text{N}_2} X} = \frac{29,6 - 2}{0,043 \times 2000} = 0,32 \text{ ngày} = 7,7 \text{ giờ.}$$

V.4.4. Khử Photpho bằng phương pháp sinh học

Vi khuẩn sử dụng Photpho để tổng hợp thành tế bào và vận chuyển năng lượng, kết quả là từ 10 - 30% lượng photpho được khử trong quá trình khử BOD. Khử Photpho được thực hiện bằng cách lắng thành cặn để loại bỏ các tế bào chứa lượng photpho trong quá trình sinh sản và hoạt động. Cơ sở của quá trình khử photpho bằng vi sinh như sau :

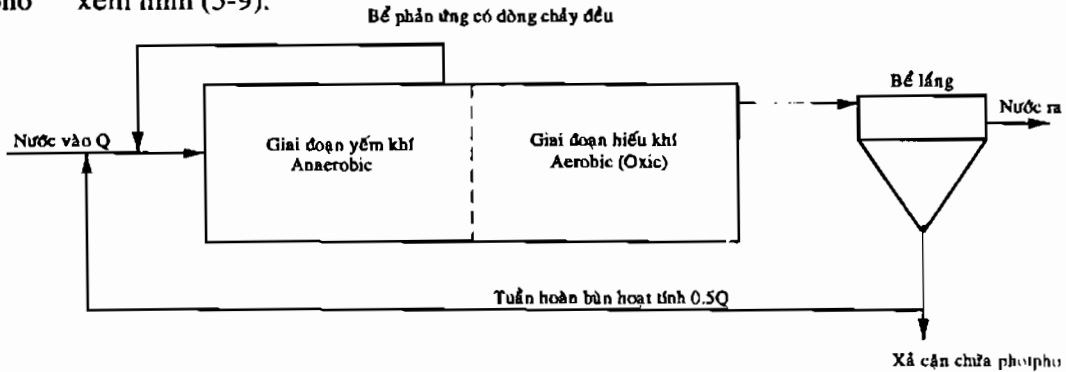
1. Một số vi khuẩn có khả năng chứa một lượng dư photpho như là polyphotphat trong tế bào của chúng.
2. Một số sản phẩm lên men đơn giản được sinh ra trong điều kiện yếm khí như là axit béo bay hơi... được các vi khuẩn đồng hóa thành các sản phẩm chứa bên trong tế bào đồng thời với việc giải phóng photpho .
3. Trong điều kiện hiếu khí năng lượng sinh ra do oxy hóa polyphotphat và các sản phẩm khác chứa trong tế bào tăng lên.

Trong thực tế khi xử lý photpho bằng phương pháp sinh học áp dụng quy trình yếm khí tiếp nối với quy trình hiếu khí.

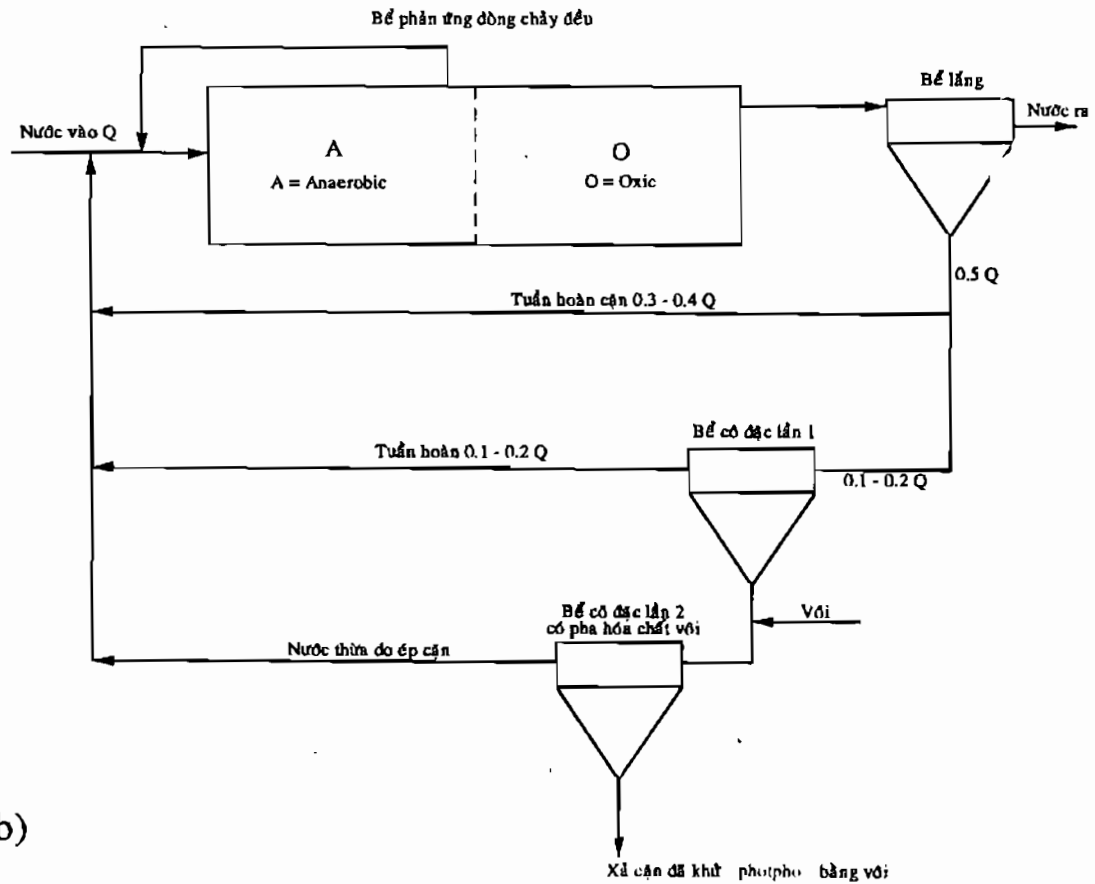
- Đầu tiên trong điều kiện yếm khí (anoxic) vi khuẩn tác động đến các axit béo bay hơi có sẵn trong nước thải để giải phóng photpho.
- Tiếp đến môi trường hiếu khí (oxic) vi khuẩn hấp thụ photpho cao hơn mức bình thường, photpho lúc này không những chỉ cần cho việc tổng hợp, duy trì tế bào và vận chuyển năng lượng mà còn được vi khuẩn chứa thêm 1 lượng dư vào trong tế bào để sử dụng ở những giai đoạn hoạt động tiếp sau.

Khi biến các tế bào này liên kết với nhau thành bông cặn lắng xuống đáy bể lắng, photpho chứa trong cặn được tháo ra ngoài đưa đi xử lý riêng, hoặc được dùng lại như là

chất lên men để tác dụng với các acid béo bay hơi làm tăng hiệu quả quá trình khử photpho xem hình (5-9).



a)



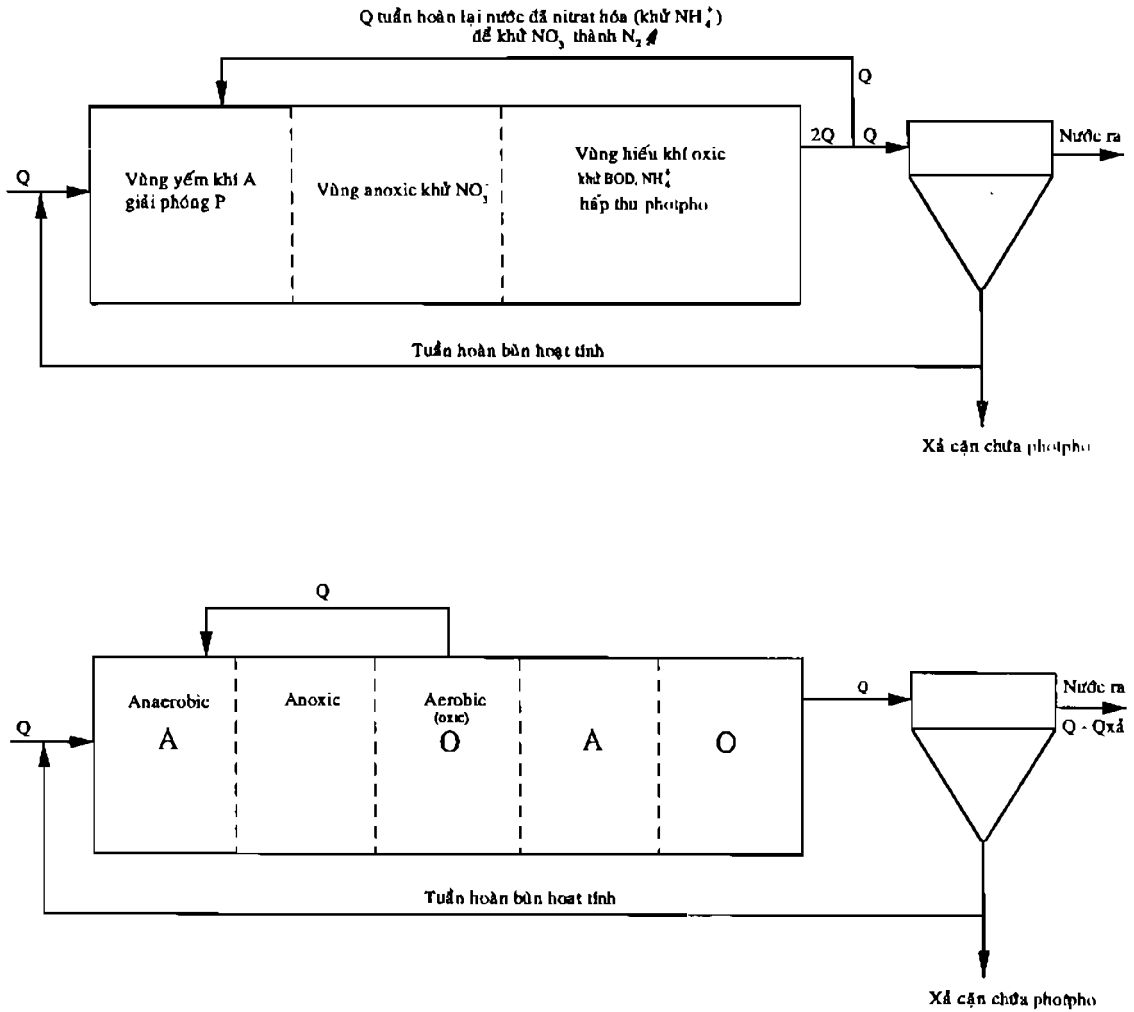
b)

Hình 5.9. Sơ đồ các giải pháp khử photpho

- a) Xử lý cặn riêng
- b) Xử lý cặn tại trạm xử lý kết hợp tăng cường quá trình lên men

Trong thực tế xử lý nước thải đô thị và nước thải công nghiệp thực phẩm, công nghiệp nhẹ khi cần khử photpho thì cũng phải khử cả các hợp chất chứa nitơ và các hợp chất hữu cơ chứa cacbon, do đó các nhà nghiên cứu và các kỹ sư công nghệ đã đề xuất ra nhiều mẫu thiết kế cho các bể phản ứng hỗn hợp khử BOD, nitơ, photpho.

Hình 5-10 giới thiệu sơ đồ công nghệ của quá trình nêu trên.



Hình 5-10. Sơ đồ công nghệ trạm xử lý NH_4^+ , PO_4^- , BOD

Trong quản lý : theo dõi hàm lượng NH_4^+ , PO_4^- , P để có thể điều chỉnh lưu lượng tuần hoàn thích hợp cho việc khử hết các chất dinh dưỡng.

CHƯƠNG VI

CÁC QUY TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI BẰNG BỂ PHẢN ỨNG HIẾU KHÍ (AEROTANK) VỚI BÙN HOẠT TÍNH LƠ LỬNG

VI.1. MÔ TẢ QUY TRÌNH

Quy trình xử lý nước thải bằng bùn hoạt tính được thực hiện ở nước Anh từ năm 1914, và đã được duy trì và phát triển đến ngày nay với phạm vi áp dụng rộng rãi để xử lý nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp.

Nước thải sau khi qua bể lắng đợt 1 có chứa các chất hữu cơ hòa tan và các chất lơ lửng đi vào bể phản ứng hiếu khí (Aerotank). Khi ở trong bể, các chất lơ lửng đóng vai trò là các hạt nhân để cho vi khuẩn cư trú, sinh sản và phát triển dần lên thành các bông cặn gọi là bùn hoạt tính. Bùn hoạt tính là các bông cặn có màu nâu sẫm chứa các chất hữu cơ hấp thụ từ nước thải và là nơi cư trú để phát triển của vô số vi khuẩn và vi sinh vật sống khác. Vi khuẩn và các vi sinh vật sống dùng chất nền (BOD) và chất dinh dưỡng (N, P) làm thức ăn để chuyển hóa chúng thành các chất trơ không hòa tan và thành các tế bào mới. Quá trình chuyển hóa thực hiện theo từng bước xen kẽ và nối tiếp nhau. Một vài loại vi khuẩn tấn công vào các hợp chất hữu cơ có cấu trúc phức tạp, sau khi chuyển hóa thải ra các hợp chất hữu cơ có cấu trúc đơn giản hơn, một vài loại vi khuẩn khác dùng các chất này làm thức ăn và lại thải ra các hợp chất đơn giản hơn nữa, và quá trình cứ tiếp tục cho đến khi chất thải cuối cùng không thể dùng làm thức ăn cho bất cứ loại vi sinh vật nào nữa.

Số lượng bùn hoạt tính sinh ra trong thời gian lưu lại trong bể Aerotank của lượng nước thải đi vào bể không đủ để làm giảm nhanh các chất hữu cơ, do đó phải sử dụng lại bùn hoạt tính đã lắng xuống đáy bể lắng đợt 2 bằng cách tuần hoàn bùn ngược trở lại đầu bể Aerotank để duy trì nồng độ đủ của vi khuẩn trong bể. Bùn dư ở đáy bể lắng được xả ra khu xử lý bùn.

Quy trình xử lý nước thải bằng bùn hoạt tính lơ lửng trong các bể phản ứng hiếu khí gồm các công đoạn sau :

1. Khuấy trộn đều nước thải cần xử lý với bùn hoạt tính trong thể tích V của bể phản ứng.
2. Làm thoáng bằng khí nén hay khuấy trộn bề mặt hỗn hợp nước thải và bùn hoạt tính có trong bể trong một thời gian đủ dài để lấy oxy cấp cho quá trình sinh hóa xảy ra trong bể.
3. Làm trong nước và tách bùn hoạt tính ra khỏi hỗn hợp bằng bể lắng đợt 2.

4. Tuần hoàn lại một lượng bùn cần thiết từ đáy bể lắng đợt 2 vào bể Aerotank để hòa trộn với nước thải đi vào.
5. Xả bùn dư và xử lý bùn.

VI.2. CÔNG THỨC TÍNH TOÁN VÀ CÁC CHỈ TIÊU THIẾT KẾ

VI.2.1. Khuấy trộn bùn hoạt tính tuần hoàn với nước thải cần xử lý

Bước thứ nhất của quá trình xử lý nước thải bằng bùn hoạt tính là cho các chất hữu cơ có trong nước thải tiếp xúc với vi sinh có trong bùn hoạt tính bằng cách khuấy trộn nhanh bùn hoạt tính tuần hoàn lại với nước thải ngay ở cửa vào bể Aerotank để tạo thành hỗn hợp bùn hoạt tính.

VI.2.2. Tiếp tục khuấy trộn hỗn hợp bùn hoạt tính và nước thải bằng không khí hoặc bằng máy khuấy trộn làm thoáng bề mặt

Bước thứ 2 thực hiện 3 chức năng cơ bản sau:

- a. Khuấy trộn đều bùn hoạt tính với nước thải trong toàn bộ thể tích V của bể.
- b. Giữ cho bùn hoạt tính luôn trong trạng thái lơ lửng.
- c. Cấp đủ lượng oxy cần thiết cho các phản ứng sinh hóa diễn ra trong bể để đáp ứng mức độ xử lý yêu cầu.

Tính toán xác định dung tích bể theo một trong các công thức sau:

1. Xác định dung tích bể theo tỷ số khối lượng chất nền và khối lượng bùn hoạt tính

F/M .

$$V = \frac{QS_o}{X \bar{F} M} \quad (6-1)$$

2. Xác định dung tích bể theo tốc độ sử dụng chất nền của 1 gam bùn hoạt tính trong một đơn vị thời gian (đo bằng ngày hoặc giờ):

$$V = \frac{Q(S_o - S)}{\rho(a - Z)} \quad (6-2)$$

3. Xác định dung tích bể theo tuổi của cặn θ_c (thời gian lưu giữ bùn hoạt tính trong bể):

$$V = \frac{\theta_c Q(S_o - S)Y}{X(1 + K_d \theta_c)} \quad (6-3)$$

4. Xác định dung tích bể theo tải trọng chất nền trên một đơn vị thể tích của bể ($\text{kg BOD}_5/\text{m}^3$):

$$V = \frac{QS_0}{L_a} \quad (6-4)$$

Trong các công thức trên :

Q : Lưu lượng nước cần xử lý ($m^3/ngày$).

S_0 : Hàm lượng BOD₅ trong nước thải (mg/l).

X : Nồng độ bùn hoạt tính (cặn hữu cơ bay hơi) (mg/l).

F/M : Tỷ lệ BOD₅ có trong nước thải và bùn hoạt tính (mg BOD₅/mg bùn).

ρ : Tốc độ sử dụng chất nền của 1 gram bùn hoạt tính trong 1 ngày (g BOD₅ / 1 g bùn ngày).

$$\rho = \frac{(F/M)E}{100} \quad ; \quad E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100$$

a : Nồng độ bùn thực trong bể Aerotank (mg/l).

Z : Độ tro của cặn, thường là 0,3 mg/mg.

θ_c : Tuổi của bùn (ngày).

K_d : Hệ số phân hủy nội bào ($ngày^{-1}$).

Y : Hệ số sinh trưởng cực đại (mg bùn hoạt tính/mg BOD₅ tiêu thụ).

L_a : Tải trọng các chất hữu cơ sẽ được làm sạch trên một đơn vị thể tích của bể xử lý (Kg BOD₅/1 m^3 ngày).

Khi thiết kế, nếu không có sẵn các chỉ tiêu rút ra từ mô hình chạy thử, có thể chọn theo bảng 6-1.

Bảng 6-1 : Giá trị điển hình của các thông số thiết kế bể Aerotank

Loại và chức năng bể Aerotank	θ_c , ngày	F/M (g BOD ₅ /g bùn hoạt tính)	Tải trọng BOD ₅ trên một đơn vị thể tích (L_a , kg BOD ₅ / m^3 ngày)	Nồng độ bùn hoạt tính lơ lửng trong bể X (mg/l)	$\theta = \frac{V}{Q}$ (giờ)	$\alpha = \frac{Q_1}{Q}$ tỷ lệ tuần hoàn
Bể có dòng chảy đều (Plug Aerotank)	3 - 15	0,2 - 0,6	0,32 - 0,64	1000 - 3000	4 - 8	0,25 - 0,75
Tròn hoàn chỉnh	0,75-15	0,2 - 1,0	0,80 - 1,90	800 - 4000	3 - 5	0,25 - 1,0
Nạp nước thải vào bể theo cấp	3 - 15	0,2 - 0,5	0,64 - 0,96	1500 - 3500	3 - 5	0,25 - 0,75
Khử BOD kết hợp Nitrat hóa	8 - 20	0,1 - 0,2 (0,02-0,15)	0,08 - 0,32	1500 - 3000	6 - 15	0,50 - 1,50

Loại và chức năng bể Aerotank	θ_c ngày	F/M (g BOD ₅ /g bùn hoạt tính)	Tải trọng BOD ₅ trên một đơn vị thể tích (L _a kg BOD ₅ /m ³ ngày)	Nồng độ bùn hoạt tính lơ lửng trong bể X (mg/l)	$\theta = \frac{V}{Q}$ (giờ)	$\alpha = \frac{Q_r}{Q}$ tỷ lệ tuần hoàn
Nitrat hóa bằng bể riêng biệt	15-100	0,05-0,2 (0,04-0,15)	0,048 - 0,140	1500 - 3000	3 - 6	0,50 - 2,0
Cho nước thải tiếp xúc với bùn hoạt tính đã được làm thoáng đến ổn định	5 - 15	0,2 - 0,6	0,95 - 1,20	1000 - 3000	0,5 - 1	0,5 - 1,5
Làm thoáng kéo dài	20 - 40	0,04 - 0,1	0,08 - 0,24	2000 - 4000	18 - 36	0,5 - 1,5
Mương oxy hóa	15 - 30	0,04 - 0,1	0,08 - 0,24	2000 - 4000	8 - 36	0,5 - 1,5
Xử lý theo mẻ kế tiếp nhau	10 - 30	0,04 - 0,1	0,08 - 0,24	2000 - 5000	12 - 50	
Làm thoáng kéo dài theo mẻ kế tiếp nhau	12 - 25	0,04-0,08	0,08 - 0,24	2000 - 5000	20 - 40	

VI.2.3. Làm trong nước và tách bùn hoạt tính ra khỏi hỗn hợp bằng bể lắng đợt 2

Chức năng của bể lắng đợt 2 là tách bùn hoạt tính chất hữu cơ, chất rắn lơ lửng ra khỏi hỗn hợp làm cho nước đủ độ trong để xả ra nguồn tiếp nhận, đồng thời cô đặc bùn ở đáy bể đến nồng độ mong muốn để tuần hoàn một phần lại bể Aerotank. Bùn dư hàng ngày được xả ra ngoài theo đường trích ra từ dòng tuần hoàn. Đây là bước rất quan trọng trong dây chuyền xử lý, việc tính toán, cấu tạo và vận hành bể lắng đợt 2 sẽ được làm rõ ở một chương riêng.

VI.2.4. Tuần hoàn lại bùn hoạt tính

Mục đích của việc tuần hoàn lại bùn là để duy trì đủ nồng độ bùn hoạt tính lơ lửng trong bể Aerotank đáp ứng với yêu cầu xử lý đã đặt ra.

Máy bơm bùn hoạt tính thường thiết kế với khoảng dao động lưu lượng đủ lớn từ 30% đến 100% lưu lượng nước xử lý để khắc phục các trường hợp khi bể lắng làm việc không tốt nồng độ bùn ở đáy bể thấp hơn tính toán hoặc khi lưu lượng nước đi vào xử lý dao động cao hơn bình thường.

Xác định lưu lượng tuần hoàn theo phương trình cân bằng khối lượng bùn hoạt tính đi vào và ra khỏi bể.

$$Q_r X_o + Q_i X_i = (Q_v + Q_i) X$$

Trong thực tế nồng độ bùn hoạt tính trong nước thải đi vào bể X_o là không đáng kể, ta có :

$$\alpha = \frac{Q_i}{Q_v} \approx \frac{X(\text{mg/l})}{X_1 \text{mg/l} - X \text{mg/l}} \quad (6-5)$$

Trong đó :

α : Tỷ lệ tuần hoàn

Q_v : Lưu lượng nước thải đi vào công trình xử lý (m^3/h)

Q_i : Lưu lượng hỗn hợp bùn tuần hoàn lại (m^3/h)

X : Nồng độ bùn hoạt tính muốn duy trì trong bể Aerotank (mg/l)

X_1 : Nồng độ bùn hoạt tính trong hỗn hợp tuần hoàn hay nồng độ bùn hoạt tính sau khi lắng ở đáy bể lắng đợt 2 (mg/l)

Số bơm tuần hoàn cần bố trí đủ để có thể vận hành với lưu lượng tuần hoàn từ 0,70_l đến 2.00_l

VI.2.5. Xả bùn dư hàng ngày vào các công trình xử lý bùn

Lượng bùn dư phải xả liên tục để duy trì nồng độ bùn hoạt tính X trong bể Aerotank theo tính toán.

Lượng bùn dư có thể xả trực tiếp từ bể Aerotank hoặc từ đường tuần hoàn lại vào thiết bị cô đặc bùn.

Lưu lượng bùn xả vào các công trình xử lý bùn có thể rút ra từ phương trình cân bằng khối lượng bùn để đảm bảo thời gian lưu bùn trong hệ θ_c (tuổi của bùn):

$$\theta_c = \frac{V \cdot X}{Q_{xá} X_1 + Q_{ra} X_{ra}}, \quad \text{rút ra :}$$

$$Q_{xá} = \frac{VX - Q_{ra} X_{ra} \theta_c}{X_1 \theta_c} \quad (6-6)$$

Trong đó :

$Q_{xá}$: Dung dịch bùn xả ra ($\text{m}^3/\text{ngày}$)

V : Thể tích bể Aerotank (m^3)

X : Nồng độ bùn hoạt tính trong dung dịch tuần hoàn (cũng là nồng độ bùn hoạt tính trong dung dịch bùn xả ra ngoài) (mg/l)

X_1 : Nồng độ bùn hoạt tính trong bể Aerotank (mg/l)

X_{ra} : Nồng độ bùn hoạt tính trong nước ra khỏi bể lắng (mg/l)

Q_{ra} : Lưu lượng nước đã xử lý đi ra khỏi bể lắng ($m^3/ngày$)

θ_c : Thời gian lưu bùn trong công trình (ngày)

VI.2.6. Lượng bùn tạo ra hàng ngày

Khi thiết kế và trong quá trình quản lý phải xác định được lượng bùn sản ra hàng ngày để tính toán và vận hành các công trình xử lý bùn. Lượng bùn sản ra phụ thuộc vào đặc tính của nước thải, vào tuổi của bùn θ_c và vào hệ số phân hủy nội bào K_d .

Hệ số tính lượng bùn sản ra từ việc khử BOD :

$$y_b = \frac{Y}{1 + K_d \theta_c}$$

Ngoài ra còn phải tính đến các chất lơ lửng vô cơ và các chất lơ lửng hữu cơ không bị oxy hóa cho nên các nhà khoa học Mỹ Graw (1992), Artan (1994) và Burton (1991) đã căn cứ vào các công trình hoạt động thực tế để tổng kết và đưa ra hệ số tính lượng bùn sản ra theo nồng độ COD của nước thải sinh hoạt lấy theo bảng 6-2.

$$G_{bùn} = K.(COD) ; \quad COD (kg/ngày)$$

Bảng 6-2: Hệ số sinh bùn tính theo COD

Quy trình xử lý	Thời gian lưu bùn θ_c ngày	Hệ số K	
		Đã qua bể lắng đợt 1	Không có bể lắng đợt 1
Bể Aerotank tải trọng cao	0,7 – 2	0,5 - 0,8	0,6 - 0,9
Bể Aerotank bình thường	3 - 8	0,4 - 0,6	0,5 - 0,8
Bể Aerotank tải trọng thấp	> 15	0,3 - 0,5	0,5 - 0,7

Theo tiêu chuẩn thiết kế của Nga và tiêu chuẩn ngành Việt Nam, tổng lượng bùn sản ra tính theo công thức :

$$G_{bùn} = 0,8 (SS) + 0,3 (BOD_5) \quad (6-7)$$

Khi làm thoáng kéo dài $G_{bùn} = 0,7(SS) + 0,3 BOD_5$.

Trong đó :

SS : Hàm lượng cặn lơ lửng có trong nước thải (Kg/ngày)

BOD_5 : Hàm lượng BOD_5 tính theo (Kg/ngày)

Tương ứng với độ tro của cặn $Z = 0,3$.

Khi tính toán thiết kế, nên so sánh giá trị tính theo công thức (6-7) và các giá trị trong bảng 6-2 để chọn cho thích hợp.

VI.2.7. Chỉ số thể tích và chỉ số mật độ của bùn.

Là chỉ tiêu để đánh giá khả năng lắng của bùn hoạt tính trong bể lắng đợt 2 và là chỉ tiêu phản ánh đặc tính và chất lượng của bùn. Chỉ số thể tích bùn (Ký hiệu bằng chữ SVI) là thể tích do 1 gram bùn khô choán chỗ tính bằng ml sau khi để dung dịch bùn lắng tĩnh 30 phút trong ống lắng hình trụ khác độ dung tích 1000 ml. Để xác định chỉ số thể tích của bùn, lấy 1 lít dung dịch bùn ở đầu ra của bể Aerotank để lắng 30 phút trong ống lắng thủy tinh hình trụ có khắc độ. Quan sát và đánh dấu mặt phân chia giữa bùn và lớp nước ở trên để tính ra thể tích bùn choán chỗ bằng ml, đồng thời với lấy mẫu lắng, lấy luôn mẫu để xác định nồng độ bùn hoạt tính trong dung dịch tính theo mg/l rồi xác định chỉ số thể tích bùn theo công thức sau :

$$SVI = \frac{\text{Thể tích bùn đã lắng sau 30 phút (ml/l)} \cdot 1000}{\text{Nồng độ bùn lơ lửng trong dung dịch (mg/l)}} = \frac{\text{ml}}{\text{gram}}$$

Thông thường, ở các nhà máy xử lý nước thải bằng bùn hoạt tính, chỉ số thể tích bùn dao động từ 50 đến 150. Bùn có chỉ số thể tích càng nhỏ lắng càng nhanh và càng đặc. Chỉ số mật độ của bùn SDI là số nghịch đảo của chỉ số thể tích :

$$SDI = \frac{\text{Nồng độ bùn lơ lửng (\%)}}{\text{Thể tích bùn choán chỗ sau 30 phút lắng (\%)}} \times 1000$$

SDI thường dao động từ 1 - 2,5

VI-3. XÁC ĐỊNH HỆ SỐ SỬ DỤNG THỂ TÍCH CỦA CÁC LOẠI BỂ AEROTANK THEO QUY TRÌNH VẬN HÀNH VÀ ĐẶC TÍNH CỦA THIẾT BỊ LÀM THOÁNG

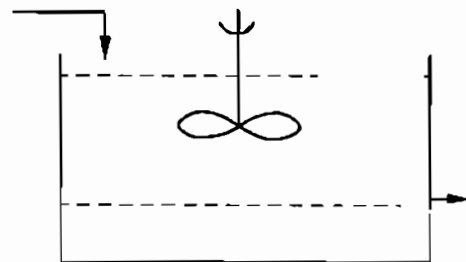
Hiệu quả làm sạch của bể Aerotank phụ thuộc vào : đặc tính thủy lực của bể hay còn gọi là hệ số sử dụng thể tích của bể, phương pháp nạp chất nền vào bể và thu hỗn hợp bùn hoạt tính ra khỏi bể, kiểu dáng và đặc trưng của các thiết bị làm thoáng, thời gian làm thoáng, nên khi thiết kế phải kể đến các ảnh hưởng trên để chọn kiểu dáng và kích thước bể cho phù hợp với yêu cầu xử lý đặt ra.

ĐẶC TÍNH THỦY LỰC CỦA BỂ :

Trong thực tế xử lý nước thải, khi thiết kế bể Aerotank thường chọn kiểu bể để có chế độ dòng chảy sau :

VI.3.1. Bể Aerotank làm việc theo từng mẻ

Cho nước vào đầy bể trong thời gian t_1 thì ngừng lại. Khuấy trộn trong thời gian t_2 . Ngừng khuấy để lắng trong thời gian t_3 sau đó tháo nước ra t_4 .



Hình 6-1

Trong thời gian t_2 , nếu cường độ khuấy đủ lớn (khuấy trộn hoàn chỉnh) dung tích bể được sử dụng hoàn toàn, tức sử dụng cả 100% thể tích bể. Đối với giai đoạn lắng t_3 : vì nồng độ bùn được phân bố đều trong toàn bộ thể tích khi khuấy trộn và lắng là lắng tĩnh, lực trọng trường vì lực cản tác động lên hạ' cản ở mọi điểm trong bể là như nhau, nên hệ số sử dụng dung tích khi lắng là 100%.

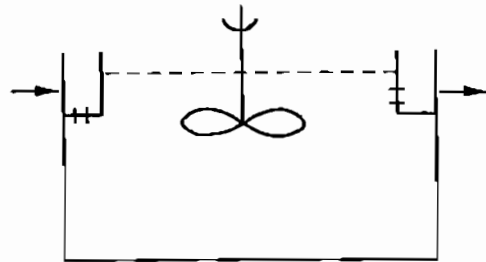
VI.3.2. Bể Aerotank làm việc liên tục

Được khuấy trộn hoàn chỉnh bằng thiết bị làm thoáng bề mặt hay bằng dàn ống sục gió.

- Bể có thể tích V .

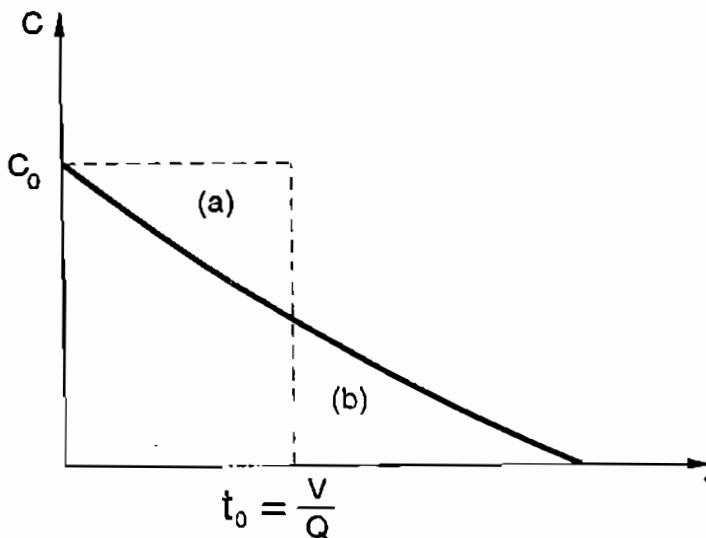
- Lưu lượng nước vào = lượng nước ra
= Q (m^3/h).

- Thời gian lưu nước trong bể theo lý thuyết $t_0 = \frac{V}{Q}$.



Hình 6-2

Để đánh giá mức độ sử dụng thể tích của bể phải tiến hành thí nghiệm đo nồng độ các phân tử chất chỉ thị đi ra khỏi bể theo thời gian.



Hình 6-3. Nồng độ chất chỉ thị tại cửa ra của bể

- (a) - Diện tích biểu diễn tổng khối lượng các phân tử đi ra khỏi bể sớm hơn thời gian lưu nước lý thuyết t_0
- (b) - Diện tích biểu diễn tổng khối lượng các phân tử ở lại trong bể lâu hơn t_0

Thí nghiệm tiến hành như sau : đổ nước vào đầy bể, và cho x gram chất chỉ thị vào bể (Chất chỉ thị thường là chất trơ không gây phản ứng hóa học, là chất có màu hoặc bùn trơ). Khuấy trộn đều, lúc này nồng độ chất chỉ thị trong bể là $C_0 = \frac{X}{V}$ (mg/l). Mở van cho nước liên tục chảy vào bể với lưu lượng Q (m³/phút) và rút nước ra khỏi bể liên tục với lưu lượng Q (m³/phút), sau một khoảng thời gian $\Delta t \approx 5 - 10$ phút lấy mẫu ở đầu ra để đo nồng độ chất chỉ thị. Ứng với thời điểm $t \approx 0$ ta có $C = C_0$.

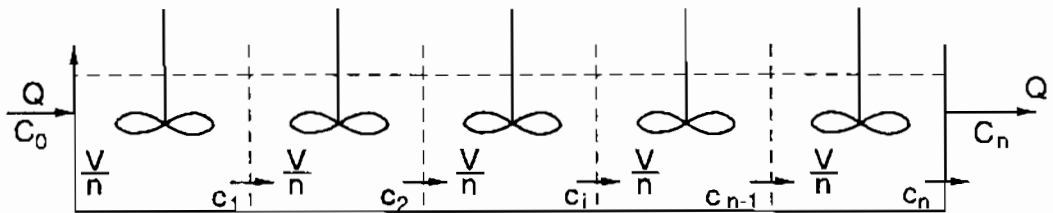
$$t_1 = \Delta t \quad \text{có } C = C_1; \quad t_1 = i \cdot \Delta t; \quad C = C_i$$

Từ phương trình cân bằng khối lượng trong bể khuấy trộn hoàn chỉnh rút ra được :

$$C_i = C_0 \cdot e^{-i \frac{Q}{V}} = C_0 e^{-i t_0} \quad (6-8)$$

Đường cong biểu diễn nồng độ C_i theo thời gian t , trên trục tọa độ vuông góc C và t có dạng như hình 6-3.

VI.3.3. Bể Aerotank có các ngăn trộn hoàn chỉnh đặt nối tiếp thành dãy n bể



Hình 6-4

Thí nghiệm tiến hành như sau :

Cho nước liên tục vào bể với lưu lượng Q (m³/phút), trong nước đi vào đã pha sẵn chất chỉ thị với nồng độ C_0 . Bể chứa đầy nước với thể tích V. Thời gian lưu nước lý thuyết $t_0 = \frac{V}{Q}$. Đo nồng độ chất chỉ thị ở đầu ra C_n theo thời gian t_i .

Viết phương trình cân bằng khối lượng cho hệ n bể trộn hoàn chỉnh nối tiếp nhau rút ra :

$$C_i = \frac{C_0}{(i-1)!} (n t_0)^{i-1} e^{-(n t_0)} \quad (6-9)$$

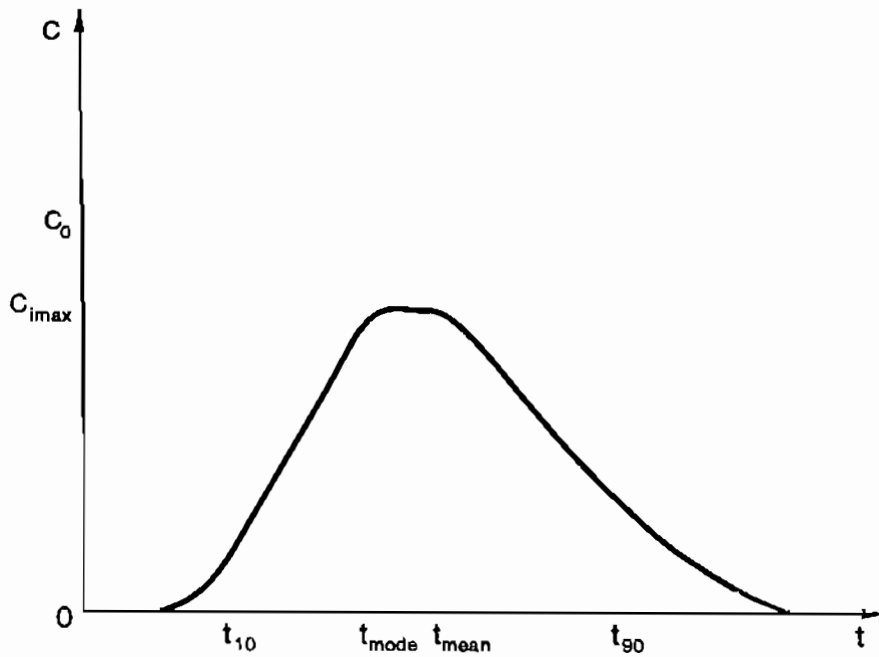
Trong đó:

C_0 : Nồng độ chất chỉ thị ở đầu vào

C_i : Nồng độ chất chỉ thị ở đầu ra tại thời điểm t_i

$$\theta = \frac{t_i}{t_0} \text{ với } t_i = \frac{V}{Q}; t_i = i \cdot \Delta t$$

n : Số bể trộn nối tiếp trong hệ.



Hình 6-5. Nồng độ chất chỉ thị ở đầu ra của dãy bể trộn nối tiếp.

t_{10} t_{90} : Thời gian để cho 10%, 90% khối lượng chất chỉ thị đi qua bể

t_{mode} : Thời gian chỉ thời điểm đo được nồng độ chất chỉ thị C_{imax}

t_{mean} : Thời gian chỉ thời điểm đi qua trọng tâm của biểu đồ

Năm 1932 Morill khi nghiên cứu đánh giá hiệu quả sử dụng thể tích của các bể lắng đã đưa ra công thức tính hiệu quả sử dụng thể tích MDI (Morill Dispersion Index - chỉ số Morill).

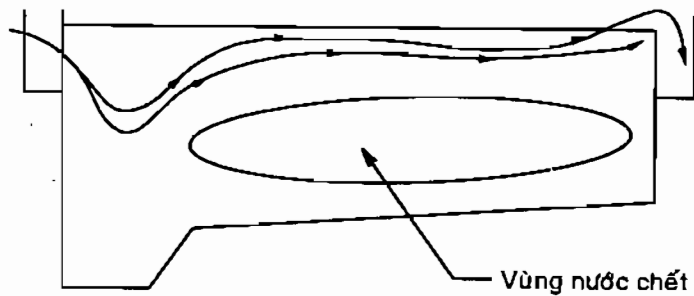
$$\text{Hiệu quả sử dụng thể tích MDI \%} = \frac{P_{10}}{P_{90}} \times 100$$

P_{90} và P_{10} : Giá trị thời gian ứng với 90% và 10% khối lượng chất chỉ thị đi qua bể lấy từ biểu đồ biểu diễn quan hệ t_i và tổng khối lượng tích lũy theo thời gian của chất chỉ thị $P_i = \sum \Delta t_i \cdot C_i$ trên tọa độ Logarit.

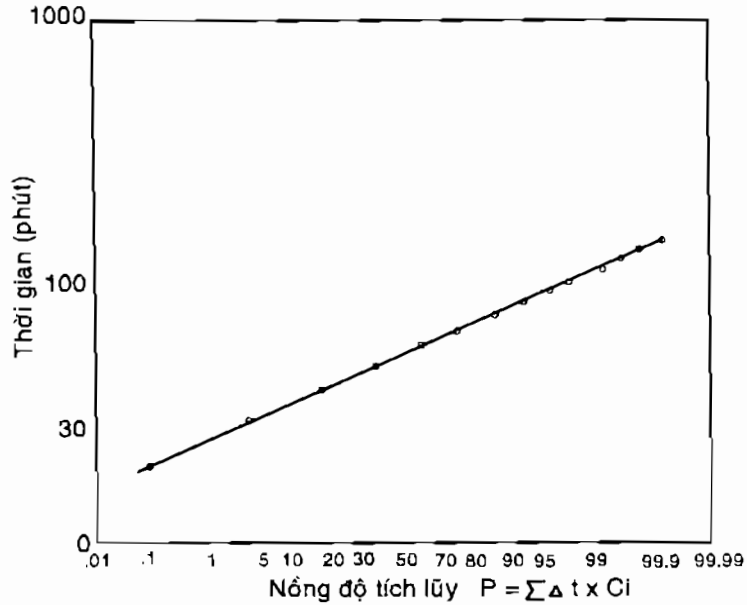
Ví dụ : Tiến hành thí nghiệm để đánh giá hiệu quả sử dụng thể tích của bể lắng ngang, cho chất chỉ thị vào máng phân phối ở đầu bể, với nồng độ C_0 trong thời gian $T = \frac{V}{Q}$ đo nồng độ chất chỉ thị ở máng thu đầu ra của bể, thí nghiệm được lặp lại nhiều lần để có số đo ổn định.

Số liệu thu được như sau :

Thời gian lấy mẫu $t_i = i \times \Delta t$ (phút)	Nồng độ chất chỉ thị ở đầu ra (%)	Khối lượng tích lũy theo thời gian ở đầu ra $P_i = \sum \Delta t \cdot C_i$ (%)
0	0,00	0,00
10	0,00	0,00
20	0,10	0,10
30	2,30	2,40
40	14,50	16,90
50	25,50	42,40
60	24,00	66,40
70	16,20	82,60
80	9,50	92,10
90	4,20	96,30
100	2,00	98,30
110	1,00	99,30
120	0,30	99,60
130	0,20	99,80
140	0,10	99,90
150	0,10	100,00



Hình 6-6



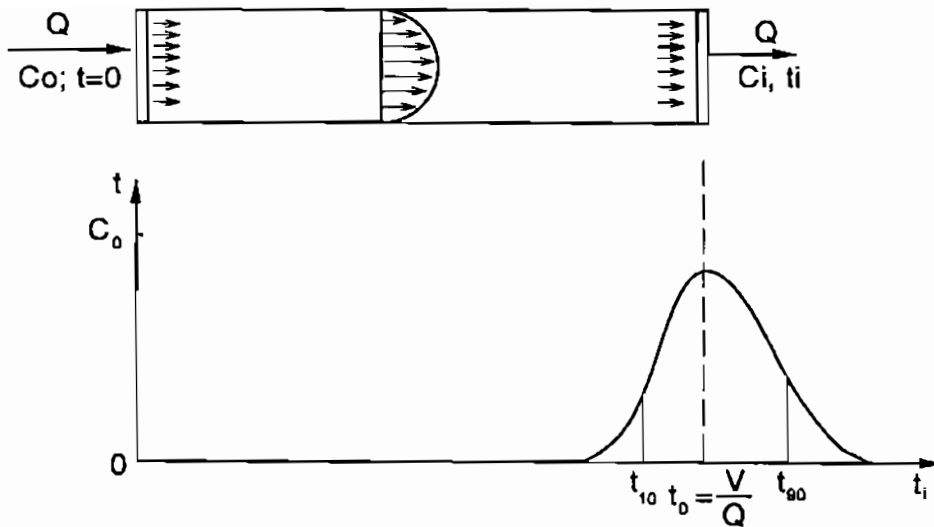
Hình 6-7

1. Đưa số liệu từ bảng lên tọa độ Logarit.
2. Từ biểu đồ tra được $t \in P_{10} = 36$; $t \in P_{90} = 80$
3. Hệ số sử dụng thể tích : $MDI = \frac{36}{80} \times 100 = 45\%$

Hệ số sử dụng thể tích thấp vì cấu tạo máng phân phối nước vào và thu nước ra chưa hợp lý, trong bể tạo ra vùng nước chết.

VI.3.4. Bể Aerotank hay bể lắng ngang có dòng chảy đều

Trong thực tế các công trình cấp thoát nước không thể tạo ra được bể có dòng chảy đều lý tưởng $C_i = C_0$; $t_i = t_0$. Vì vận tốc nước chảy ở 2 bên thành bể nhỏ hơn ở giữa bể, phân bố vận tốc theo chiều sâu bể không đều, các phần tử nước luôn bị xáo trộn. Hiệu quả sử dụng thể tích của bể có dòng chảy đều tương tự hiệu quả của bể khuấy trộn hoàn chỉnh ghép nối tiếp nhau thành dãy với $n \geq 5$. Qua phân tích thủy lực thấy rõ : bể làm việc gián đoạn theo từng mẻ có hệ số sử dụng thể tích cao nhất rồi đến bể có dòng chảy đều và bể có các ngăn trộn nối tiếp nhau.

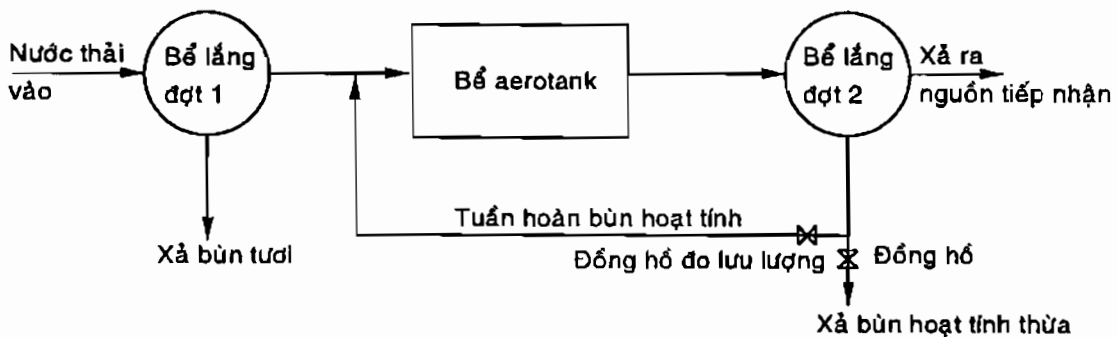


Hình 6-8. Nồng độ chất chỉ thị ở đầu ra của bể có dòng chảy đều

VI.4. PHÂN LOẠI BỂ AEROTANK THEO SƠ ĐỒ VẬN HÀNH

VI.4.1. Bể Aerotank truyền thống

Sơ đồ vận hành của bể Aerotank truyền thống xem hình 6-9.



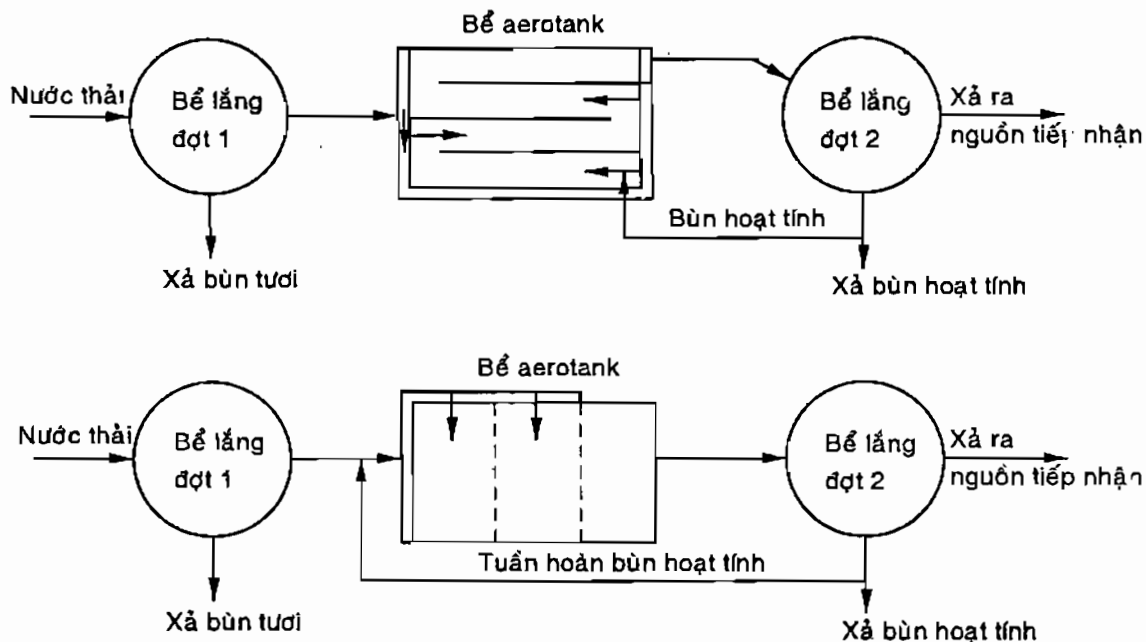
Hình 6-9. Sơ đồ làm việc của bể aerotank truyền thống

Nước thải sau bể lắng đợt 1 được trộn đều với bùn hoạt tính tuần hoàn ở ngay đầu bể Aerotank. Đối với nước thải sinh hoạt có mức độ nhiễm bẩn trung bình, lưu lượng tuần hoàn thường từ 20% - 30% lưu lượng nước thải đi vào. Dung tích bể được thiết kế với thời gian lưu nước để làm thoáng trong bể từ 6 đến 8 giờ khi dùng hệ thống sục gió và từ 9 đến 12 giờ khi dùng thiết bị khuấy cơ khí làm thoáng bề mặt.

Lượng gió cấp vào từ $55 \text{ m}^3/\text{kg BOD}_5$ đến $65 \text{ m}^3/\text{kg BOD}_5$ cần khử. Chỉ số thể tích bùn SVI thường dao động từ 50 - 150 ml/g, tuổi của bùn thường từ 3 đến 15 ngày. Nồng độ BOD đầu vào thường < 400 mg/l, hiệu quả làm sạch từ 80 - 95%. Hiệu quả xử lý của bể phụ

thuộc mạnh vào sự dao động lưu lượng và nồng độ các chất độc (kim loại nặng) do nước thải công nghiệp chưa xử lý xả vào.

VI.4.2. Bể Aerotank với sơ đồ nạp nước thải vào theo bậc



Hình 6-10. Sơ đồ làm việc của bể aerotank nạp theo bậc

Nước từ bể lắng đợt 1 đi vào bể Aerotank ở một số điểm dọc theo 50 - 65% chiều dài tính từ đầu bể còn bùn tuần hoàn thì đi vào đầu bể. Nạp theo bậc có tác dụng làm cân bằng tải trọng BOD theo thể tích bể và làm giảm độ thiếu hụt oxy ở đầu bể và lượng Oxy cần thiết được trải đều theo dọc bể làm cho hiệu suất sử dụng Oxy tăng lên, hiệu quả xử lý đạt cao hơn.

VI.4.3. Bể Aerotank có hệ thống cấp khí giảm dần theo chiều dòng chảy

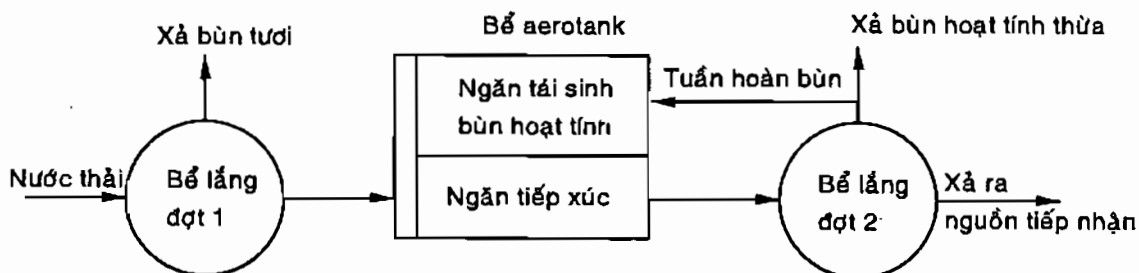
Sơ đồ này áp dụng khi thấy rằng ở đầu vào của bể cần lượng Oxy lớn hơn do đó phải cấp không khí nhiều hơn ở đầu vào và giảm dần ở các ô tiếp sau để đáp ứng cường độ tiêu thụ không đều oxy trong toàn bể. Ưu điểm của sơ đồ này là :

- Giảm được lượng không khí cấp vào ước giảm công suất của máy nén khí.
- Không có hiện tượng làm thoáng quá mức làm ngăn cản sự sinh trưởng của vi khuẩn khử các hợp chất chứa nitơ, (khử Nitrat).

VI.4.4. Bể Aerotank tải trọng cao

Áp dụng khi yêu cầu xử lý để nước đầu ra có chất lượng loại C hoặc dưới loại B. Nước đã qua bể lắng đợt 1 hoặc chỉ qua lưới chắn rác, sau đó trộn đều với 10% đến 20% bùn tuần hoàn, đi vào bể Aerotank để làm thoáng trong khoảng thời gian từ 1 đến 3 giờ. Nồng độ bùn hoạt tính trong bể $X < 1000 \text{ mg/l}$. Bằng cách điều chỉnh lượng khí cấp vào và lượng bùn hoạt tính tuần hoàn, có thể thu được hiệu quả xử lý đạt loại C và gần loại B. Lượng BOD khử được từ 60 đến 65%.

VI.4.5. Bể Aerotank có ngăn tiếp xúc với bùn hoạt tính đã ổn định (Contact Stabilisation)



Hình 6-11. Sơ đồ làm việc của bể aerotank có ngăn tiếp xúc

Nước từ bể lắng đợt 1 được trộn đều với bùn hoạt tính đã được tái sinh (bùn đã được xử lý đến ổn định trong ngăn tái sinh) đi vào ngăn tiếp xúc của bể, ở ngăn tiếp xúc bùn hấp phụ và hấp thụ phần lớn các chất keo lơ lửng và chất bẩn hòa tan có trong nước thải với thời gian rất ngắn khoảng 0,5 - 1 giờ rồi chảy sang bể lắng đợt 2. Bùn lắng ở đáy bể lắng đợt 2 được bơm tuần hoàn lại bể tái sinh. Ở bể tái sinh, bùn được làm thoáng trong thời gian từ 3 đến 6 giờ để oxy hóa hết các chất hữu cơ đã hấp thụ, bùn sau khi tái sinh trở thành ổn định. Bùn dư được xả ra ngoài trước ngăn tái sinh. Ưu điểm của sơ đồ này là bể Aerotank có dung tích nhỏ, chịu được sự dao động của lưu lượng và chất lượng nước thải.

$$\text{Thời gian làm thoáng ở ngăn tiếp xúc: } t_1 = \frac{2,5}{a_t^{0,5}} \lg \frac{S_0}{S} \quad (6-10)$$

$$\text{Thời gian làm thoáng ở ngăn tái sinh bùn: } t_2 = t_0 - t_1 \quad (6-11)$$

$$t_0 = \frac{S_0 - S}{\alpha a_h (1 - Z) \rho} \quad (6-12)$$

$$\alpha = \frac{a_t}{a_h - a_t} \quad (6-13)$$

Ký hiệu trong các công thức từ (6-10) đến (6-13) như sau :

S và S_0 : Nồng độ BOD_5 trong nước thải đầu ra và đầu vào bể.

a_1 : Tổng nồng độ bùn trong ngăn làm thoáng tiếp xúc.

a_h : Tổng nồng độ bùn trong ngăn tái sinh bùn.

α : Hệ số tuần hoàn bùn bằng q/Q .

q : Lưu lượng tuần hoàn.

Q : Lưu lượng nước thải đi vào bể.

Z : Độ tro của cặn thường lấy bằng 0,3

ρ : Tốc độ oxy hóa của 1 gram bùn hoạt tính (mg BOD_5 /gr bùn giờ)

Chọn theo bảng ứng với nồng độ BOD_5 đầu vào hoặc ứng với tỷ số F/M . Thường chọn nồng độ bùn tuần hoàn $a_h = 4 - 6$ g/l, nồng độ bùn trong bể tiếp xúc $a_1 = 1,5$ đến 2 g/l.

Thể tích ngăn làm thoáng tiếp xúc : $W_1 = t_1(Q + q)$ (6-14)

Thể tích ngăn tái sinh bùn $W_2 = t_2q$

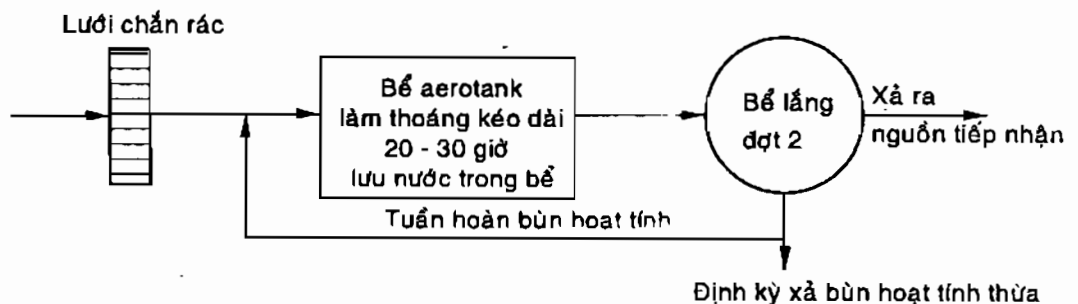
- Tải trọng trên đơn vị thể tích theo BOD_5 cho cả 2 ngăn $L_n = 450$ gram/ m^3 ngày

- Lượng không khí cấp vào :

+ Bể sâu 3,7 m là 170 m^3 / 1 kg BOD

+ Bể sâu 4,6 m là 140 m^3 /1kg BOD

VI.4.6. Bể làm thoáng kéo dài



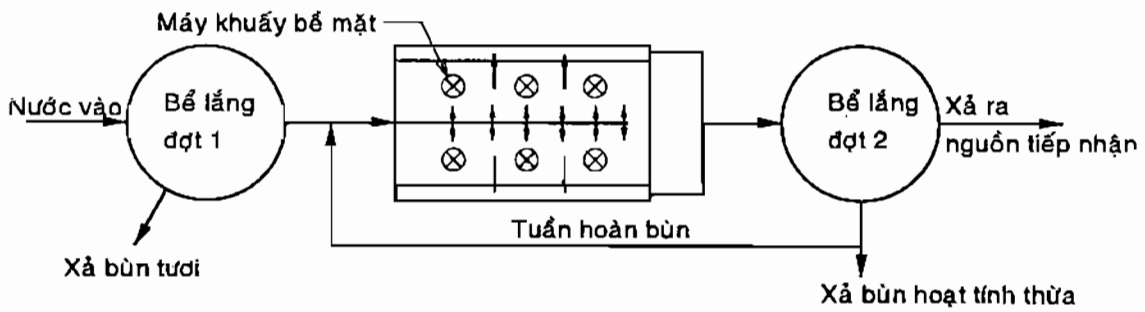
Hình 6-12. Sơ đồ làm việc của bể aerotank làm thoáng kéo dài

Bể làm thoáng kéo dài được thiết kế với tải trọng thấp, tỷ số F/M thấp thời gian làm thoáng lớn từ 20 - 30 giờ để hệ vi sinh trong bể làm việc ở giai đoạn hô hấp nội bào. Bể chỉ áp dụng cho các nhà máy xử lý nước thải có công suất nhỏ hơn 3500 m^3 /ngày. Trong sơ đồ xử lý không xây bể lắng đợt 1, nước chỉ cần qua lưới chắn đi thẳng vào bể. Toàn bộ cặn

lắng ở bể lắng đợt 2 được tuần hoàn lại bể Aerotank, bùn dư định kỳ xả ra ngoài, bùn dư là bùn đã ổn định không cần công đoạn xử lý ổn định bùn mà xả thẳng vào sân phơi bùn hoặc vào thiết bị làm khô bùn.

- Tải trọng tính theo BOD₅ trên một đơn vị thể tích bể $L_u = 240 \text{ gram/m}^3 \text{ ngày}$
- Lượng không khí cấp vào :
 - + Bể sâu 1,8 m cần $280 \text{ m}^3 / 1 \text{ kg BOD}_5$
 - + Bể sâu 2,7 m là $187 \text{ m}^3 / 1 \text{ kg BOD}_5$
- Khi làm thoáng bằng thiết bị khuấy cơ khí bề mặt cần không ít hơn $2 \text{ kg O}_2 / 1 \text{ Kg BOD}_5$.

VI.4.7. Bể Aerotank khuấy trộn hoàn chỉnh



Hình 6-13. Sơ đồ làm việc của bể aerotank khuấy trộn hoàn chỉnh

Trong bể Aerotank khuấy trộn hoàn chỉnh, nước thải, bùn hoạt tính, oxy hòa tan được khuấy trộn đều tức thời sao cho nồng độ các chất được phân bố đều ở mọi phần tử trong bể.

Ưu điểm chính của sơ đồ làm việc theo nguyên tắc khuấy trộn hoàn chỉnh là : pha loãng ngay tức khắc nồng độ của các chất độc hại (kim loại nặng) trong toàn thể tích bể, không xảy ra hiện tượng quá tải cục bộ ở bất cứ phần nào của bể, áp dụng thích hợp cho loại nước thải có chỉ số thể tích bùn cao, cặn khó lắng.

VI.5. LƯỢNG OXY CẦN THIẾT

Theo lý thuyết, lượng oxy cần thiết cho quá trình xử lý nước thải bằng sinh học gồm lượng Oxy cần để làm sạch BOD, oxy hóa amoni NH_4^+ thành NO_3^- , khử NO_3^- .

$$\text{OC}_o = \frac{Q(S_o - S)}{1000f} - 1,42P_x + \frac{4,57Q(N_o - N)}{1000} \quad (\text{kg O}_2/\text{ngày}) \quad (6-15)$$

OC_o : Lượng oxy cần thiết theo điều kiện tiêu chuẩn của phản ứng ở 20°C.

Q : Lưu lượng nước thải cần xử lý ($m^3/ngày$).

S_o : Nồng độ BOD₅ đầu vào (g/m^3).

S : Nồng độ BOD₅ đầu ra (g/m^3).

f : Hệ số chuyển đổi từ BOD₅ sang COD hay BOD₂₀ ; $f = \frac{BOD_5}{COD}$

thường $f = 0,45 - 0,68$.

P_r : Phần tế bào dư xả ra ngoài theo bùn dư = $Y_b Q(S_o - S) \cdot 10^{-4}$ (kg/ngày).

1.42 : Hệ số chuyển đổi từ tế bào sang COD.

N_o : Tổng hàm lượng Nitơ đầu vào (TKN) (g/m^3).

N : Tổng hàm lượng Nitơ đầu ra (g/m^3).

4.57 : Hệ số sử dụng oxy khi oxy hóa NH_4^+ thành NO_3^- .

Lượng Oxy cần thiết trong điều kiện thực tế :

$$OC = OC_o \left(\frac{C_{s20}}{\beta C_{s\alpha} - C_d} \right) \frac{1}{1,024^{(t-20) \cdot \alpha}} \cdot \frac{1}{\alpha} \quad (6-16)$$

Trong đó :

β : Hệ số điều chỉnh lực căng bề mặt theo hàm lượng muối, đối với nước thải thường lấy $\beta = 1$.

$C_{s\alpha}$: Nồng độ oxy bão hòa trong nước sạch ứng với nhiệt độ ($T^\circ C$) và độ cao so với mặt biển tại nhà máy xử lý (mg/l).

C_{s20} : Nồng độ oxy bão hòa trong nước sạch ở 20 °C (mg/l).

C_d : Nồng độ oxy cần duy trì trong công trình (mg/l). Khi xử lý nước thải thường lấy $C_d = 1,5 - 2$ mg/l.

α : Hệ số điều chỉnh lượng oxy ngấm vào nước thải do ảnh hưởng của hàm lượng cặn, chất hoạt động bề mặt, loại thiết bị làm thoáng, hình dáng và kích thước bể (sẽ được xét ở mục chọn thiết bị làm thoáng) có giá trị từ 0,6 - 0,94.

VI.6. TÍNH LƯỢNG KHÔNG KHÍ CẦN THIẾT

Để cấp đủ lượng oxy cần thiết cho quá trình xử lý, thường dùng máy khuấy trộn cơ khí bề mặt để tạo ra màng nước, tia nước, giọt nước tiếp xúc với không khí để lấy oxy hoặc dùng hệ thống máy thổi khí, ống dẫn và thiết bị phân phối khí vào bể Aerotank để lấy oxy.

- Lượng không khí cần thiết :

$$Q_k = \frac{OC_t}{OU} \cdot f \quad (\text{m}^3/\text{ngày}) \quad (6-17)$$

OC_t : Lượng oxy cần thiết tính theo (6-15) và (6-16).

f : Hệ số an toàn, thường từ 1,5 – 2.

$OU = O_u \cdot h$: Công suất hòa tan oxy vào nước thải của thiết bị phân phối tính theo gam oxy cho 1 m³ không khí.

O_u : Công suất hòa tan oxy vào nước thải của thiết bị phân phối tính theo gram oxy cho 1 m³ không khí, ở độ sâu ngập nước $h = 1$ m có thể chọn theo bảng (7-1) đến (7-4).

h : Độ sâu ngập nước của thiết bị phân phối khí.

- Ống dẫn không khí : Để dẫn không khí, có thể chọn ống thép không rỉ, ống nhựa gia cường bằng sợi thủy tinh, ống PE hoặc ống nhựa chịu được sự thay đổi của nhiệt độ.

Nếu dùng ống thép và ống gang dẻo phải bọc lớp bảo vệ bên ngoài bằng nhựa than đá epoxit và láng xi măng bên trong hoặc phủ lớp nhựa than đá epoxit chống rỉ.

Tốc độ chuyển động của không khí trong ống dẫn và qua hệ thống phân phối từ 10 - 15 m/s. Tốc độ qua lỗ phân phối 15 - 20 m/s.

Có nhiều cách tính toán để xác định đường kính ống dẫn khí và tổn thất áp lực trên hệ ống dẫn. Ở đây giới thiệu cách tính đơn giản và thông dụng nhất để tính tổn thất thủy lực của ống dẫn khí gồm tổn thất theo chiều dài và tổn thất cục bộ tính theo mét cột nước :

$$h = h_d + h_c = \left(\frac{\lambda l}{D} + \sum \xi \right) \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma \quad (\text{m}) \quad (6-18)$$

l, D : Chiều dài và đường kính ống dẫn (m).

g : Gia tốc trọng trường 9,8 m/s².

v : Vận tốc chuyển động của không khí trong ống (m/s).

γ : Tỷ trọng của không khí $\approx 1,3$ kg/m³.

$\sum \xi$: Hệ số sức cản thủy lực cục bộ tra theo sách thủy lực.

λ : Hệ số nhám, đối với các ống dẫn kể trên có thể tính theo công thức :

$$\lambda = 0,0125 + \frac{0,011}{D}$$

Áp lực cần thiết của máy thổi khí (Air-blower) tính theo mét cột nước :

$$H_m = h + h_l + H \quad (6-19)$$

h : Tổng tổn thất do ma sát theo (6-18).

h_1 : Tổn thất qua vòi phun (m).

H : Độ sâu ngập nước của miệng vòi phun (m).

Áp lực máy thổi khí tính theo Atmosphere $P_m = \frac{Hm}{10,12} \text{ atm}$

- Công suất máy nén khí tính theo quá trình nén đoạn nhiệt :

$$P_m = \frac{G \cdot R \cdot T_1}{29,7n \cdot e} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0,283} - 1 \right] \quad (6-20)$$

P_m : Công suất yêu cầu của máy nén khí (kW).

G : Trọng lượng của dòng không khí (kg/s).

R : Hằng số khí, đối với không khí $R = 8,314 \text{ KJ/K.mol } ^\circ\text{K}$

T_1 : Nhiệt độ tuyệt đối của không khí đầu vào $^\circ\text{K} = 273 + T^\circ\text{C}$

P_1 : Áp lực tuyệt đối của không khí đầu vào $\approx 1 \text{ (atm)}$.

P_2 : Áp lực tuyệt đối của không khí đầu ra $= P_m + 1 \text{ (atm)}$

$n = \frac{K-1}{K} = 0,283$ vì đối với không khí $K = 1,395$

29,7 : Hệ số chuyển đổi

e : Hiệu suất của máy từ 0,7 - 0,8

CHƯƠNG VII

TÍNH TOÁN, LỰA CHỌN CÁC THIẾT BỊ LÀM THOÁNG

Khi thiết kế bể Aerotank và bố trí các thiết bị làm thoáng trong bể, người thiết kế phải biết trước công suất hòa tan oxy vào nước thải của từng thiết bị, do đó các nhà sản xuất phải thí nghiệm để có được đặc tính của từng loại thiết bị trước khi đưa ra thị trường.

VII.1. THÍ NGHIỆM ĐO CÔNG SUẤT THIẾT BỊ

Thí nghiệm tiến hành dựa vào phương trình hòa tan khí vào nước :

$$\frac{dc}{dt} = K_{La} (C_s - C) - R_o \quad (7-1)$$

Trong đó :

$\frac{dc}{dt}$: Biến thiên nồng độ khí hòa tan trong nước theo thời gian

K_{La} : Hệ số tổng hợp của quá trình truyền khí vào nước

C_s : Nồng độ khí bão hòa trong nước

C : Nồng độ khí có trong nước tại thời điểm t

R_o : Lượng oxy cần thiết để xử lý nước

Để tìm năng suất hòa tan oxy vào nước thải của thiết bị OU, thí nghiệm thường tiến hành ở chế độ ổn định, nghĩa là :

- Duy trì lượng oxy có dư trong nước thải C , ở mọi thời điểm - Lượng Oxy hòa tan vào nước thải được tiêu thụ ngay lập tức để oxy hóa các chất hữu cơ trong nước thải. Từ phương trình (7-1) ta có :

$$\begin{aligned} \frac{dc}{dt} &= 0 ; \\ R_o &= K_{La}(C_s - C) \end{aligned} \quad (7-2)$$

- Cho vào bể thử 1 lượng Na_2SO_3 hòa tan đều để SO_3 có nồng độ từ 500 mg/l đến 750 mg/l. Cho vào dung dịch ion Co^{2+} với nồng độ từ 0,05 - 0,1 mg/l làm chất xúc tác. Các thiết bị sục khí, hoặc các thiết bị làm thoáng bề mặt hoạt động để cấp oxy vào, oxy hóa SO_3^{2-} thành SO_4^{2-} . Ở điều kiện thí nghiệm, tra bảng được C_s , đo C , biết được R_o , tính ra K_{La} và OU.

- Trong thí nghiệm có thể dùng nước thải thay cho dung dịch Na_2CO_3 . Bởi vì công suất hòa tan oxy của thiết bị làm thoáng OU (gram oxy/ 1m^3 không khí) hoặc OE (kg O₂/kW) không những phụ thuộc vào loại thiết bị mà còn phụ thuộc vào kích thước bể và cách bố trí thiết bị trong bể cho nên phải bố trí đủ các điểm lấy mẫu đều trong thể tích bể.

VII.2. THIẾT BỊ LÀM THOÁNG BẰNG KHÍ NÉN

Năng suất hòa tan oxy vào nước thải phụ thuộc vào :

- Kích thước bọt khí, tức kích thước lỗ phân phối.
- Cường độ khí trên một đơn vị diện tích bề mặt của thiết bị phân phối (Vận tốc khí qua lỗ, qua khe, qua màng ...).
- Độ sâu ngập nước của các lỗ phân phối khí.
- Vận tốc đi lên của các bọt khí và thời gian bọt khí ở trong nước..
- Kích thước và hình dáng của bể Acrotank.
- Cách bố trí các thiết bị làm thoáng trong bể.
- Diện tích tiếp xúc giữa bọt khí và nước A/V

Theo kích thước của lỗ phân phối khí chia ra 3 loại thiết bị phân phối :

1. Thiết bị làm thoáng bằng các bọt khí nhỏ, mịn có kích thước các lỗ phân phối $\leq 0,1$ mm.
2. Thiết bị làm thoáng bằng các bọt khí kích thước trung bình, khí được phân phối qua các lỗ đường kính từ 2 mm đến 5mm.
3. Thiết bị làm thoáng bọt khí lớn có lỗ phân phối $5 \text{ mm} \leq d \leq 25 \text{ mm}$.

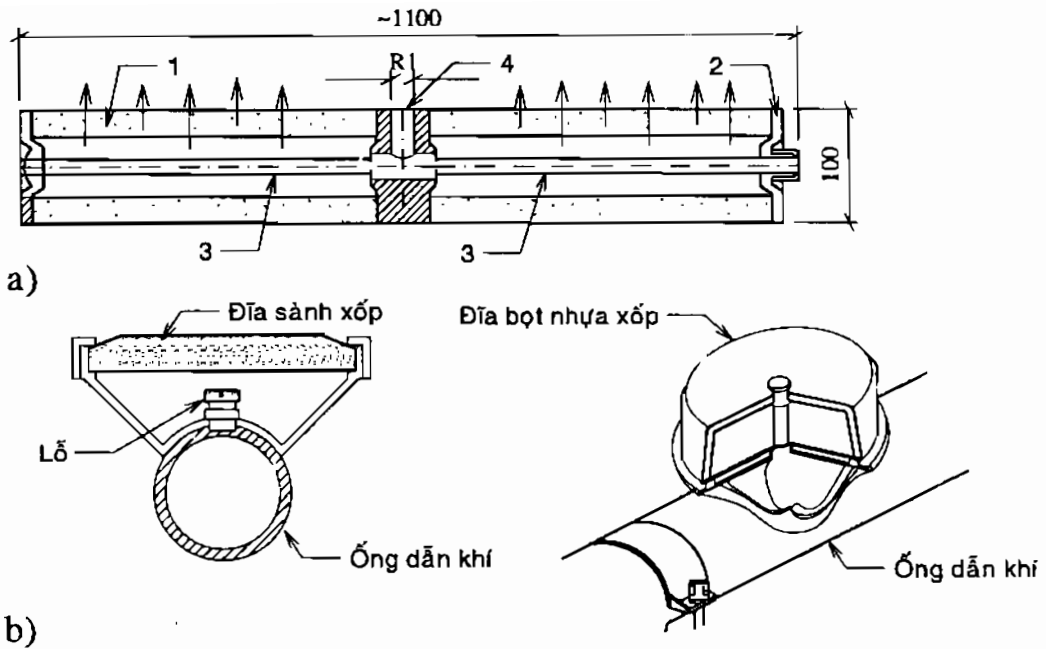
VII.2.1. Thiết bị làm thoáng tạo ra các bọt khí nhỏ mịn

a. Cấu tạo.

Không khí nén được phân phối qua các lỗ rỗng của ống, tấm hoặc đĩa làm bằng sành xốp, bọt nhựa xốp, cao su xốp.

Bọt khí đi ra khỏi thiết bị có đường kính khoảng từ 1 – 6 mm cường độ khí từ 0,01 m^3/s đến 0,02 m^3/s trên 1 mét vuông bề mặt rỗng của thiết bị. Ví dụ đĩa xốp có đường kính 0,3 m, diện tích bề mặt $f = 0,07 \text{ m}^2$, cường độ khí từ 0,7 l/s đến 1,4 l/s cho 1 đĩa. Cặp ống dài 1 m đường kính D100, diện tích bề mặt 0,15 - 0,30 m^2 , lưu lượng khí 1,5 l/s đến 6 l/s cho 1 ống v.v....

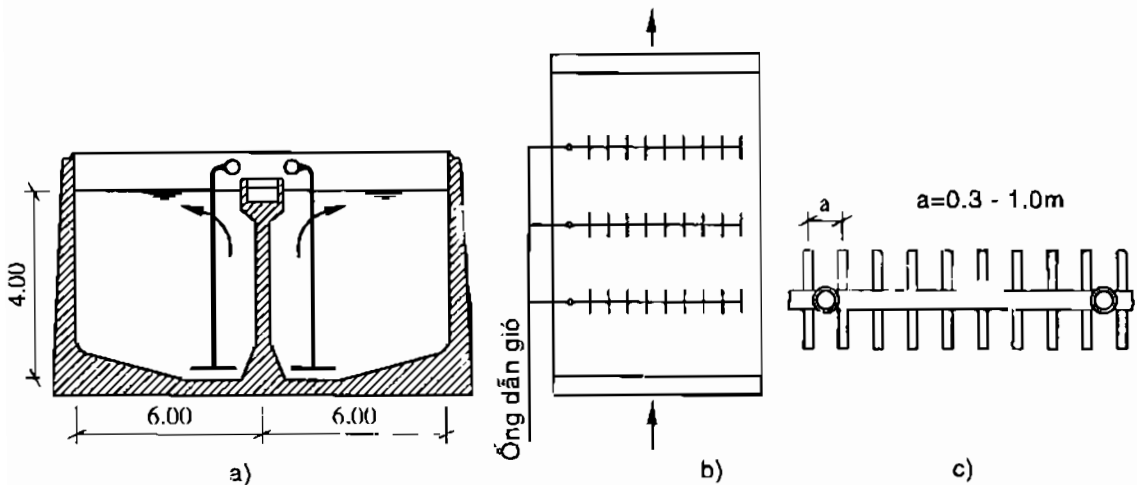
Cường độ khí phải đảm bảo lớn hơn giá trị tối thiểu bởi vì dưới giá trị này khí phân phối không đều trên toàn bề mặt thiết bị, cạnh bản có thể chui vào các lỗ rỗng làm tắc trít, và phải nhỏ hơn giá trị tối đa vì trên giá trị này bọt khí thoát ra có kích thước lớn, nối với nhau thành dây làm giảm diện tích tiếp xúc khí nước, vận tốc nổi lớn làm giảm thời gian lưu khí trong nước, dẫn đến hiệu quả truyền oxy vào nước kém.



Hình 7-1. Thiết bị phân phối bột khí nhỏ và mịn

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| a) Dạng ống | b) Dạng đĩa |
| 1. Ống xốp | 3. Bu lông neo mặt bích |
| 2. Bích đặc biệt 2 đầu | 4. Ống đứng cấp gió đến |

b. Bố trí thiết bị trong bể.



Hình 7-2 a) Bố trí dàn ống theo chiều dọc bể b) Bố trí dàn ống theo chiều ngang
c) Kết cấu dàn ống

Loại ống phân phối ghép lại thành hình xương cá, đặt càng sát đáy bể càng tốt để cho bọt khí lưu trong nước lâu hơn. Dàn ống xương cá có thể đặt dọc theo 1 phía của thành bể để tạo ra dòng chuyển động xoắn ốc theo tiết diện ngang của bể. Tỷ số chiều rộng và chiều sâu 1,5 : 1 và cũng có thể đặt theo 2 thành dọc của bể, khi đó tỷ số chiều rộng bể trên chiều sâu là 3:1.

- Dàn ống xương cá cũng có thể bố trí theo chiều vuông góc với thành dọc của bể, tỷ số chiều rộng và chiều sâu không hạn chế, khoảng cách giữa các dàn xương cá lấy bằng 2 đến 3 lần chiều sâu bể.

- Đĩa có màng xốp bố trí cách đều nhau trên toàn diện tích đáy bể.

c. Các nhân tố ảnh hưởng đến hệ thống phân phối bọt khí nhỏ, mịn.

1. Chiều sâu ngập nước : Thí nghiệm cho thấy năng suất hòa tan của oxy vào nước tỷ lệ thuận với chiều sâu ngập nước :

$$OU = O_u \cdot h \quad (7-3)$$

2. Các chất không hòa tan, váng bề mặt, hàm lượng cặn lơ lửng làm giảm công suất hòa tan oxy, đối với bọt nhỏ và mịn khí nổi lên mặt nước, bọt khí vỡ ra không đủ mạnh để làm khuấy trộn hoàn chỉnh lớp bề mặt, và nồng độ bùn $2 \text{ g/l} \leq C_{SS} \leq 6 \text{ g/l}$ hệ số giảm năng suất hòa tan oxy α từ 0,75 - 0,51 . Khi xử lý nước thải, nồng độ bùn hoạt tính $C < 4 \text{ g/l}$, hệ số α thường là 0,7.

3. Để giảm đến mức tối thiểu việc tắc, trít của đĩa và ống phân phối, không khí phải được lọc sạch bụi trước khi vào máy nén, dầu mỡ của máy không được lẫn vào không khí.

4. Phải đặt các ống, đĩa trên cùng mặt phẳng (cùng độ sâu) để đảm bảo phân phối đều khí. Khi thay thế một vài ống, đĩa cũ bằng ống mới, hệ có tổn thất không đều dẫn đến việc phân phối khí không đều.

d. Công suất hòa tan oxy của thiết bị phân phối bọt khí nhỏ và mịn O_u

Tính theo lượng oxy hòa tan (gram O_2 cho 1 m^3 không khí), độ ngập $h = 1 \text{ m}$, kết quả thực nghiệm cho trong bảng 7-1.

Bảng 7-1 : Công suất hòa tan oxy vào nước của thiết bị bọt khí mịn

Điều kiện thí nghiệm	Điều kiện tối ưu		Điều kiện trung bình	
	$O_u = \text{gr } O_2/\text{m}^3 \cdot \text{m}$	$OE = \text{Kg } O_2/\text{KW}$	$O_u = \text{gr } O_2/\text{m}^3 \cdot \text{m}$	$OE = \text{Kg } O_2/\text{KW}$
Nước sạch ở điều kiện $T = 20^\circ\text{C}$	12	2,2	10	1,7
Nước thải $\alpha = 0,7$	8,5	1,5	7	1,2

Ví dụ tính toán 3 : Áp dụng sơ đồ làm thoáng kéo dài để xử lý nước thải bằng bùn hoạt tính $Q_{\max} = 150 \text{ m}^3/\text{h}$; $Q_{\min} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$. $Q_{\text{th}} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$; $Q_{\text{ngày}} = 2400$; $\text{BOD}_5 = 150 \text{ mg/l}$; $\text{COD} = 250 \text{ mg/l}$; Tổng N = 60 mg/l.

Tính toán thiết kế hệ thống phân phối khí dạng bọt nhỏ, mịn.

Giải :

1. Tính thể tích bể, áp dụng công thức (6-1)

$$V = \frac{QS_o}{X F_M} \text{ tra bảng 6-1 chọn các thông số}$$

$$Q = 2\,400 \text{ m}^3/\text{ngày}; \quad S_o = 150 \text{ mg/l};$$

$$X = 2\,000 \text{ mg/l}; \quad F/M = 0,075;$$

$$V = \frac{2400 \times 150}{2000 \times 0,075} = 2\,400 \text{ m}^3. \text{ Thời gian lưu nước trung bình 24 giờ.}$$

2. Tính lượng oxy cần thiết theo công thức (6-15)

$$OC_o = \frac{Q(S_o - S)}{1000f} - 1,42P_x + \frac{4,57(N_o - N)}{1000} \quad \text{kg/ngày}$$

Trong đó :

$$Q = 2\,400; \quad S_o = 150; \quad S = 20; \quad N_o = 60; \quad N = 30;$$

$$P_x = Y_b Q (S_o - S) \cdot 10^{-3} = 0,3 \times 2\,400 \times 130 \times 10^{-3} = 86,4 \text{ kg/ngày}$$

$$f = \frac{BOD_5}{COD} = 0,6$$

$$OC_o = \frac{2\,400 \times (150 - 20)}{1000 \times 0,6} - 1,42 \times 86,5 + \frac{4,57(60 - 30)}{1000} = 398 \text{ kg/ngày}$$

Nhiệt độ nước thải $T = 20^\circ\text{C}$. Độ muối $< 5000 \text{ mg/l}$

$C_s = 9,08 \text{ mg/l}$. Lượng oxy cần duy trì trong bể $C = 2 \text{ mg/l}$

Lượng Oxy thực tế cần theo công thức (6-16)

$$OC_t = OC_o \cdot \frac{C_s}{C_s - C} \cdot \frac{1}{1,024^{(T - 20)}}$$

$$OC_t = 398 \times \frac{9,08}{9,08 - 2} \times \frac{1}{1,024^0} = 510,5 \text{ kg/ngày.}$$

$$OC_{\text{trung bình}} = \frac{510,5}{24} = 21,2 \text{ kgO}_2/\text{h};$$

$$OC_{\text{max}} = 31,8 \text{ kgO}_2/\text{h};$$

$$OC_{\text{tối thiểu}} = 17 \text{ kgO}_2/\text{h}$$

3. Tính lượng không khí cần :

Chọn hệ thống phân phối bọt khí nhỏ, tra bảng 7-1:

$$O_u = 7 \text{ gr } O_2/m^3 \cdot m;$$

Bể sâu 4,2 m, độ sâu ngập nước $h = 4m$.

Công suất hòa tan của thiết bị : $OU = O_u \times h = 7 \times 4 = 28 \text{ gr } O_2/m^3$.

Lượng không khí cần thiết tính theo công thức (6-17) :

$$Q_{Kt} = \frac{OC_t}{OU} \times f = \frac{510,5}{0,028} \times 1,5 = 27\,348 \text{ m}^3/\text{ngày}$$

$$Q_{Ktb} = 1139 \text{ m}^3/\text{h} ; Q_{Kmax} = 1710 \text{ m}^3/\text{h} ; Q_{min} = 911 \text{ m}^3/\text{h}.$$

4. Số ống phân phối D100 dài 1m tính theo cường độ cho phép q của mỗi ống .

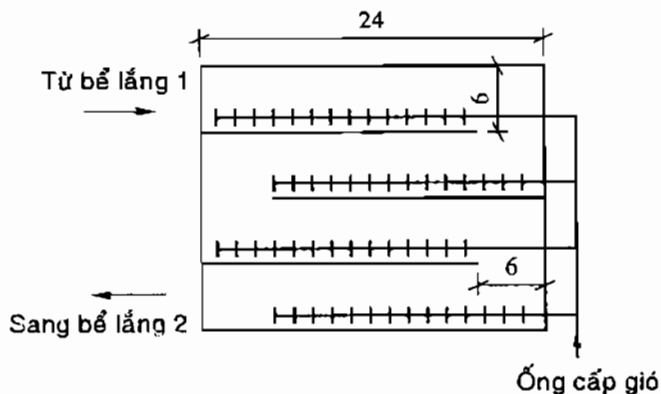
$$N_{qmax} = \frac{Q_{max}}{q_{max}} = \frac{1710 \text{ m}^3/\text{h}}{21,6 \text{ m}^3/\text{h}} = 80 \text{ ống.}$$

$$N_{qmin} = \frac{Q_{min}}{q_{min}} = \frac{911 \text{ m}^3/\text{h}}{10,8 \text{ m}^3/\text{h}} = 85 \text{ ống.}$$

5. Kích thước bể Aerotank và khoảng cách giữa các ống.

Bể sâu 4,5 m : 0,3 m dự trữ, nước sâu 4,2 m; $h = 4m$.

Diện tích mặt bể : $2.400 : 4,2 = 571 \text{ m}^2$.



Ống phân phối khí bố trí dọc theo thành bể.

Chiều rộng một hành lang :

$$b = 1,5 h = 1,5 \times 4 = 6m.$$

Chiều dài hành lang : $571 : 6 = 96 m$.

Trong bể bố trí 4 hành lang, kích thước bể $24 \times 24 m$.

Dòng chảy trong bể là dòng chảy đều. chiều dài dàn ống xương cá :

$$L = 4 \times 18 = 72 m.$$

Khoảng cách giữa các ống trong hệ phân phối :

$$l = \frac{L}{n_{qmin}} = \frac{72}{85} = 0,85 m$$

- Cường độ thổi gió : $q = \frac{27\,348\text{m}^3 / \text{ngày}}{2\,400\text{m}^3} = 11,4 \text{ m}^3/\text{m}^3$

- Chỉ tiêu gió : $a = \frac{27\,348\text{m}^3}{Q(S_0 - S) \cdot 10^{-3}} = \frac{27\,348\text{m}^3 / \text{ngày}}{384 \text{ kg BOD}_5 / \text{ngày}} = 71,2 \text{ m}^3 \text{ khí}/1 \text{ kg BOD}_5$

VII.2.2. Thiết bị làm thoáng tạo ra các bọt khí kích thước trung bình

a. Cấu tạo :

- Thiết bị gồm các ống khoan lỗ D2 mm đến < 5mm phía dưới đáy ống, lỗ có thể khoan thành 1 hàng hoặc 2 hàng. Khoảng cách tâm lỗ ≥ 4 đường kính lỗ. Mỗi ống dài 0,8 m đến 1,0 m các ống gắn với nhau thành dàn ống xương cá. Khi làm việc vận tốc khí đi trong ống $V = 10 - 15 \text{ m/s}$.

Vận tốc khí ra khỏi lỗ $V_{\min} = 5 \text{ m/s}$; $V_{\max} = 20 \text{ m/s}$. Ống có thể dùng ống nhựa PVC, PE hay ống thép không rỉ.

b. Cách đặt ống trong bể tương tự như trường hợp ống bọt khí bé.

c. Các nhân tố ảnh hưởng đến hệ thống.

- Chiều sâu ngập nước của lỗ : năng suất hòa tan oxy vào nước tỷ lệ thuận với chiều sâu ngập nước của lỗ phân phối :

$$OU = Ou \times h. \quad (7-3)$$

- Hệ thống có tổn thất thủy lực rất nhỏ nên đòi hỏi phải đặt các lỗ trên cùng một mặt phẳng ngang để đảm bảo phân phối đều.

- Hệ thống không bị tắc trít, không đòi hỏi trình độ quản lý cao, do đó được áp dụng tốt cho các nhà máy nhỏ, lẻ công suất vừa và nhỏ.

- Hệ số giảm năng suất hòa tan oxy α do ảnh hưởng của cặn và các chất hoạt động bề mặt nhỏ hơn trường hợp dùng ống bọt khí nhỏ và có thể lấy $\alpha = 0,8$.

d. Công suất hòa tan oxy vào nước của thiết bị bọt khí trung bình tính theo gram oxy hòa tan cho 1 m^3 không khí ở độ ngập $h = 1 \text{ m}$ chọn theo bảng 7-2.

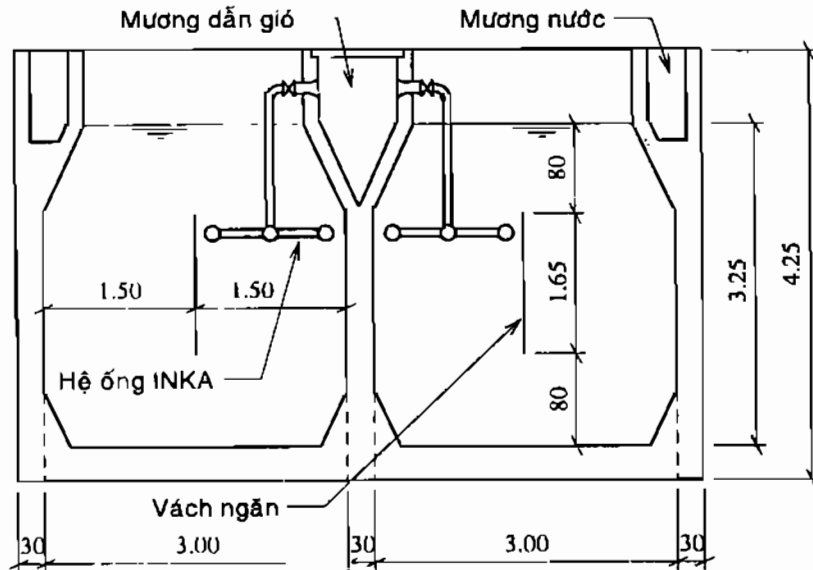
Bảng 7-2: Công suất hòa tan oxy vào nước của thiết bị phân phối bọt khí kích thước trung bình

Điều kiện thí nghiệm	Điều kiện tối ưu		Điều kiện trung bình	
	gr O ₂ /m ³ .m	Kg O ₂ /KW	gr O ₂ /m ³ .m	KgO ₂ /KW
Nước sạch T = 20 °C	7	1,4	6	1,1
Nước thải T = 20 °C ; $\alpha = 0,8$	5,5	1,1	4,5	0,8

VII.2.3. Thiết bị làm thoáng bọt trung bình áp lực thấp (độ ngập của lỗ phân phối $h = 0,8 \text{ m}$)

Thiết bị này do Viện Thiết kế Thoát nước INDUSTRIKEMISKA A.B Thụy Điển thiết kế có tên gọi là hệ thống phân phối INKA. Hệ thống làm thoáng INKA dùng để hòa

tan oxy của không khí vào nước thải gồm dàn ống xương cá làm bằng ống nhựa hay ống thép không rỉ, đáy ống khoan lỗ đường kính từ 2,5 mm đến 4,5 mm đặt ngập sâu trong nước 0,8 m. Dàn ống choán 1/2 chiều rộng bể, nửa còn lại được ngăn cách bằng vách chạy dọc, mép dưới cách đáy bể 0,8 m, mép trên cách mặt nước 0,8 m, nước chuyển động xoay quanh tấm ngăn, kéo các bọt khí xuống đáy sâu bể, tăng thời gian lưu khí trong bể và tăng diện tích tiếp xúc giữa khí và nước nên công suất hòa tan oxy cao.



Hình 7-3. Đặt hệ thống phân phối khí INKA trong bể

Bảng 7-3: Công suất hòa tan Oxy vào nước của thiết bị INKA

Điều kiện	Điều kiện tối ưu		Điều kiện trung bình	
	$O_u = \text{gr O}_2/\text{m}^3 \cdot \text{m}$	$OE = \text{Kg O}_2/\text{KW}$	$O_u = \text{gr O}_2/\text{m}^3 \cdot \text{m}$	$OE = \text{Kg O}_2/\text{KW}$
Nước sạch 20°C	9	1,8	8	1,5
Nước thải 20°C $\alpha = 0,8$	7,5	1,5	6,5	1,2

II.2.4. Thiết bị làm thoáng bọt khí lớn

Trong hệ thống phân phối bọt khí lớn, lỗ phân phối có đường kính lớn hơn, từ 5 mm đến 20 mm.

a. Cấu tạo : có 3 loại thiết bị phân phối bọt khí lớn.

1. Khí thoát ra khỏi lỗ đi trực tiếp vào nước.
2. Khí ra khỏi lỗ dẫn theo ống đứng kéo theo lượng nước tuần hoàn, các ống đứng bố trí cách đều trên diện tích đáy bể.
3. Khí thoát ra từ dàn ống khoan lỗ đặt trong 1 ống đứng, ống làm việc như một bơm Airlift tuần hoàn bọt và nước.
4. Ejector thu khí trộn vào nước (Jet Aerator).

Trên hình 7-4-3 giới thiệu thiết bị làm thoáng kiểu Airlift do Viện VNHI - VODGHEO Cộng hòa Liên Bang Nga chế tạo. Không khí nén được phân phối qua dàn ống khoan lỗ D20 đặt trong côn loe 30° phía dưới ống đứng, vận tốc khí qua lỗ 10 - 15 m/s lỗ khoan trên đỉnh ống. Cuối mỗi ống nhánh có 1 lỗ D20 ở đáy ống để thoát cặn lắng. Lượng nước bơm lên tính theo thiết bị Airlift sơ bộ có thể lấy 1 m³ khí nâng được 1,1 m³ nước.

Đường kính ống đứng (m) tính theo công thức :

$$D = 0,00066 Q \text{ (m)}$$

Q : lưu lượng không khí (m³/h).

Chiều rộng bể chọn theo tỷ số giữa đường kính ống và chiều rộng bể từ 0,07 - 0,1.

Chiều cao mép tràn đỉnh ống cao hơn mực nước trong bể 0,3 - 0,4 m.

Để dẫn bọt khí đi trở lại vào nước. Trên đỉnh ống đứng lắp nón hướng dòng tạo với thành đứng của ống 1 góc 60° viền mép ngoài của nón kết thúc ở độ sâu 0,05 - 0,1 m dưới mực nước.

Để tạo ra chuyển động xoay quanh ống làm tăng khả năng hòa tan khí. Trên bề mặt của côn hướng dòng gắn các tấm hướng dòng chiều cao 0,15 - 0,2 m mặt cong 30 - 60° so với đường bán kính đi qua tâm của nón.

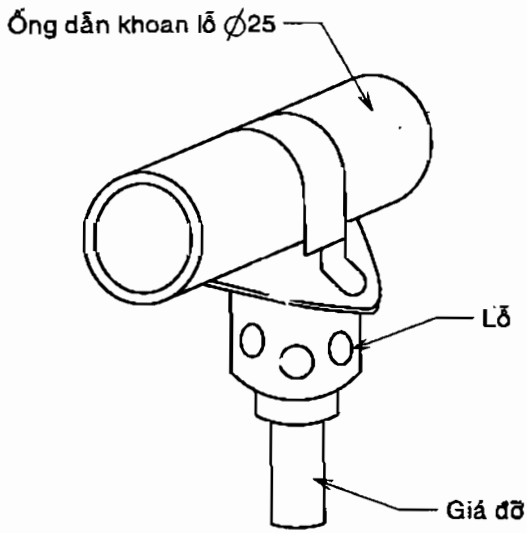
b. Cách bố trí :

- Các thiết bị hình 7-4-1; 7-4-2 bố trí theo khoảng cách đều nhau trên toàn diện tích bể.
- Thiết bị Airlift có thể đặt dọc theo đường tâm chia đôi chiều rộng bể. Số thiết bị trong bể bằng bội số của chiều dài chia cho chiều rộng.
- Thiết bị Ejector đặt theo chiều dọc bể, chiều rộng bể và số thiết bị trong bể chọn theo lưu lượng của thiết bị sao cho tốc độ nước phun ra tới thành bể đối diện ≥ 30 mm/s.

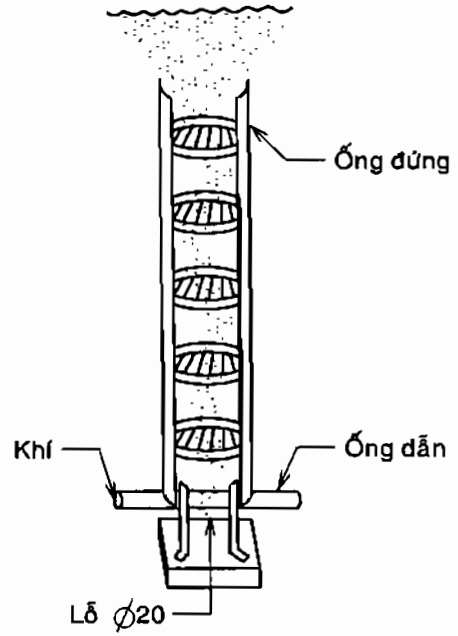
c. Các nhân tố ảnh hưởng.

Hệ ống không bị tắc nghẽn do cặn lắng đọng, phù hợp với trình độ quản lý thấp. Hệ số giảm công suất do bùn lơ lửng và các chất hoạt tính bề mặt $\alpha = 0,8$.

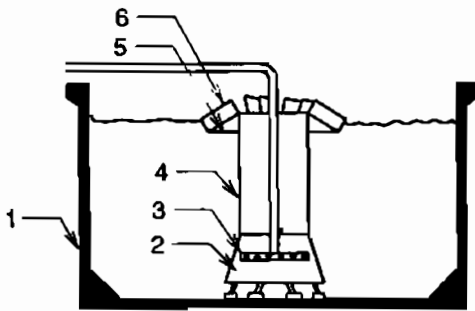
d. Công suất hòa tan oxy của thiết bị tạo bọt khí lớn (xem bảng 7-4).



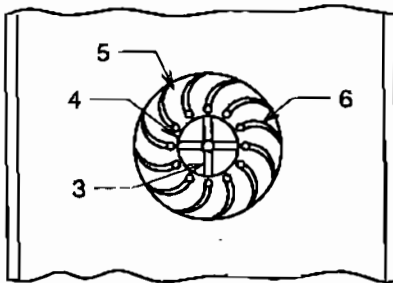
1. Phân phối khí trực tiếp vào nước



2. Phân phối khí theo ống đứng có tuần hoàn nước



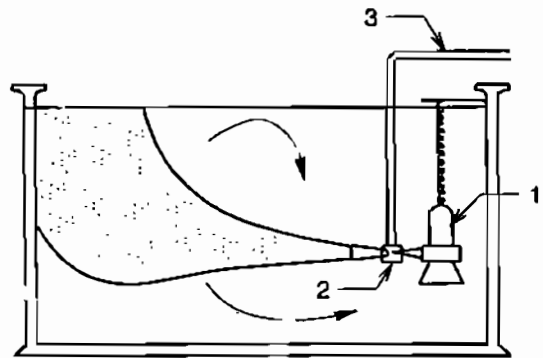
Mặt đứng



Mặt bằng

3. Làm thoáng kiểu bơm airlift

1. Bể 2. Côn loe 3. Dàn ống khoan lỗ Ø20
 4. Ống đứng 5. Nón hướng dòng
 6. Tấm hướng dòng gắn trên nón



4. Bơm chìm loại ejector thu khí trộn vào nước

1. Bơm chìm
 2. Ejector
 3. Ống thu khí

Hình 7-4. Các thiết bị làm thoáng bọt khí lớn

Bảng 7-4: Công suất hòa tan của oxy vào nước của thiết bị tạo bọt khí lớn

Điều kiện	Điều kiện tối ưu		Điều kiện trung bình	
	Ou = gr O ₂ /m ³ .m	OE = kg O ₂ /kW	Ou = gr O ₂ /m ³ .m	OE = kg O ₂ /kW
	Phân phối khí trực tiếp vào nước			
Nước sạch 20 °C	6	1,2	5	0,9
Nước thải 20°C α = 0,8	4,5	0,9	4	0,7
	Phân phối khí qua ống đứng, Airlift và Ejector			
Nước sạch 20 °C	7,5	1,6	7	1,5
Nước thải 20°C α = 0,8	6,5	1,3	5,5	1

VII.3. THIẾT BỊ CƠ KHÍ LÀM THOÁNG BỀ MẶT

VII.3.1. Nguyên lý hoạt động và các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả

1. Nguyên lý hoạt động

Các thiết bị cơ khí làm thoáng bề mặt khi chuyển động quay quanh trục đưa nước từ chiều sâu của bể lên bề mặt, tạo thành các màng mỏng và giọt nhỏ tiếp xúc với không khí rồi rơi xuống mặt nước trong bể, các bọt khí được hút xuống phía dưới bể do chuyển động xoay tuần hoàn của nước làm tăng thời gian và diện tích tiếp xúc giữa khí và nước. Ngoài chuyển động tuần hoàn theo chiều đứng, nước trong bể còn chuyển động xoay quanh trục của thiết bị theo chiều ngang. Tổng hợp các chuyển động làm cho bề mặt tiếp xúc giữa khí và nước luôn được thay đổi với cường độ mạnh làm tăng hiệu quả hòa tan oxy vào nước.

2. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả hòa tan oxy OC (Kg O₂/h) là

- Công suất “bơm nước” của thiết bị hay cường độ tuần hoàn nước trong bể aerotank.
- Kích thước hình học của bể aerotank.
- Đường kính của thiết bị : OC tỷ lệ với D².
- Chiều sâu ngập nước của thiết bị h_i : OC ~ h_i.
- Vận tốc tiếp tuyến của thiết bị : OC ~ V_tⁿ với 2,5 < V_t < 3.
- Ảnh hưởng của các chất hoạt động bề mặt và hàm lượng cặn tương đối ít, thực tế α dao động từ 0,95 ÷ 1.

VII.3.2. Các loại thiết bị cơ khí làm thoáng bề mặt

Các thiết bị cơ khí làm thoáng bề mặt có thể phân ra như sau :

- Ru-lô gồm ống trục chuyển động quay đặt theo phương nằm ngang, trên ống trục gắn các tấm lá bằng thép như răng lược tạo thành hình như bàn chải tròn đặt ngập trong nước từ 0,05 ÷ 0,3 m.

2. Tuabin dạng hình côn chuyển động quay quanh trục đứng.

2.1. Tuabin hình côn cánh phẳng.

2.2. Tuabin dạng đĩa cánh phẳng.

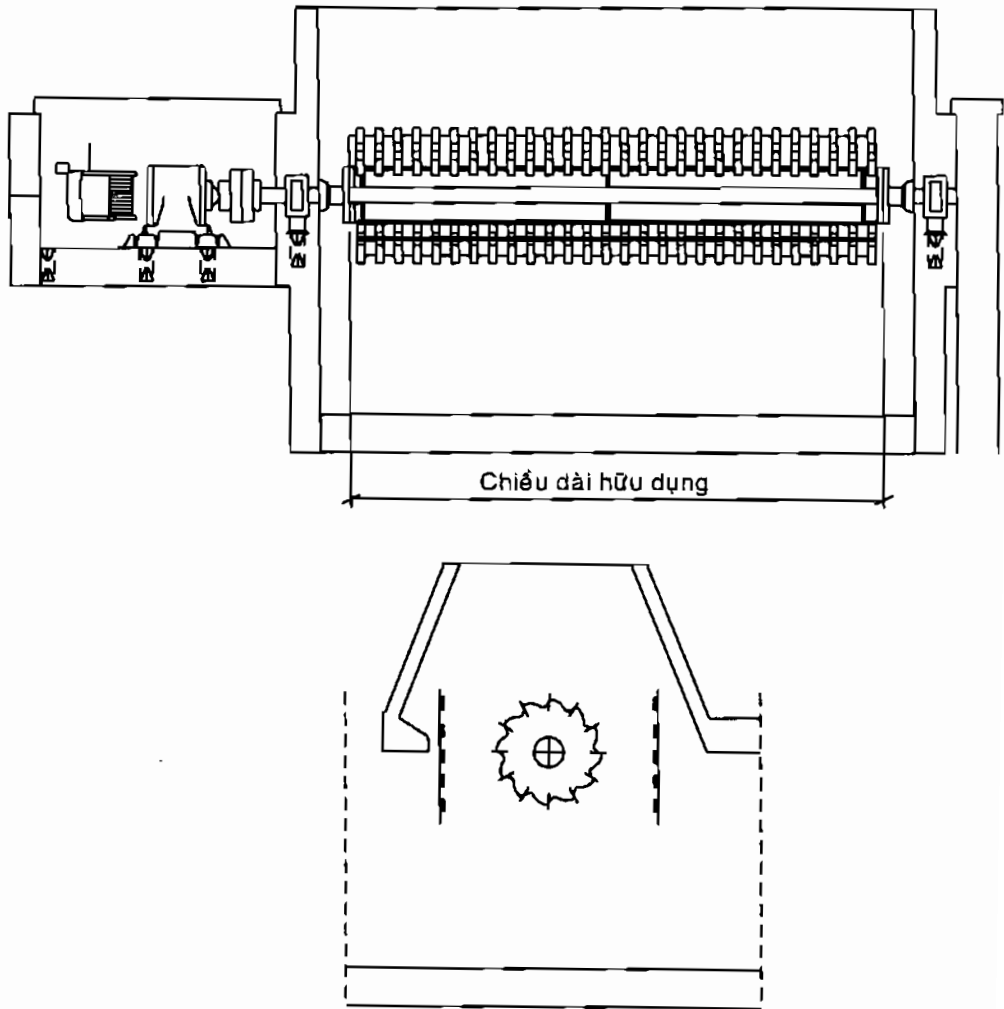
2.3. Tuabin dạng cánh quạt của bơm ly tâm.

Khi áp dụng các thiết bị cơ khí làm thoáng bề mặt, không phải trang bị máy nén khí, ống dẫn khí, van khóa và các thiết bị phân phối, không có hiện tượng tắc trít hệ thống phân phối, quản lý đơn giản, chỉ có khó khăn là định kỳ phải tra dầu mỡ vào các ổ bi, các khớp chuyển động.

VII.3.3. Thiết bị làm thoáng kiểu rulô

1. Cấu tạo

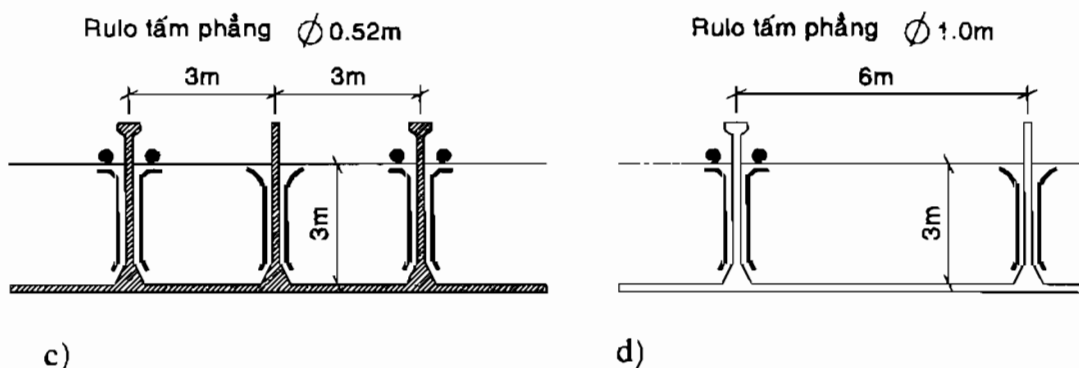
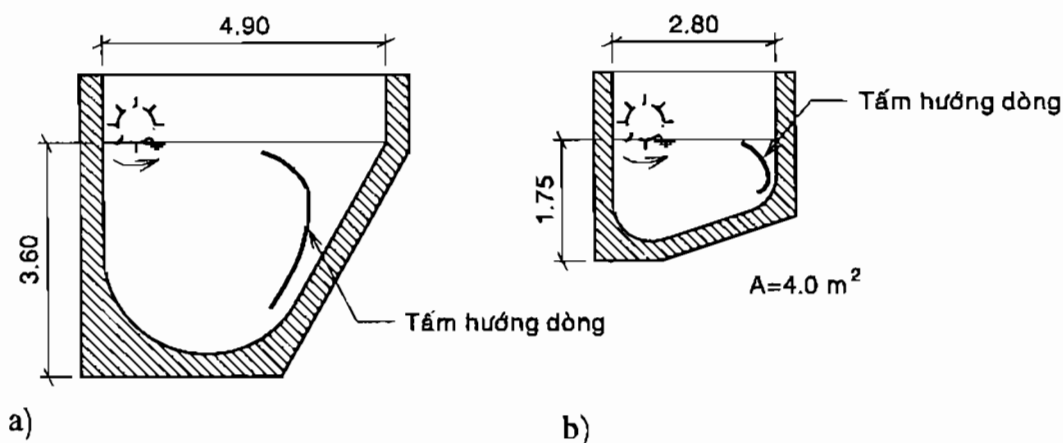
Có 2 loại, loại rulô kiểu lồng chim và loại rulô kiểu tấm.



Hình 7-5. Thiết bị làm thoáng bề mặt rulô kiểu lồng

a. Rulô kiểu lồng chim :

Gồm 2 đĩa bằng thép hàn vào 2 đầu của trục chuyển động nằm ngang ở trung tâm đĩa. Vành ngoài của đĩa hàn 12 thanh hình chữ T song song với trục chuyển động ở tâm đĩa. Trên 12 thanh chữ T gắn các tấm thép phẳng dài 15 cm, rộng 5 cm cách nhau 5 cm, đường kính ngoài 0,7 m chiều dài rulô từ 3 đến 5 m (xem hình 7-5).



Hình 7-6. Đặt thiết bị làm thoáng dọc theo chiều nước chảy trong bể

b. Rulô kiểu tấm phẳng :

Gồm trục chuyển động, trên chu vi trục hàn các tấm thép phẳng rộng 5 cm cách nhau 5 cm tạo thành hình bàn chải tròn đường kính 0,5 ÷ 1 m dài từ 2,5 đến 9 m.

2. Lắp đặt

Thiết bị làm thoáng kiểu rulô được lắp đặt trong các bể aerotank có dòng chảy đều : chiều dài gấp nhiều lần chiều rộng.

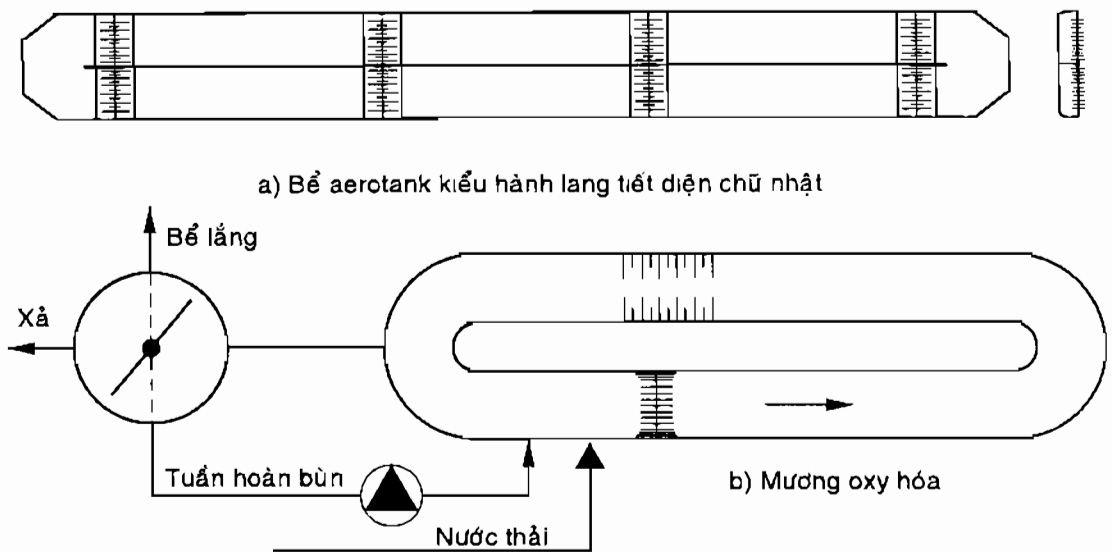
a. Đặt sát tường dọc ở một phía của bể :

Mặt cắt ngang của bể là hình chữ nhật hoặc hình bán nguyệt. Thiết bị quay tạo ra

chuyển động xoáy ốc của nước vuông góc với hướng dòng chảy của nước trong bể tạo ra cường độ khuấy trộn mạnh. Để ép các bọt khí đi xuống đáy bể, trong bể đặt các tấm hướng dòng (xem hình 7-6). Khi dùng rulô kiểu tấm phẳng có thể tăng chiều rộng của bể lên gấp đôi chiều sâu. Chiều sâu thường hạn chế ở mức $h \leq 3,5$ m.

b. Đặt vuông góc với dòng chảy :

Ở các bể aerotank có cấu tạo các hành lang mặt cắt hình chữ nhật, và các mương oxy hóa có mặt cắt ngang hình thang, các thiết bị làm thoáng rulô kiểu tấm phẳng được đặt vuông góc với chiều nước chảy trong bể (xem hình 7-7). Để đảm bảo trộn đều nước trên toàn bộ tiết diện ngang và tạo ra dòng chảy dọc đủ lớn $0,3 \leq V_{dọc} \leq 0,5$ m để tuần hoàn nước trong bể, chiều sâu bể thường bị hạn chế ở mức $h \leq 3,5$ m đối với bể kiểu hành lang tiết diện chữ nhật và $h \leq 1,8$ m đối với mương oxy hóa tiết diện hình thang.



Hình 7-7. Đặt thiết bị làm thoáng vuông góc với chiều nước chảy trong bể

3. Các yếu tố ảnh hưởng đến công suất hòa tan oxy của thiết bị

a. Vận tốc tiếp tuyến của rulô V_t : giá trị tối ưu $1,8 < V_t < 3$ m/s.

b. Độ sâu ngập nước của tấm cánh $0,04 < h_i \leq 0,3$ m.

c. Hình dạng và kích thước bể.

Năng suất hòa tan oxy vào nước có thể tính theo công thức

$$OC = K_r \cdot V_t^\beta \cdot h_i \quad (7-4)$$

K_r : Hằng số phụ thuộc vào kết cấu của thiết bị và kích thước bể

β : Hệ số mũ.

Đối với bể kiểu hành lang mặt cắt ngang hình vuông 3 x 3 m có lắp tấm hướng dòng, thiết bị kiểu rulô tấm phẳng đường kính 0,52 m.

$$K_r = 1,33; \quad \beta = 2,6; \quad 0,04 \leq h_i \leq 0,14 \text{ m}$$

4. Công suất hòa tan oxy của thiết bị

Qua công tác thực nghiệm với nhiều kiểu thiết bị làm thoáng trong nhiều bể có hình dáng và kích thước khác nhau Giáo sư H. S Popel Trường Đại học Delf Hà Lan đã đưa ra công thức thực nghiệm để tính công suất hòa tan oxy vào nước cho 1 m dài của thiết bị.

a. Rulô kiểu tấm phẳng đặt trong bể (hình 7-6b) diện tích mặt cắt ngang 6,5 m². Rulô dài 0,8 m trên 1 m dài của bể, đường kính 0,5 m, n = 120 vòng/phút, 0,05 m ≤ h_i ≤ 0,2 m.

$$OC = - 0,070 + 3,8 h_i \quad \text{gr O}_2/\text{m.s}$$

$$OC = - 0,25 + 13,6 h_i \quad \text{kg O}_2/\text{m.h} \quad (7-5)$$

b. Rulô kiểu lồng chim, đường kính 0,7 m, n=75 vòng/phút

$$OC = - 0,61 + 9,1 h_i \quad \text{gr O}_2/\text{m.s}$$

$$OC = - 2,2 + 32,8 h_i \quad \text{kg O}_2/\text{m.h} \quad (7-6)$$

c. Rulô kiểu tấm phẳng, đường kính 1m, n=72 vòng/phút, bể sâu 2,5 ÷ 3 m độ sâu ngập nước 0,1 m ≤ h_i ≤ 0,2 m.

$$OC = - 0,11 + 11,7 h_i \quad \text{gr O}_2/\text{m.s}$$

$$OC = - 0,4 + 42,0 h_i \quad \text{kg O}_2/\text{m.h} \quad (7-7)$$

$$0,2 \text{ m} \leq h_i \leq 0,3 \text{ m}$$

Công suất tiêu thụ điện trung bình 0,55 mg O₂/J hay 2 kg O₂/kWh.

Ví dụ : Công suất hòa tan oxy vào nước cần thiết để xử lý nước thải tính theo công thức (6-16) là 50 gr O₂/s . Dung tích bể 1000 m³.

Nếu chọn thiết bị làm thoáng rulô tấm phẳng đường kính 1m độ sâu ngập nước 0,2 m, n = 72 v/phút. Hỏi cần bao nhiêu cái và cách bố trí thiết bị làm thoáng trong bể ?

Giải :

Áp dụng công thức (7-7) để tính tổng chiều dài rulô.

$$OC = [- 0,11 + 11,7 h_i] L_r \quad \text{gr O}_2/\text{s} \quad . \text{ Ta có :}$$

$$50 \text{ gr O}_2/\text{s} = [- 0,11 + 11,7 \times 0,2] L_r = (2,23 \text{ gr O}_2/\text{m dài. s}) L_r$$

$$L_r = \frac{50}{2,23} = 22,5 \text{ m}$$

Chọn 6 rulô tấm phẳng, chiều dài hữu dụng của 1 cái 3,8 m.

Đặt trong hành lang có chiều rộng : b = l_r + l = 3,8 + 1 = 4,8 m.

Bể cấu tạo 2 hành lang chiều rộng bể :

$$B = 2b + 0,2 = 9,8 \text{ m}$$

Chiều sâu bể : $H = 3,5 \text{ m}$,

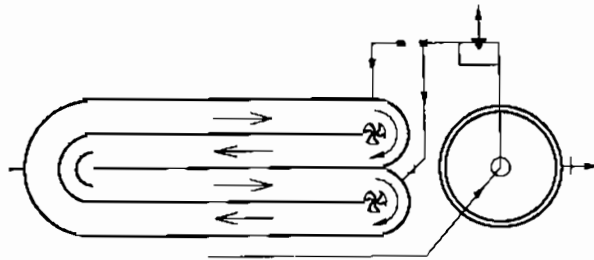
Chiều dài bể : $L = 1000 : 9,8 = 29,1 \text{ m}$ lấy tròn 30 m.

- Cách bố trí thiết bị làm thoáng trong bể (xem hình 7-7a)

VII.3.4. Thiết bị làm thoáng bề mặt kiểu tuabin

Thiết bị lắp đặt trên bề mặt bể và chuyển động quay quanh trục đứng. Khi làm việc thiết bị tạo ra dòng tuần hoàn theo chiều đứng do tuabin bơm nước từ chiều sâu của bể lên bề mặt và tạo ra chuyển động xoay ngang của nước trong bể theo chiều quay của tuabin. Thiết bị làm thoáng bề mặt kiểu tuabin lắp đặt ở tâm của bể có mặt bằng hình vuông hay hình tròn hoặc trong các bể có mặt bằng hình chữ nhật chiều dài là bội số nguyên của chiều rộng thì ở tâm mỗi hình vuông có cạnh bằng chiều rộng bể đặt 1 tuabin.

Lợi dụng chuyển động xoay ngang của nước do turbin tạo ra, thiết bị làm thoáng turbin còn được đặt trong các bể có cấu tạo hành lang theo kiểu mương oxy hóa (xem hình 7-8)



Hình 7-8. Mương oxy hóa công suất lớn với thiết bị làm thoáng tuabin

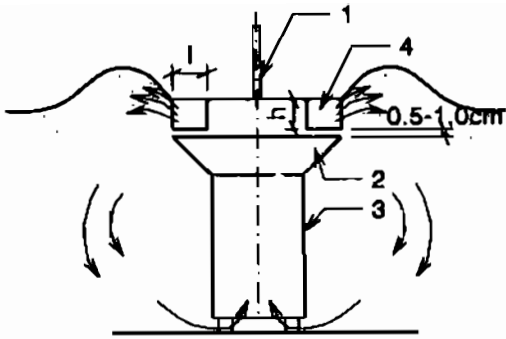
Công suất hòa tan oxy của thiết bị phụ thuộc vào :

- Kích thước tuabin, thường có đường kính từ 0,4 ÷ 4,5 m.
- Kiểu tuabin.
- Hình dáng và kích thước bể.

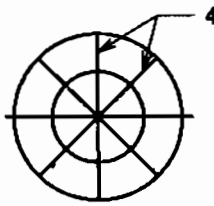
1. Tuabin dạng đĩa cánh phẳng

Tuabin dạng đĩa cánh phẳng gồm 1 đĩa kim loại, phía dưới hàn các cánh quạt tấm phẳng theo chiều bán kính của đĩa (hình 7-9). Khi chuyển động quay quanh trục đứng, cánh quạt đưa nước từ tâm ra chu vi, ở giữa đĩa tạo thành chân không hút nước từ dưới lên.

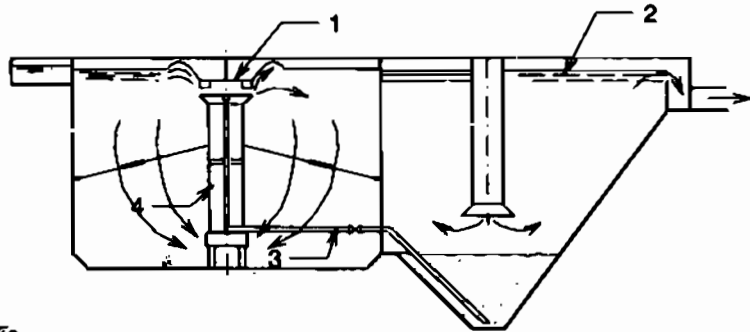
Cách lắp đặt (xem hình 7-9b).



- 1. Trục quay
- 2. Côn loe
- 3. Ống ổn định dòng
- 4. Cánh quạt tấm phẳng



a)



b)

- 1. Tuabin đĩa
- 2. Bể lắng
- 3. Ống dẫn bùn tuần hoàn
- 4. Ống dẫn ổn định dòng

Hình 7-9. Sơ đồ cấu tạo và lắp đặt tuabin làm thoáng dạng đĩa

Dưới sự chỉ đạo của Viện sĩ I. A. Kovlev Khoa cấp thoát nước Trường Đại học Mixi Moscow đã chế tạo và đưa ra thị trường tuabin loại đĩa có đặc tính kỹ thuật sau :

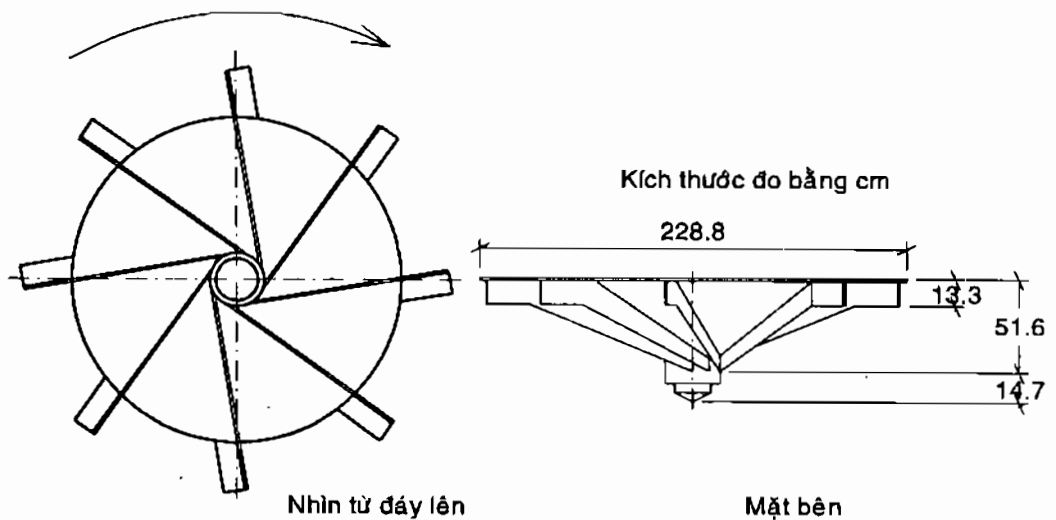
Bảng 7-5 : Đặc tính kỹ thuật của tuabin dạng đĩa cánh phẳng

Đường kính tuabin đĩa (m)	Vòng quay		Số cánh quạt	Kích thước cánh quạt (cm)		Công suất hữu ích (KW)	Công suất hòa tan oxy (kg O ₂ /ngày.đêm)
	Vòng/phút	Vận tốc tiếp tuyến (m/s)		Chiều cao h (cm)	Chiều dài l (cm)		
0.5	133	3,50	6	14	17	1,2	80
0.7	95	3,50	8	14	20	2,4	170

Đường kính tuabin đĩa (m)	Vòng quay		Số cánh quạt	Kích thước cánh quạt (cm)		Công suất hữu ích (KW)	Công suất hòa tan oxy (kg O ₂ /ngày.đêm)
	Vòng/phút	Vận tốc tiếp tuyến (m/s)		Chiều cao h (cm)	Chiều dài l (cm)		
1,0	67	3,50	12	13	21	3,4	230
1,5	48	3,75	16	14	25	7,5	550
2,0	38	3,95	18	15	30	11,8	800
2,5	22	4,25	18	18	37	18,1	1250
3,0	27	4,50	24	17	35	26,5	1860
3,5	24	4,60	24	18	40	38,5	2600
4,0	22	4,76	24	20	47	52,5	3500
4,5	21	4,95	24	22	52	75,0	4900

2. Tuabin hình nón ngược cánh phẳng

Tuabin gồm lõi hình nón ngược, bên ngoài hàn cánh phẳng hình chữ nhật từ tâm chóp nón đến đáy nón, phần ngoài chu vi đáy nón, cánh có tiết diện chữ nhật nằm ngang (hình 7-10).

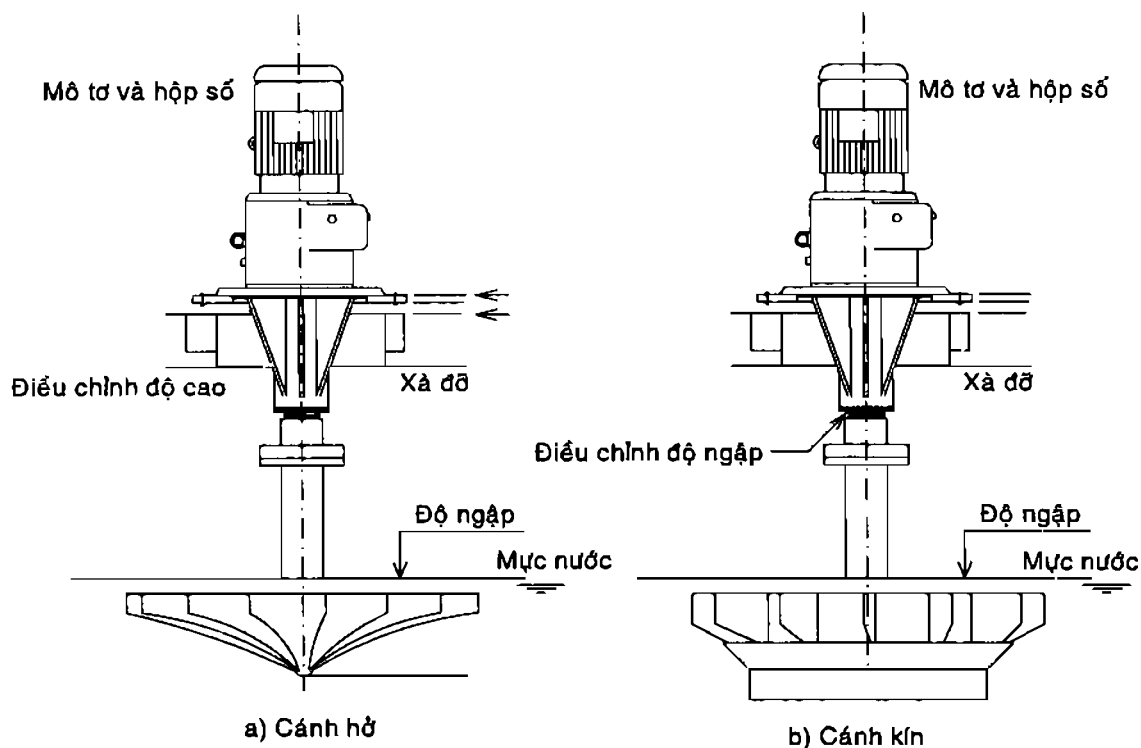


Hình 7-10. Tuabin hình nón ngược cánh phẳng

Độ ngập nước tính từ mặt phẳng trên của đáy nón so với mực nước trong bể dao động trong khoảng + 50 mm đến - 100 mm.

Đường kính tuabin chế tạo từ 0,4 ÷ 3,6 m, công suất hòa tan oxy từ 1 ÷ 180 kg O₂/h. Thiết bị đặt trong bể hình vuông chiều rộng gấp 2 đến 4 lần chiều sâu, chiều sâu bể lớn nhất 5 m.

3. Tuabin hình nón ngược cánh cong



Hình 7-11. Tuabin hình nón ngược cánh cong

Tuabin gồm lõi hình nón ngược bên ngoài hàn cánh cong hướng từ tâm nón đến đáy (hình 7-11a) là tuabin cánh hở. Tuabin cánh kín (hình 7-11b) phần dưới của cánh được lồng vào côn thép hình nón cụt để tăng cường lưu lượng tuần hoàn từ đáy bể. Đặc tính kỹ thuật và công suất của thiết bị chọn theo Catalo của nhà sản xuất.

4. Tuabin dạng ống phun

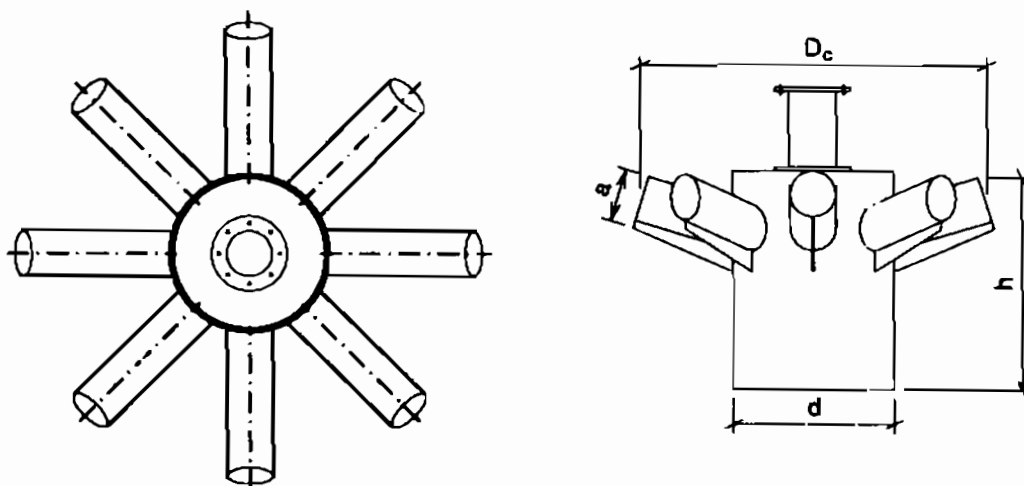
Tuabin dạng ống phun gồm ống dẫn đường kính (d), chiều cao (h) gắn với trục quay thẳng đứng. Trên ống dẫn hàn các ống phun nước có độ dốc nghiêng 15° hướng từ tâm ra

chu vi. Dưới đáy các ống phun nước hàn các tấm thép phẳng hình tam giác (hình 7-12).
 Tuabin đặt ngập trong nước đến mép dưới của ống phun.

Tuabin dạng ống thường có đường kính D_c từ 1 m đến 3,6 m công suất hòa tan oxy vào nước từ 6 đến 250 kg O_2/h .

Kích thước bể tối ưu theo tỷ lệ Chiều rộng : Chiều sâu : Đường kính ngoài; D_c từ 3 : 1 : 0,6 đến 4 : 1 : 0,67.

Vận tốc tiếp tuyến của đầu ống phun v_t từ 3,5 đến 5 m/s.



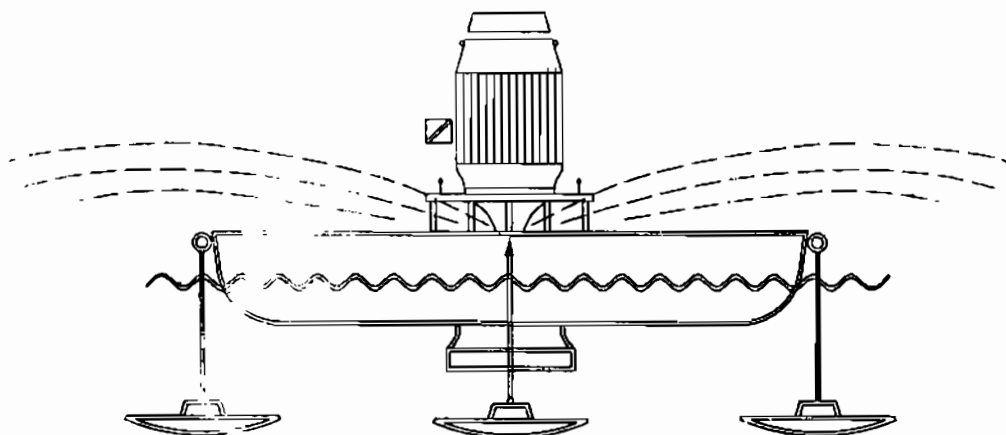
Hình 7-12. Tuabin dạng ống phun

Bảng 7-6 : Công suất hòa tan oxy và kích thước bể khi áp dụng thiết bị làm thoáng bề mặt tuabin ống phun

D_c	Kích thước turbin (mm)				Công suất hòa tan oxy OC (gr O_2/s)	Kích thước bể		
	D	h	Ống phun			Rộng (m)	Sâu (m)	Thể tích (m^3)
			Số lượng	Đường kính (a)				
1000	350	500	6	133,0	1,9	5 ÷ 6,2	1,5 ÷ 2,0	37,5 ÷ 76,5
1150	400	550	6	139,7	2,6	5,8 ÷ 7,1	1,5 ÷ 2,2	50,0 ÷ 110,0
1350	470	650	6	159,0	4,9	6,8 ÷ 8,4	1,6 ÷ 2,6	73,0 ÷ 185,0
1600	500	800	8	139,7	7,2	8,0 ÷ 10,0	1,9 ÷ 3,0	122,0 ÷ 300,0
1900	620	950	8	159,0	12,0	9,5 ÷ 11,8	2,2 ÷ 3,6	198,0 ÷ 500,0
2250	770	1100	8	193,7	19,4	11,3 ÷ 14	2,5 ÷ 4,2	320,0 ÷ 825,0
2650	900	1300	8	216,0	35,0	13,3 ÷ 16,4	3,0 ÷ 4,8	530,0 ÷ 1290,0
3100	1000	1500	10	216,0	49,0	15,5 ÷ 19,2	3,5 ÷ 5,0	840,0 ÷ 1930,0
3600	1200	1800	10	219,1	70,0	18 ÷ 22,5	4,0 ÷ 5,2	1295,0 ÷ 2600,0

5. Tuabin vận tốc lớn đặt trên phao nổi

Tuabin gồm cánh bơm có tốc độ quay lớn gắn với trục quay thẳng đứng của động cơ, phía dưới có 1 đoạn ống hút. Toàn bộ thiết bị đặt trên phao nổi hình tròn làm bằng thép không gỉ hoặc bằng composit có sợi thủy tinh tăng cường. Khi làm việc bơm hút nước từ dưới bể, đẩy dọc theo trục có tấm hướng dòng hình xoắn ốc làm tung nước ra xung quanh (hình 7-13). Đường kính phao từ 1 + 3,5 m. Công suất hòa tan oxy từ 7 ÷ 9 kg O₂/h. Thiết bị đặt trong bể có chiều sâu từ 3,5 ÷ 4,5 m phụ thuộc vào kích thước tuabin (xem bảng 7-7)



Hình 7-13. Tuabin tốc độ lớn đặt trên phao

Bảng 7-7: Công suất hòa tan oxy của tuabin phao

Đường kính phao (m)	Công suất (KW)	Số vòng quay (vòng /phút)	Công suất hòa tan oxy OC = gr O ₂ /s	Hiệu suất điện OE = mg O ₂ /W
1,68	4,5	1200	1,9	0,44
1,98	17,0	1200	7,2	0,42
3,32	40,0	900	17,2	0,43

6. Các yếu tố ảnh hưởng đến công suất hòa tan oxy của thiết bị làm thoáng bề mặt

Các thiết bị làm thoáng bề mặt khi hoạt động tạo ra hai quá trình để hòa tan oxy vào nước.

Quá trình thứ nhất : bơm nước từ chiều sâu của bể lên bề mặt, tạo ra màng mỏng và giọt nhỏ tiếp xúc với không khí.

Quá trình thứ hai : hút các bọt khí trên bề mặt xuống sâu và tuần hoàn lại nước.

Thiết bị đặt ở các bể có kích thước hạn định sẽ xảy ra cả 2 quá trình này; khi thiết bị đặt trong hồ quá lớn, quá trình thứ 2 là rất nhỏ không đáng kể.

Công suất hòa tan oxy của các thiết bị làm thoáng bề mặt kiểu tuabin trục đứng như đã nêu có thể biểu diễn bằng phương trình sau :

$$OC = K_c (1 + K_i \cdot h_i) D^2 v^3 \quad (\text{gr O}_2/\text{s}) \quad (7-8)$$

Trong đó :

K_c : Hệ số phụ thuộc vào kích thước bể và cấu tạo của tuabin, thường dao động từ 0,014 ÷ 0,028 đối với các bể có kích thước hạn định.

k_i : Hằng số tính đến chiều sâu ngập nước của tuabin thường từ 1,9 đến 3,3.

D : Đường kính của tuabin (m).

v : Vận tốc tiếp tuyến của mép ngoài cánh tuabin (m/s)

h_i : Độ ngập nước của tuabin (m)

VII.3.5. Năng lượng cần thiết để khuấy trộn

Các thiết bị làm thoáng đặt trong bể aerotank không những phải đảm bảo tuần hoàn nước để hòa tan đều và đủ lượng oxy cần thiết cho quá trình làm sạch nước thải mà còn phải cấp năng lượng đủ để khuấy trộn nước cho bùn hoạt tính phân tán đều trong nước và không bị lắng xuống đáy.

- Trong các bể làm thoáng bằng sục khí phải thực hiện đúng 2 điều kiện để đảm bảo khuấy trộn đủ :

+ Điều kiện thứ nhất : Chọn kích thước bể và bố trí thiết bị trong bể phải hợp lý để tạo ra dòng chuyển động xoay tuần hoàn trong toàn bộ thể tích bể.

+ Điều kiện thứ 2 : Cường độ thổi khí đối với dàn ống xương cá bố trí dọc hoặc ngang bể phải lớn hơn hoặc bằng 1800 m³/h khí cho 1000 m³ nước hay 1,8 m³/h khí/1 m³ nước. Đối với đĩa phân phối hoặc ống đứng đặt đều theo diện tích bể cường độ tối thiểu 1 m³/h không khí/1 m³ thể tích bể.

- Khi làm thoáng bằng thiết bị cơ khí làm thoáng bề mặt (tuabin) đặt ở trung tâm một ô vuông của bể.

Năng lượng cần thiết để khuấy trộn kiểm tra theo bảng 7-8.

- Khi làm thoáng bằng thiết bị quay trục ngang kiểu rulô đặt trong các mương oxy hóa, vận tốc nước chảy tuần hoàn trong mương phải từ 0,25 m/s đến 0,3 m/s.

- Việc truyền năng lượng đều vào nước để đảm bảo khuấy trộn đều phải được đặc biệt chú ý khi thiết kế các hồ làm sạch hiếu khí.

Bảng 7-8 : Năng lượng cần thiết để khuấy trộn nước khi đặt thiết bị làm thoáng bề mặt kiểu tuabin

Công suất tuabin (KW)	Kích thước bể	
	Chiều cao (m)	Chiều rộng (m)
7,5	3 ÷ 3,7	9,0 ÷ 12,0
15	3,7 ÷ 4,2	10,5 ÷ 15,2
22,5	4 ÷ 4,6	12,0 ÷ 18,0
30	4 ÷ 5,2	13,7 ÷ 20,0
37,5	4,2 ÷ 5,5	14,0 ÷ 22,0
55	5 ÷ 6,0	17,5 ÷ 28,0
75	5 ÷ 6,2	18,0 ÷ 27,0

VII.3.6. Lựa chọn kích thước hình học của bể aerotank

Bể aerotank thường làm bằng BTCT, mặt bằng là hình chữ nhật. bên trong có thể xây tường ngăn để chia thành các ngăn kiểu hành lang cho nước chuyển động đều.

- Khi nhà máy xử lý nước thải có công suất lớn hơn 1000 m³/ngày nên xây dựng 2 bể để dễ dàng cho quản lý.

- Khi dùng hệ thống thổi khí, chiều sâu bể lấy từ 4 ÷ 7,0 m để tăng cường khả năng hòa tan của khí. Chiều cao dự trữ trên mặt nước của thành bể từ 0,3 ÷ 0,5 m.

- Khi dùng hệ thống phân phối khí kiểu xương cá đặt dọc thành bể, để đảm bảo tạo ra dòng xoáy tuần hoàn dọc bể tỷ số giữa chiều rộng : chiều sâu là 1,5 : 1. Nếu bể có kích thước lớn thì xây tường ngăn trong bể tạo ra các hành lang có dòng chảy đều theo đường zíc-zắc. Tỷ số chiều dài trên chiều rộng của hành lang chọn không nhỏ hơn 5 : 1.

- Khi dùng hệ thống phân phối khí đặt ngang vuông góc với chiều dài bể hay hệ thống phân phối đều theo diện tích bể thì không cần có hành lang nhưng phải đặc biệt chú ý đến cường độ khuấy trộn tại các góc bể để tránh bùn lắng.

- Khi dùng thiết bị cơ khí làm thoáng bề mặt, tốt nhất là 1 bể 1 thiết bị đặt tại tâm bể (aerotank khuấy trộn hoàn chỉnh).

- Khi đặt nhiều thiết bị trong một bể, chọn tỷ số chiều dài trên chiều rộng bằng số thiết bị đặt trong bể và đặt tại tâm mỗi ô vuông. Kích thước bể chọn theo bảng (7-8). Chiều cao dự trữ của thành bể trên mặt nước lấy từ 0,8 ÷ 1,2 m.

- Trong bể phải có van tháo khô và hố xả bùn. Khi nhà máy có nhiều bể hoạt động, phải có thiết bị chia đều nước vào các bể và phải có van cách ly từng bể.

- Trong quá trình hoạt động, trên bề mặt bể aerotank thường có váng bọt, những váng bọt này ngăn cản nước tiếp xúc với không khí, do đó cần phải thiết kế hệ thống vòi phun

nước trên mặt bể để làm tan bọt nổi trong bể. Dàn ống phun nước đặt ở phía thành bể có gió thổi dẫn bọt lại.

- Trong quản lý nếu phát hiện ở bể lắng đợt 2 có hiện tượng từng đám cặn nổi lên, phải kiểm tra các chỉ tiêu làm việc của bể aerotank, bởi vì cặn nổi lên là do vi khuẩn dạng sợi lông filamentous, có tỷ trọng bằng tỷ trọng của nước, phát triển mạnh, kết thành đám thu các bọt khí và nổi lên mặt. Để giảm đến tối thiểu lượng vi khuẩn dạng sợi lông filamentous có thể áp dụng các biện pháp sau :

1. Kiểm tra cường độ làm thoáng để thay đổi lượng oxy hòa tan trong bể.
2. Cho clo vào dòng tuần hoàn với liều lượng thích hợp.
3. Thay đổi điểm đưa nước thải vào bể aerotank để thay đổi tỷ số F/M.
4. Bổ sung chất dinh dưỡng N, P và vết các kim loại cần thiết cho vi khuẩn chính phát triển.