

TÍNH TOÁN ĐỘNG HỌC XỬ LÝ NƯỚC THẢI HỮU CƠ TRÊN LỚP ĐỆM VI SINH BẨM

NGUYỄN XUÂN NGUYỄN, TRẦN VĂN NHÂN, SRENG SOKVUNG

I. MỞ ĐẦU

Trong bài báo này chúng tôi đưa ra các kết quả nghiên cứu chính, thể hiện ở thuật toán tính quá trình xử lý nước thải hữu cơ trong thiết bị Aeroten hỗn hợp có lớp đệm vi sinh bám.

Các hàm kinh nghiệm là kết quả thực nghiệm trên các trạm xử lý nước thải bệnh viện và đô thị đã được xây lắp và đang vận hành.

Thuật toán tính toán trên cho phép xây dựng Modul “AEROTEN” trong bộ chương trình tính toán thiết bị xử lý sinh học các loại nước thải hữu cơ (đối tượng cần khử là BOD, COD, N-T, P-T và bùn hoạt tính).

II. TÍNH TOÁN QUÁ TRÌNH KHỬ BOD, NITRAT HOÁ, KHỬ BÙN

I. Các kí hiệu và thông số sử dụng trong tính toán

- Lưu lượng nước thải, Q [$m^3/ngày$].
- Nồng độ cặn lơ lửng, SS [mg/l].
- S , S_e : nồng độ BOD trong nước thải trước và sau xử lý, [mg/l].
- N , N_e : nồng độ NH_4^+ trong nước thải trước và sau xử lý, [mg/l].
- X_e , X_r : nồng độ cặn và nồng độ cặn hồi lưu, [mg/l].
- $\mu_{N_{max}}$: tốc độ tăng trưởng riêng cực đại, [$1/ngày$].
- Y_N : hệ số sản sinh sinh khối bởi vi khuẩn nitrat hoá, [mg bùn hoạt tính/ $mg \cdot NH_4^+$].
- Y : hệ số sản sinh sinh khối bởi vi khuẩn cacbon, [mg bùn hoạt tính/ mg BOD].
- Y_b : hệ số tính lượng bùn sản ra từ việc khử BOD.
- K_d , K_{dN} : hệ số tự oxy hoá của vi khuẩn cacbon và vi khuẩn nitrat hoá, [$1/ngày$].
- K_{O_2} : hệ số hoà tan oxy.
- T : nhiệt độ nước thải, [$^{\circ}C$].
- DO : nồng độ oxy hoà tan cần đạt trong nước thải sau xử lý, [mg/l].
- $V_{demoxic}$: thể tích đệm của quá trình hiếu khí, m^3 .
- h_d : chiều cao lớp đệm vi sinh, [m];
- n_{bac} : số ngăn xử lý hiếu khí (có đệm vi sinh).
- f_0 là bề mặt riêng của đệm vi sinh, [m^2/m^3].
- ρ_b : tỉ trọng bùn bám dính trên đệm vi sinh, [kg/m^3].

- C_s : hàm lượng oxy hoà tan trong nước sạch ở nhiệt độ T ($^{\circ}\text{C}$).
- α : hệ số hoà tan oxy trong nước thải so với nước sạch.
- β : hệ số oxy bão hoà trong nước thải so với nước sạch.
- r : hệ số điều chỉnh đối với độ sâu sục khí.

2. Tính toán khử BOD và nitrat hoá

- Nồng độ bùn hoạt tính trên đệm vi sinh:

$$X = 6,49172 \times \left(\frac{S}{1000} \right)^{0,7106518} \times 1000 \text{ [mg/l]} \quad (1.1)$$

- Tốc độ tăng trưởng của vi khuẩn nitrat hoá:

$$\mu_N = \mu_{N_{\max}} \times \frac{N_c}{K_N + N_c} \times \frac{\text{DO}}{K_{O_2} + \text{DO}} \times e^{0,098(T-15)} \times [1 - 0,833 \times (7,2 - \text{pH})] \text{ [mg/l]} \quad (1.2)$$

$$\text{Với} \quad K_N = 10^{0,051 T - 1,158} \quad (1.3)$$

- Tốc độ sử dụng NH_4^+ bởi vi khuẩn nitrat hoá:

$$\rho_N = \frac{\mu_N}{Y_N} \cdot \frac{N_c}{K_N + N_c} \text{ [mg NH}_4^+ \text{/mg bùn N. ngày]} \quad (1.4)$$

- Tuổi của bùn:

$$\theta_{cN} = \frac{1}{Y_N \times \rho_N - K_{dN}} \text{ [ngày]} \quad (1.5)$$

- Thành phần hoạt tính của vi khuẩn nitrat hoá trong tổng bùn:

$$f_N = \frac{Y_N \times (N - N_c)}{Y \times (S - S_c) + Y_N \times (N - N_c)} \times 100 \text{ [%]} \quad (1.6)$$

- Thời gian lưu nước để nitrat hoá:

$$\theta_N = 24 \times \frac{N - N_c}{\rho_N \cdot X_N}, \text{ [h]} \quad (1.7)$$

$$\text{Với} \quad X_N = \frac{f_N \cdot X}{100} \text{ [mg/l]} \quad (1.8)$$

- Tốc độ sử dụng BOD bởi vi khuẩn cacbon:

$$\rho = \frac{1}{Y} \left(\frac{1}{\theta_c} + K_d \right) \text{ [g BOD/g bùn. ngày]} \quad (1.9)$$

trong đó $\theta_c = \theta_{cN}$, chấp nhận tuổi bùn khử BOD bằng tuổi bùn nitrat hoá.

- Thành phần hoạt tính của vi khuẩn cacbon:

$$f_c = 100 - f_N \text{ [%]} \quad (1.10)$$

- Thời gian lưu nước cần thiết để khử BOD:

$$\theta = 24 \times \frac{S - S_c}{\rho X} \quad [\text{h}] \quad (1.11)$$

- Tổng thể tích ngăn aeroten có đệm vi sinh:

$$V_{\text{aer}} = V_{\text{BOD}} = Q \cdot \theta \quad [\text{m}^3] \quad (1.12)$$

Nếu $V_N > V_{\text{BOD}} \Rightarrow V_{\text{aer}} = V_N = Q \cdot \theta_N$ (1.13)

3. Tính toán đệm vi sinh

- ik là số ngày bám dính tối đa của vi sinh vật trên đệm vi sinh, giá trị này cần được tính đồng thời từ 3 yếu tố: bám dính bùn, ổn định bùn, lôi cuốn bùn đi do thủy lực dòng nước và khí.

Thuật toán tính toán số ngày ik được biểu diễn trên hình (1).

- Tiết diện ngang trung bình của 1 ngăn hiếu khí:

$$S_d = \frac{V_d}{h_d \cdot n_{\text{bac}}} \quad [\text{m}^2/\text{ngăn}] \quad (2.1)$$

- Vận tốc thủy lực của nước thải đi qua lớp đệm vi sinh:

$$w = \frac{Q \times 1000}{24 \times S_d \times 3600} \quad [\text{mm/s}] \quad (2.2)$$

- Với đệm vi sinh 3 mm, độ dày tối đa của màng vi sinh trên đệm vi sinh sẽ là:

$$d_{\text{mx}} = 1,5 \cdot w^{0,649293} \quad [\text{mm}] \quad (2.3)$$

- Tỷ lệ bùn hữu cơ có thể phân hủy trên đệm vi sinh:

$$f_k = 2,285 \cdot (ik \cdot T)^{0,45283} \quad [\%] \quad (2.4)$$

- Thể tích lớp nhày trên đệm vi sinh cho đến ngày ik :

$$V_{\text{bi}} = \frac{0,8 \times V_{\text{bi}} \times ik \times (100 - f_k)}{100} \quad [\text{m}^3] \quad (2.5)$$

Với $V_{\text{bi}} = \frac{G_{\text{bi}} \times 1020}{0,008}$;

trong đó
$$\begin{cases} G_{\text{bi}} = G_{\text{bun}} & \text{neu } G_{\text{bun}} > G_{\text{bo}} \\ G_{\text{bi}} = G_{\text{bo}} & \text{neu } G_{\text{bo}} > G_{\text{bun}} \end{cases}$$

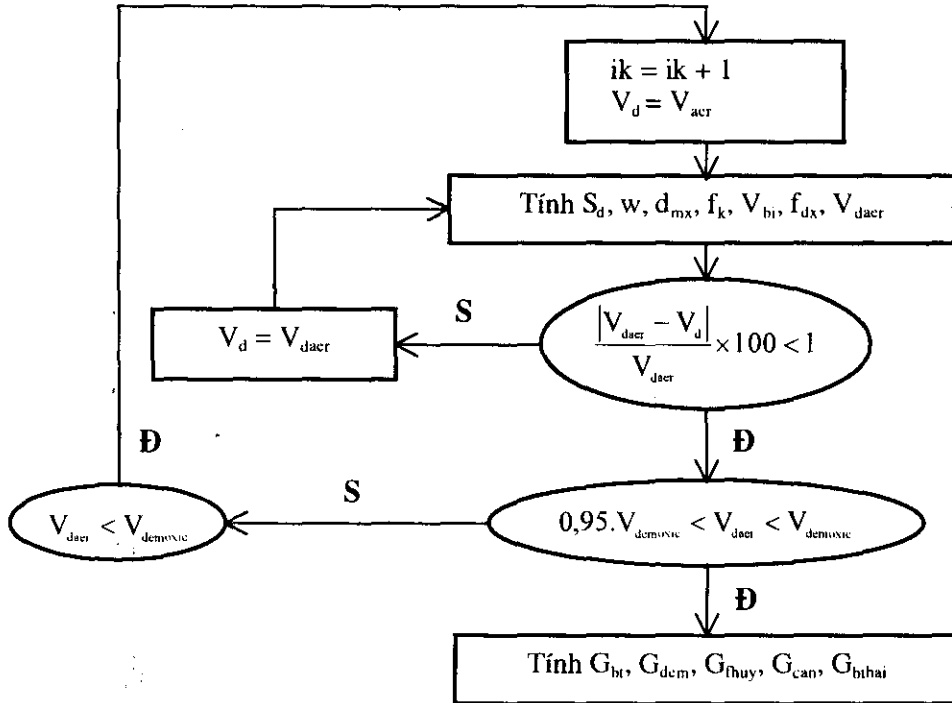
- Tổng diện tích bề mặt đệm vi sinh trong aeroten:

$$f_{\text{jk}} = \frac{V_{\text{bi}}}{d_{\text{mx}}} \times 1000 \quad [\text{m}^2] \quad (2.6)$$

- Thể tích đệm vi sinh trong aeroten:

$$V_{\text{aer}} = \frac{f_{\text{jk}}}{f_0} \quad [\text{m}^3] \quad (2.7)$$

Các công thức trên sẽ được tính lặp lại cho đến khi thỏa mãn các điều kiện được biểu diễn trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ thuật toán tính toán số ngày bám dính tối đa ik

4. Tính toán bùn

- Lượng bùn sinh ra trong 1 ngày (tính theo trung bình):

$$G_{b_0} = Q \cdot X_b \cdot 10^{-3} \text{ [kg/ngày]} \quad (3.1)$$

trong đó

$$X_b = 0,65 \cdot SS + 0,45 \cdot S \text{ [mg/l]} \quad (3.2)$$

- Lượng bùn sinh ra trong 1 ngày (theo tính toán động học):

$$G_{b_{tot}} = \frac{Y_b \cdot Q \cdot (S - S_c) \cdot 10^{-3}}{0,98} \text{ [kg/ngày]} \quad (3.3)$$

trong đó

$$Y_b = \frac{Y}{1 + \theta_c \cdot K_d} \quad (3.4)$$

- Tổng số bùn sinh ra trong ik ngày:

$$G_{b_{ik}} = ik \times (G_{b_0} + 0,35 \times SS \times Q \times 10^{-3}) \text{ [kg]} \quad (3.5)$$

- Lượng bùn đang giữ trên đệm:

$$G_{dem} = \frac{0,75 \cdot G_{b_{ik}} \cdot (100 - f_k)}{100} \text{ [kg]} \quad (3.6)$$

- Lượng bùn đã phân huỷ trên đệm vi sinh:

$$G_{fhuy} = \frac{f_k}{100} \times G_{dem} \text{ [kg]} \quad (3.7)$$

- Lượng bùn cần thải sau thời gian bám dày trên đệm vi sinh:

$$G_{\text{can}} = G_{\text{bt}} - G_{\text{dem}} - G_{\text{thuy}} \text{ [kg]}. \quad (3.8)$$

- Lượng bùn xả trong trường hợp không có đệm vi sinh:

$$G_{\text{bxa}} = \frac{V_{\text{aer}} \cdot X - Q_r \cdot X_c \cdot \theta_c}{X_r \cdot \theta_c} \cdot \frac{X_r}{1000}, \text{ [kg/ngày]} \quad (3.9)$$

trong đó

$$Q_r = \frac{X}{X_r - X} \times Q \text{ [kg/ngày]}. \quad (3.10)$$

Với

$$X_r = 1,25 \times X \text{ [mg/l]}. \quad (3.11)$$

- Lượng bùn hồi lưu theo tính toán động học:

$$G_{\text{hlou}} = G_{\text{bun}} - G_{\text{bxa}} \text{ [kg/ngày]}. \quad (3.12)$$

- Lượng bùn hàng ngày cần thải sau khi bám dày trên đệm vi sinh:

$$G_{\text{bhai}} = \frac{G_{\text{can}}}{ik} - G_{\text{hlou}} \text{ [kg/ngày]}. \quad (3.13)$$

- Tỷ lệ bùn thải trong trường hợp có đệm vi sinh hiếu khí:

$$\frac{G_{\text{bhai}} \times ik}{G_{\text{bt}}} \times 100 \text{ [%]}. \quad (3.14)$$

- Thể tích bùn cần bơm thải trong một ngày:

$$V_{\text{bhai}} = \frac{G_{\text{bhai}}}{0,015 \times \rho_b} \text{ [m}^3\text{/ngày]}. \quad (3.15)$$

5. Tính nhu cầu oxy

- Nhu cầu oxy để khử BOD:

$$O_{2\text{HOD}} = 1,41 \cdot Q_b \cdot S \cdot 10^{-3}, \text{ [kg/h]} \quad (4.1)$$

$$Q_b = Q/24, \text{ [m}^3\text{/h]}.$$

- Nhu cầu oxy để nitrat hoá:

$$O_{2\text{N}} = 4,57 \cdot Q_b \cdot N \cdot 10^{-3} \text{ [kg/h]}. \quad (4.2)$$

- Oxy tiết kiệm được trong quá trình khử nitrat:

$$O_{2\text{dN}} = 2,65 \cdot Q_b \cdot N \cdot 10^{-3} \text{ [kg/h]}. \quad (4.3)$$

- Oxy cần cho hô hấp nội sinh bùn hoạt hoá trên đệm vi sinh là 1,4 kg/m³.ngày. Vậy nhu cầu oxy cho hô hấp nội sinh bùn hoạt hoá trên đệm vi sinh được tính:

$$O_{2\text{DVS}} = \frac{1,4 \cdot V_d}{24} \text{ [kg/h]} \quad (4.4)$$

- Nhu cầu oxy cho bùn hoạt hoá lơ lửng ngoài không gian đệm vi sinh:

$$O_{2\text{MLSS}} = \frac{0,12}{24} \times X \times Q_b \times 10^{-3} \text{ [kg/h]}. \quad (4.5)$$

- Nhu cầu oxy giữ nồng độ oxy hoà tan tối thiểu:

$$O_{2DO} = DO \cdot Q_h \cdot 10^{-3} \text{ [kg/h]}. \quad (4.6)$$

- Nhu cầu oxy tổng sẽ là:

$$O_{2T} = O_{2HOD} + O_{2N} - O_{2dN} + O_{2DVS} + O_{2MLSS} + O_{2DO} \text{ [kg/h]}. \quad (4.7)$$

- Tổng tiêu thụ không khí trong 1 giờ:

$$Q_{kk} = \frac{1}{1,29 \times 0,22 \times K_{pd}} \times \frac{O_{2T} \cdot C_s \cdot 1,27}{1,024^{(T-20)} \cdot \alpha \cdot \beta \cdot C_s \cdot r - DO} \times 100 \text{ [m}^3/\text{h]}. \quad (4.8)$$

- Nhu cầu tiêu thụ không khí khi hệ thống không làm việc:

$$Q_{kks} = \frac{Q_{kkp} \cdot (O_{2DVS} + O_{2MLSS} + O_{2DO})}{O_{2T}} \text{ [m}^3/\text{phút]} \quad (4.9)$$

trong đó: $Q_{kkp} = Q_{kk} / 60 \text{ [m}^3/\text{phút]}.$

- Nhu cầu tiêu thụ không khí cho quá trình xử lí:

$$Q_{kkt} = Q_{kkp} - Q_{kks} \text{ [m}^3/\text{phút]}. \quad (4.10)$$

- Tiêu thụ điện năng cho Airblower được tính $= 2 \times 0,75 \times 1,4 \times \frac{Q_{kk}}{60} \text{ [kw]}. \quad (4.11)$

Chú thích bổ sung: Công thức (1.1), (2.1), (2.2), (2.3), (2.4), (2.5), (2.6), (2.7): Là các hàm kinh nghiệm được các tác giả công trình này xây dựng nên trong quá trình xử lí số liệu thực nghiệm.

Các công thức còn lại là các công thức trích dẫn.

III. KẾT LUẬN

Thuật toán trên đảm bảo tính toán một cách đầy đủ cho quá trình xử lí nước thải hữu cơ bất kì (cụ thể đối tượng cần xử lí là BOD, COD, N-T, P-T và bùn hoạt tính) trên thiết bị aeroten hỗn hợp có lớp đệm vi sinh bám.

Thuật toán đã được ứng dụng thành công trong tính toán một số trạm xử lí nước thải bệnh viện, đô thị và sinh hoạt tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Xuân Nguyên, Phạm Hồng Hải, Trần Văn Nhân, Sreng Sokvung - Mô hình thực nghiệm thống kê mô tả quan hệ giữa các chỉ tiêu hoá lí cơ bản của nước thải bệnh viện, Tạp chí Khoa học và Công nghệ **44** (2) (2006) 13-17.
- Sreng Sokvung, Trần Văn Nhân, Nguyễn Xuân Nguyên, Phạm Hồng Hải - Tìm công thức thực nghiệm mô tả quan hệ giữa các chỉ tiêu hoá lí của nước thải sinh hoạt, Tạp chí Khoa học và Công nghệ **43** (6A) (2005) 244-245.
- Nguyễn Xuân Nguyên, Phạm Hồng Hải, Trần Văn Nhân, Sreng Sokvung - Sử dụng mô hình dây hộp với dòng ngược trong việc tính toán hệ thiết bị aeroten - bể lắng xử lí nước thải bệnh viện, Tạp chí khoa học và công nghệ **43** (6A) (2005) 208-211.
- Trần Văn Nhân, Ngô Thị Nga - Giáo trình công nghệ xử lí nước thải, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 2002.

5. Trịnh Xuân Lai - Tính toán thiết kế các công trình xử lý nước thải, Nhà xuất bản Xây Dựng, Hà Nội, 2000.

SUMMARY

THE KINETIC CALCULATION OF ORGANIC WASTEWATER TREATMENT PROCESS ON THE MEDIA

In this article, we introduce our main study result in calculating of biological treatment equipment. An algorithm is created to calculate organic wastewater treatment process by aerotank with the media.

Calculation of carbonaceous BOD removal and nitrification, those are formulas to calculate the concentration of activated sludge, growth rate of microorganism, activated sludge ages, the time for BOD removal and nitrification ect.

Calculation of the media, that is an approximate algorithm to calculate the maximum days of microorganism attach on media, hydraulic speed, the maximum thick of biofilm on media, total surface of media, volume of media ect.

All experimental formulas use in this algorithm are our experimental result when we study on more than 50 hospital wastewater and municipal wastewater treatment systems which are constucted and are operating.

This algorithm allow to design the aerotank modul when we calculate biological treatment equipment for treating organic wastewater of hospital and municiple in Viet Nam.

Địa chỉ:

Nhận bài ngày 14 tháng 4 năm 2006

Nguyễn Xuân Nguyên,

Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Trần Văn Nhân, Sreng Sokvung,

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.