

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ #4

ΑΣΚΗΣΗ 1

Πρέπει να κατασκευαστεί δεξαμενή επίπλευσης που να πυκνώνει τα στερεά από 0,5% σε 3%. Πειράματα έδειξαν ότι ο απαιτούμενος λόγος A/Σ για 3% συγκέντρωση των επιπλεόντων Α.Σ. είναι 0,015. Η ταχύτητα ανόδου είναι $0,45 \times 10^{-3} \text{ m/s}$, ενώ η μέγιστη παροχή είναι $40 \text{ m}^3/\text{h}$. Αν η διαλυτότητα είναι 25 mL/L να βρεθεί η απαιτούμενη πίεση λειτουργίας καθώς και η επιφάνεια της δεξαμενής. Να ελεγχθεί επίσης αν η φόρτιση στερεών είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια. Μπορεί να θεωρηθεί ότι στις αναμενόμενες συνθήκες το νερό είναι 50% κορεσμένο σε αέρα.

Λύση

Ο λόγος Αέρας/Στερεά σε μια δεξαμενή επίπλευσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A/\Sigma = \frac{1,3 * \delta_{\alpha} * (f * P - 1)}{\sigma_{\text{ΑΣ}}} \quad (1)$$

όπου δ_{α} : η διαλυτότητα αέρα σε νερό (σε mL/L). Στους 20°C είναι 18,7.

$\sigma_{\text{ΑΣ}}$: η συγκέντρωση στερεών σε mg/L

1,3 : το βάρος σε mg ενός mL αέρα

f : συντελεστής διόρθωσης για μη πλήρη κορεσμό (συνήθως 0,5~0,8)

Υπολογισμός του $\sigma_{\text{ΑΣ}}$:

100 ml δ/τος περιέχουν 0.5 g στερεά

1000 ml **x**

$$\sigma_{\text{ΑΣ}} = 0.5 * 1000 / 100 = 5 \text{ g/L} = 5000 \text{ mg/L}$$

$$0.015 = \frac{1,3 * 25 * (0.5 * P - 1)}{5000} \Rightarrow \mathbf{P = 6.615 \text{ atm}}$$

Η **απαιτούμενη επιφάνεια** της δεξαμενής είναι :

$$\mathbf{A = Q/u} = (40 \text{ m}^3/\text{h}) / (0.45 \times 10^{-3} \text{ m/s} * 3600 \text{ s/h}) = \mathbf{24.69 \text{ m}^2}$$

Η **φόρτιση στερεών** της δεξαμενής υπολογίζεται ως:

$$\mathbf{F = \frac{Q * \sigma_{\text{ΑΣ}}}{A}} = \frac{40 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 5000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mg}} * 10^3 \frac{\text{L}}{\text{m}^3} * \frac{24 \text{ h}}{\text{d}}}{24.69 \text{ m}^2} = \mathbf{194.4 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{d}} < 260 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{d} \text{ (ok)}$$

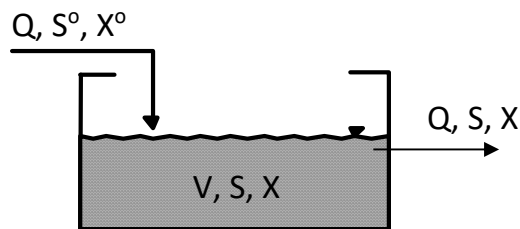
ΑΣΚΗΣΗ 2

Ενας αντιδραστήρας συνεχούς ροής με ανάδευση δέχεται υπόστρωμα συγκέντρωσης 500 mg/L BAO₅ με παροχή 63 L/s. Αν η συγκέντρωση του υποστρώματος στην έξοδο είναι 50 mg/L και οι Monod παράμετροι είναι $\mu_{max} = 0,4 \text{ h}^{-1}$, $k_s = 50 \text{ mg/L}$, $k_d = 0,01 \text{ h}^{-1}$ και $Y = 0,5$, να βρείτε :

- τη συγκέντρωση της βιομάζας στην απορροή
- τον όγκο του αντιδραστήρα
- τον χρόνο παραμονής
- F/M
- την αποδοτικότητα E.

Να βρείτε επίσης τη μέγιστη τιμή της παροχής πριν παρατηρηθεί έκπλυση των μικροοργανισμών και την τιμή της παροχής που αποδίδει μέγιστη παραγωγή βιομάζας (mg/L/h)

Λύση



Τα ισοζύγια μάζας για το υπόστρωμα (S) και τη βιομάζα (μικροοργανισμούς) (X) είναι:

$$V \frac{dS}{dt} = QS^{\circ} - QS - \frac{1}{Y} \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} X V \xrightarrow{\text{διαίρω με } V \text{ και } D = \frac{Q}{V}} \frac{dS}{dt} = D(S^{\circ} - S) - \frac{1}{Y} \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} X$$

$$V \frac{dX}{dt} = \cancel{QX^{\circ}} - QX + \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} X V - k_d X V \xrightarrow{\text{διαίρω με } V \text{ και } D = \frac{Q}{V}} \frac{dX}{dt} = -DX + \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} X - k_d X$$

όπου S° και X° οι συγκεντρώσεις στην τροφοδοσία.

Μόνιμη κατάσταση

$$D(S^{\circ} - S) - \frac{1}{Y} \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} X = 0 \quad (I)$$

$$-DX + \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} X - k_d X = 0 \quad (II)$$

$$\text{Για } X \neq 0 \text{ από τη (II) : } D = \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} - k_d = \frac{0,4 \text{ h}^{-1} * 50 \text{ mg/L}}{50 + 50 \text{ mg/L}} - 0,01 \text{ h}^{-1} = \boxed{0,19 \text{ h}^{-1}}$$

α) Αντικαθιστούμε το D στην (I) και βρίσκουμε το X :

$$X = \frac{Y * D * (S^0 - S) * (K_S + S)}{\mu_{max} * S} = \frac{0.5 * 0.19 h^{-1} (500 - 50) mg/L * (50 + 50) mg/L}{0.4 h^{-1} * 50 mg/L}$$

$$= \boxed{213.75 \text{ mg/L}}$$

γ) $D = 1/\theta \Rightarrow \theta = 1/D = 1/0.19 h^{-1} = \boxed{5.26 \text{ h}}$

β) $V = Q * \theta \Rightarrow V = 5.26 \text{ h} * 63 \text{ L/s} * 3600 \text{ s/h} * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{L} = \boxed{1192.97 \text{ m}^3}$

δ) Ο λόγος Τροφής / Μικροοργανισμούς (F/M) υπολογίζεται από :

$$\frac{F}{M} = \frac{D * S^0}{X} = \frac{0.19 h^{-1} * 500 mg/L}{213.75 mg/L} = \boxed{0.44 h^{-1}}$$

ε) Η αποδοτικότητα της διεργασίας (E) υπολογίζεται από :

$$E = \frac{S^0 - S}{S^0} = \frac{500 - 50}{500} \times 100 = \boxed{90\%}$$

Η τιμή της παροχής στην οποία παρατηρείται **έκπλυση** υπολογίζεται από το D_w (D στο οποίο $X = 0, S = S^0$) :

$$D_w = \frac{\mu_{max} S^0}{K_S + S^0} - k_d = \frac{0.4 h^{-1} * 500 mg/L}{50 + 500 mg/L} - 0.01 h^{-1} = \boxed{0.354 h^{-1}}$$

Και συνεπώς $Q_w = D_w * V = 0.354 h^{-1} * 1192.97 \text{ m}^3 * 24 \text{ h/d} = \boxed{10135.5 \text{ m}^3/\text{d}}$

Η παραγωγικότητα βιομάζας ($P = D * X$) υπολογίζεται (για $X^0=0$ και αγνοώντας το k_d) από :

$$P = DX = D * \frac{Y * D * (S^0 - S) * (K_S + S)}{\mu_{max} * S} = Y * D * \left(S^0 - \frac{DK_S}{\mu_{max} - D} \right)$$

Για $\frac{dP}{dD} = 0$ και λύνοντας ως προς D βρίσκουμε ότι ο ρυθμός αραιώσης που μεγιστοποιεί την παραγωγικότητα βιομάζας είναι:

$$D_{opt} = \mu_{max} * \left(1 - \sqrt{\frac{K_S}{K_S + S^o}}\right) = 0.4 \text{ h}^{-1} * \left(1 - \sqrt{\frac{50 \frac{mg}{L}}{50 \frac{mg}{L} + 500 \frac{mg}{L}}}\right) = \boxed{0.279 \text{ h}^{-1}}$$

Οπότε η αντίστοιχη τιμή της παροχής θα είναι:

$$Q_{opt} = D_{opt} * V = 0.279 \text{ h}^{-1} * 1192.97 \text{ m}^3 * 24 \text{ h/d} = \boxed{7988.1 \text{ m}^3/\text{d}}$$

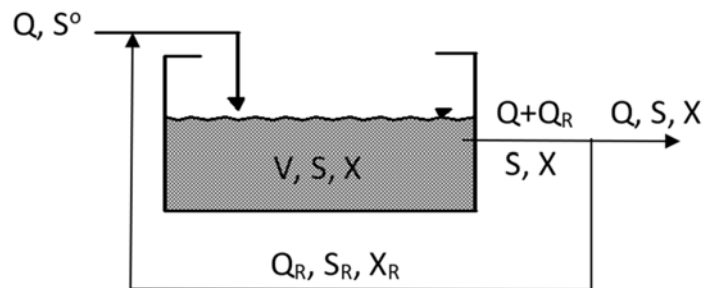
ΑΣΚΗΣΗ 3

Η παροχή σε έναν αντιδραστήρα συνεχούς λειτουργίας με ανάδευση είναι $0,088 \text{ m}^3/\text{s}$ και η συγκέντρωση του υποστρώματος 300 mg/L . Πραγματοποιείται ανακυκλοφορία από την απορροή του αντιδραστήρα με παροχή $0,013 \text{ m}^3/\text{s}$, η οποία περιέχει βιομάζα σε συγκέντρωση 174 mg/L .

Ποια η αποδοτικότητα (Ε) αποδόμησης του υποστρώματος, ο υδραυλικός χρόνος παραμονής και ο όγκος του αντιδραστήρα;

Οι κινητικές σταθερές είναι $\mu_{\max} = 0,4 \text{ h}^{-1}$, $k_s = 75 \text{ mg/L}$, $k_d = 0 \text{ h}^{-1}$ και $Y = 0,6$.

Λύση



Τα ισοζύγια μάζας για το υπόστρωμα (S) και τη βιομάζα (μικροοργανισμούς) (X) είναι:

$$V \frac{dS}{dt} = QS^0 + \cancel{Q_R S_R} - (Q + \cancel{Q_R})S - \frac{1}{Y} \frac{\mu_{\max} S}{K_S + S} X V \xrightarrow[\text{S}_R = S]{\text{δαιρώ με } V \text{ και } D = \frac{Q}{V}}$$

$$\frac{dS}{dt} = D(S^0 - S) - \frac{1}{Y} \frac{\mu_{\max} S}{K_S + S} X \quad (1)$$

$$V \frac{dX}{dt} = \cancel{QX^0} + \cancel{Q_R X_R} - (Q + \cancel{Q_R})X + \frac{\mu_{\max} S}{K_S + S} X V - \cancel{k_d X V} \xrightarrow[\text{X}_R = X]{\text{δαιρώ με } V \text{ και } D = \frac{Q}{V}}$$

$$\frac{dX}{dt} = -DX + \frac{\mu_{\max} S}{K_S + S} X \quad (2)$$

Μόνιμη κατάσταση

Στη μόνιμη κατάσταση από την (2) έχω για $X \neq 0$:

$$D = \frac{\mu_{\max} S}{K_S + S} \quad (3)$$

Στη μόνιμη κατάσταση από την (1) έχω :

$$D(S^0 - S) - \frac{1}{Y} \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} X \Rightarrow D(S^0 - S) = \frac{1}{Y} \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} X \stackrel{(3)}{\Rightarrow} D(S^0 - S) = \frac{1}{Y} D X \Rightarrow$$

$$X = Y(S^0 - S) \quad (4)$$

Για $X = 174 \text{ mg/L}$ μπορώ από την (4) να υπολογίσω το S :

$$174 = 0.6 * (300 - S) \Rightarrow S = 10 \text{ mg/L}$$

Η αποδοτικότητα της διεργασίας (E) υπολογίζεται από :

$$E = \frac{S^0 - S}{S^0} = \frac{300 - 10}{300} \times 100 = 96.7\%$$

Από την (3) έχω :

$$D = \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} = \frac{0.4 \text{ h}^{-1} * 10 \text{ mg/L}}{(75 + 10) \text{ mg/L}} = 0.047 \text{ h}^{-1}$$

Ο όγκος του αντιδραστήρα θα υπολογιστεί από :

$$D = Q/V \Rightarrow V = Q/D = (0.088 \text{ m}^3/\text{s} * 3600 \text{ s/h}) / 0.047 \text{ h}^{-1} = 6740.4 \text{ m}^3$$