มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 **ปีการศึกษา 2552**

วันที่ 25 กรกฎาคม 2552 **เวลา 9.00 – 12.00 น.**

วิชา 223-501 ADVANCED WASTEWATER TREATMENT AND ENGINEERING **ห้องสอบ A200**

คำชี้แจง

ข้อสอบทั้งหมดมี 8 ข้อ รวม 100 คะแนน ดังแสดงในตารางข้างล่าง

ข้อสอบมี 15 หน้า ไม่มีหน้าใดที่ไม่มีข้อความ ห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม

ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ

ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้นและพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา โทษสูงสุดให้ออก

ให้เขียนชื่อ-รหัส ที่หัวกระดาษทุกแผ่น

ห้ามหยิบหรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ

ถ้าพิจารณาเห็นว่าค่าคงที่ต่างๆ หรือข้อสมมุติฐานที่โจทย์กำหนดให้ไม่เพียงต่อการคิดคำนวณ ให้สมมุติขึ้นมาเองตามความเหมาะสม

ตารางแสดงคะแนนสอบกลางภาค

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	12	
2	12	
3	10	
4	12	
5	10	
6	10	
7	15	
8	19	
รวม	100	

จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์

กรกฎาคม 2552

ข้อที่ 1 โรงงานแปรรูปอาหารทะเลแห่งหนึ่งต้องการใช้ระบบ Dissolved air flotation (DAF) เป็นระบบบำบัดขั้นต้นของระบบบำบัดแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) **(12 คะแนน)**

<u>กำหนดให้</u>

- Wastewater flow rate มีค่าเท่ากับ 500 m^3/day
- Total suspended solids มีค่าเท่ากับ 400 g/m^3
- Optimum A/S ratio มีค่าเท่ากับ 0.01 mL/mg
- Temperature 30 ^{o}C, S_a มีค่าเท่ากับ 15.7 mL/L
- Recycle pressure มีค่าเท่ากับ 275 kPa
- Fraction of saturation มีค่าเท่ากับ 0.5
- ค่า loading มีค่าเท่ากับ 4 kg/m^2-h
- ค่า safety factor สำหรับพื้นที่มีค่าเท่ากับ 2
- ค่า Surface loading rate มีค่าอยู่ระหว่าง 20 – 150 L/m^2-min
- ระบบ Dissolved air flotation เป็นระบบที่มีการ recycle
- $\frac{A}{S} = \frac{1.3Sa(fp-1)R}{TSS(Q)}$
- $p = \frac{p+101.35}{101.35}$,p=pressure, atm
- ระบบทำงานวันละ 24 ชั่วโมง

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้เพื่อหาค่าดังต่อไปนี้

1.1 ค่าความดันที่ใช้ (atm)

1.2 อัตราการไหลรวมที่เข้าถัง (Q + R) (m^3/h)

1.3 Surface area ของถัง (m^2)

1.4 ให้ตรวจสอบว่า Surface loading rate (L/m^2-min) อยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่ ในกรณีที่ไม่เหมาะสมให้หาขนาดที่เหมาะสม

ข้อที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ของโรงงานแปรรูปอาหารทะเลในข้อที่ 1 ซึ่งใช้ระบบ Dissolved air flotation (DAF) เป็นระบบบำบัดขั้นต้น ให้นักศึกษาใช้ข้อมูลจากข้อที่ 1 และข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามต่อไปนี้ **(12 คะแนน)**

2.1 จงหาปริมาตรถังบำบัดน้ำเสีย (V_n และ V_L)

2.2 จงหาพื้นที่ของถังบำบัดน้ำเสีย เส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง (A, H_L และ H_T)

2.3 จงตรวจสอบว่าค่า alkalinity ของน้ำเสียเพียงพอที่ต่อความสมดุลของระบบหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอต้องเติมสารเพิ่ม alkalinity ลงไปเท่าไรในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน

2.4 กรณีที่ค่า COD ตามมาตรฐานน้ำทิ้งสำหรับโรงงานที่ตั้งอยู่ในเขตการนิคมอุตสาหกรรมต้องมีค่าไม่เกิน 300 mg/L น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบ UASB มีค่าผ่านมาตรฐานหรือไม่

<u>กำหนดให้</u>

- Wastewater flow rate, m^3/day	ให้ใช้ค่า อัตราการไหลรวมจากข้อที่ 1 (Q+R) ในกรณีที่หาค่าไม่ได้ให้ใช้เท่ากับ **<u>620</u>**
- COD, g/m^3	2,100
- Soluble COD, g/m^3	2,000
- Alkalinity, g/m^3as $CaCO_3$	250
- Organic loading rate, kg COD/m^3-day	12
- Upflow velocity, m/h	1.5
- Reactor volume effectiveness factor (E), percent	80
- Height for gas collection, m	2
- ค่า alkalinity ที่ระบบต้องการ, g/m^3	2000
- เวลาเก็บกักตะกอน θc, วัน	30

- $V_n = \frac{QS_0}{L_{org}}$, $V_L = \frac{V_n}{E}$, $A = \frac{Q}{velocity}$, $H_L = \frac{V_L}{A}$, $H_T=H_L+H_G$
- K_s = 500 mg/L, k = 3.125 g COD/g VSS.d, Y = 0.08 g VSS/ g COD, k_d = 0.04 g VSS/g VSS.d
- $s = \frac{K_s[1+(k_d)\theta_c]}{\theta_c(Yk-k_d)-1}$

ข้อที่ 3 จากข้อที่ 2 พบว่าทางโรงงานแปรรูปอาหารทะเลมีความกังวลเรื่องการดูแลระบบที่ค่อนข้างยากเนื่องจากความสลับซับซ้อนของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ดังนั้นทางโรงงานต้องการทางเลือกของระบบบำบัดแบบใช้อากาศ ให้นักศึกษาใช้ข้อมูลจากข้อที่ 1-2 และข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามต่อไปนี้ **(10 คะแนน)**

3.1 จงหาค่าเวลาในการเก็บกักตะกอน(θc) (4 คะแนน)

3.2 จงหาค่าเวลาในการเก็บกักน้ำ(θ)(3 คะแนน)

3.3 จงหาปริมาตรของถังเติมอากาศ (3 คะแนน)

<u>กำหนดให้</u>

- Wastewater flow rate, m^3/day	ให้ใช้ค่า อัตราการไหลรวมจากข้อที่ 1 (Q+R) ในกรณีที่หาค่าไม่ได้ให้ใช้เท่ากับ **<u>620</u>**
- ค่า Q_R จากถังตกตะกอน, m^3/day	110
- COD, g/m^3	2,100
- Soluble COD, g/m^3	2,000
- Alkalinity, g/m^3 as $CaCO_3$	250
- MLSS, g/m^3	3,000
- MLVSS, g/m^3	2,500
- The plant permits standard COD_5, mg/L	300

- COD of suspended solid equal to 20% of soluble COD
- μ_{max} = 3.0 day^{-1}, Ks = 60 mg/L (g/m^3), Y = 0.60 mgMLVSS/mgBOD_5, K_d = 0.06 day^{-1}
- $\frac{1}{\theta_c} = \mu - k_d$, $\mu = \frac{\mu_{\max} S}{K_s + S}$
- $\theta = \frac{\theta c}{X} \frac{Y(S_0 - S)}{1 + kd\theta c}$, $\theta = \frac{V}{Q}$

ข้อที่ 4 จากการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียที่เข้าระบบในข้อที่ 3 พบว่า มีสูตรโมเลกุล $C_{12}H_{22}O_{11}$ ดังนั้นในการย่อยสลายสาร $C_{12}H_{22}O_{11}$ 1 kg ระบบต้องการออกซิเจนตามทฤษฎี (Theoretical Oxygen Demand) เท่าไร (ให้ตอบในหน่วยกิโลกรัม และ ลบ.ม) และต้องการอากาศเท่าไร (ให้ตอบในหน่วย ลบ.ม.) กรณีที่น้ำเสียมีอัตราการไหล 730 m^3/d COD ในน้ำเสีย 2,000 g/m^3 และ COD ของน้ำที่ผ่านการบำบัด มีค่าเท่ากับ 240 g/m^3 ระบบต้องการออกซิเจนตามทฤษฎี (Theoretical Oxygen Demand) เท่าไร (ให้ตอบในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน และลบ.ม.ต่อวัน) และต้องการอากาศเท่าไร (ให้ตอบในหน่วย ลบ.ม.ต่อวัน) **(12 คะแนน)**

กำหนดให้ อากาศมีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ 20 % และความหนาแน่นของอากาศมีค่าเท่ากับ 1.225 kg/m^3

ข้อที่ 5 ให้นักศึกษาใช้ข้อมูลในข้อที่ 3 และข้อมูลที่กำหนดให้ในการตอบคำถามต่อไปนี้ **(10 คะแนน)**

5.1 จงหาค่า Limiting Flux ($kg/h\text{-}m^2$) และค่า Flux ที่เป็นค่าแนะนำในการปฏิบัติงานจริง

5.2 จงหาพื้นที่และเส้นผ่านศูนย์กลางของถังตกตะกอน

กำหนดให้

- Wastewater flow rate, m^3/day 730
- MLSS, g/m^3 3,000
- กำหนดให้ค่าความเร็วในการสูบตะกอน, m/h 0.5
- ค่าที่เหมาะสมในการใช้งาน, $kg/m^2\text{-}h$ 2 ใน 3 ส่วนของ Limiting flux
- ค่าความเข้มข้นและความเร็วในการตกตะกอนแสดงดังตาราง

ตาราง ความเข้มข้นของตะกอน ความเร็วในการตกตะกอน

การทดลอง	ความเข้มข้นตะกอน (C, mg/L)	ความเร็ว (V, m/h)
1	10,000	0.14
2	8,000	0.27
3	6,500	0.50
4	4,200	1.10
5	3,000	3.20
6	1,600	4.60

ข้อที่ 6 ชุมชนแห่งหนึ่งมีประชากร 3,000 คน ประชากร 1 คนใช้น้ำประปาเท่ากับ 250 L/day โดยน้ำทิ้งจากบ้านเรือนถูกรวบรวมเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย นักศึกษาถูกมอบหมายงานให้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Tricking Filter จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้หาค่าพื้นและเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง **(10 คะแนน)**

กำหนดให้

- ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ, m^3/day — 0.8 (น้ำประปาที่ใช้ไป)
- ค่า BOD_5, mg/Lน้ำเสีย — 250
- ค่า BOD_5 น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว, mg/L — 20
- ถังตกตะกอนขั้นต้นกำจัด BOD_5 ได้ร้อยละ — 30
- Filter depth (D), m — 6
- Recycle ratio, m^3/d (R/Q) — 1
- ค่า K — 2.35
- n — 0.5
- ให้ใช้ถังสองถังทำงานแบบขนานกัน

$$\frac{S_t}{S_0} = e^{-KD/Q_L^n}$$

ข้อที่ 7 น้ำเสียจากโรงงานแห่งหนึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

- Wastewater flow rate, m^3/day 2,000
- Total suspended solids (TSS), g/m^3 400
- Wastewater alkalinity, g/m^3 as $CaCO_3$ 50
- Alum Al_2SO_4 $18H_2O$ added for removing TSS only, kg/1000 m^3 30
- Phosphorus in wastewater, g P/m^3 10
- Raw sludge properties: Specific gravity 1.03
  Moisture content, percent 94
- Chemical sludge properties: Specific gravity 1.05
  Moisture content, percent 92.5

กำหนด

- 60 เปอร์เซ็นต์ของ Total suspended solids (TSS) สามารถตกตะกอนได้ใน primary sedimentation tank โดยไม่ต้องใช้ alum
- 90 เปอร์เซ็นต์ของ Total suspended solids (TSS) สามารถตกตะกอนได้ใน primary sedimentation tank โดยใช้ alum
- สมการการเติม alum เพื่อการ precipitation

  $3Ca(HCO_3)_2 + Al_2(SO_4)_3 18H_2O$ <--------> $2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6\ CO_2 + 18H_2O$

  (3 x 100 as $CaCO_3$) (666.5) (2 x 78) 3x136 6x44 18x18
- สมการการเติม alum กับ Lime

  $Al_2(SO_4)_3 18H_2O + 3Ca(OH)_2$ <--------> $2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 18H_2O$

  (666.5) (3 x56 as CaO) (2 x 78) 3x136 18x18
- จากการทดลองพบว่าการกำจัด Phosphorus (P) 1 kg ต้องการ 18 kg ของ $Al_2(SO_4)_3 18H_2O$
- $\rho_{น้ำ}$ = 1000 kg/m^3

จงตอบคำถามต่อไปนี้ (15 คะแนน)

7.1 จงหามวลของ TSS (kg/day) ที่ถูกกำจัดโดยไม่เติม alum และเติม alum **(3 คะแนน)**

7.2 จงตรวจสอบว่า alkalinity ในน้ำเสียมีเพียงพอต่อการกำจัด TSS โดยการเติม alum หรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอต้องเติม $Ca(OH)_2$ ลงไปเท่าไร (kg/day) **(3 คะแนน)**

7.3 จงหาค่า $Al(OH)_3$ ที่เกิดขึ้น (kg/day) **(3 คะแนน)**

7.4 จงหาปริมาตรของตะกอน TSS ที่เกิดขึ้นจากการตกตะกอนโดยไม่เติม alum และเติม alum ใน 1 วัน **(3 คะแนน)**

7.5 จงหาปริมาณ alum ที่ต้องเติมเพิ่ม (kg/day) เพื่อใช้กำจัด phosphorus **(3 คะแนน)**

ข้อที่ 8 จงตอบคำถามต่อไปนี้

8.1 จงเขียนกลไกในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ในน้ำเสียทั้ง 4 กลไก พร้อมทั้งเขียนรูปแสดงการเปรียบเทียบปริมาณโคแอกกูเลนต์ที่ใช้ในกลไกทั้ง 4 กลไกเพื่อกำจัดความขุ่น **(8 คะแนน)**

8.2 โดยทั่วไปปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพในงานด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมเป็นปฏิกิริยาลำดับใด ให้เขียนสมการอธิบาย กรณีที่การย่อยสลายลดสารตั้งต้นลงเหลือครึ่งหนึ่ง (haft life) เวลาที่ใช้จะคำนวณได้อย่างไร **(6 คะแนน)**

8.3 จงจับคู่มลพิษที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วกับ Unit operation process ที่สามารถใช้กำจัดมลพิษดังกล่าวได้โดยพิจารณาจากความเหมาะสม ความเป็นพิษและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ **(5 คะแนน)**

..... A Suspended and Colloids solids
.....B Total organic carbon
.....C Heavy metal
.....D Bacteria
.....E Volatile organic compound (VOC)

1. Air striping
2. Activated carbon adsorption
3. Ion exchange
4. Surface filtration
5. Electrolysis

ข้อพิเศษ นักศึกษาคิดว่าผู้ควบคุมระบบมีความชอบที่จะควบคุม Unit operation processes ใดมากที่สุด ให้ตอบแค่ 1 คำตอบไม่ต้องอธิบาย