



มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำปีภาคการศึกษาที่ 1

วันที่ 27 กรกฎาคม 2556

วิชา 223-501 ADVANCED WASTEWATER TREATMENT AND ENGINEERING

ปีการศึกษา 2556

เวลา 9.00 – 12.00 น.

ห้องสอบ A203

คำชี้แจง

ข้อสอบทั้งหมดมี 7 ข้อ รวม 100 คะแนน ดังแสดงในตารางข้างล่าง

ข้อสอบมี 13 หน้า ไม่มีหน้าใดที่ไม่มีข้อความ ห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม

ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ พุจริตจะได้ E ทุกกรณี

พุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้นและพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา โทษสูงสุดให้ออก

ให้เขียนชื่อ-รหัส ที่หัวกระดาษทุกแผ่น

ห้ามหยิบหรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ

ถ้าพิจารณาเห็นว่าค่าคงที่ต่างๆ หรือข้อสมมุติฐานที่โจทย์กำหนดให้ไม่เพียงพอต่อการคิดคำนวณ ให้สมมุติขึ้นมาเองตามความเหมาะสม

ตารางแสดงคะแนนสอบกลางภาค

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	25	
2	15	
3	12	
4	15	
5	10	
6	10	
7	13	
รวม	100	

จรงค์พันธ์ มุสิกวงค์

กรกฎาคม 2556

ข้อที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ (25 คะแนน)

1.1 การบำบัดน้ำเสียขั้นสูงต่างจากการบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปอย่างไร จงอธิบายโดยสังเขป (3 คะแนน)

วิธีทำ

1.2 กรณีที่ออกแบบให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพร้อยละ 90 ถึงปฏิกิริยาแบบ CSTR หรือ Plug Flow แบบใดต้องใช้เวลาในการเก็บกักมากกว่ากัน จงแสดงการคำนวณ (3 คะแนน)

กำหนดให้

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1+k\theta}, \quad \frac{C}{C_0} = e^{-k\theta}, \quad \text{first order reaction rate} = 1 \text{ day}^{-1}$$

1.3 ถังตกตะกอนของระบบตะกอนเร่ง (activated sludge) เป็นถังตกตะกอนประเภทใด การหาขนาดถังตกตะกอนต้องพิจารณาจากค่าใด เมื่อกำหนดให้ค่าอัตราการไหลของน้ำจากถังเติมอากาศมีค่าเท่ากับ Q (น้ำเข้าระบบ) + Q (น้ำจากการรีไซเคิล) จงแสดงว่าจะใช้ค่า Q ในการออกแบบอย่างไร (4 คะแนน)

1.3 จงจับคู่มลพิษที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วกับ Unit operation process ที่สามารถกำจัดมลพิษดังกล่าวได้ โดยพิจารณาจากความเหมาะสม ความเป็นพิษและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ (5 คะแนน)

..... A Suspended and Colloids solids	1. Air stripping
.....B Total organic carbon	2. Activated carbon adsorption
.....C Heavy metal	3. Ion exchange
.....D Bacteria	4. Surface filtration
.....E Volatile organic compound (VOC)	5. Electrolysis

1.4 โรงงานผลิตถุงมือยางแห่งหนึ่งต้องการเลือกระบบบำบัดขั้นต้นเพื่อกำจัดตะกอนออกจากน้ำเสีย โดยเปรียบเทียบระหว่างระบบ primary sedimentation และ dissolved air flotation (DAF)

กำหนดให้

- Wastewater flow rate มีค่าเท่ากับ $1,500 \text{ m}^3/\text{day}$
- Chemical oxygen demand มีค่าเท่ากับ $3,000 \text{ mg/L}$
- Total suspended solids มีค่าเท่ากับ $1,000 \text{ g/m}^3$
- Optimum A/S ratio มีค่าเท่ากับ 0.01 mL/mg
- Temperature $30 \text{ }^\circ\text{C}$, S_a มีค่าเท่ากับ 15.7 mL/L
- Recycle pressure มีค่าเท่ากับ 275 kPa
- Fraction of saturation มีค่าเท่ากับ 0.5
- ค่า loading มีค่าเท่ากับ $5 \text{ kg/m}^2\text{-h}$
- ค่า safety factor สำหรับพื้นที่มีค่าเท่ากับ 2
- ค่า surface loading rate มีค่าอยู่ระหว่าง $20 - 150 \text{ L/m}^2\text{-min}$
- ระบบ Dissolved air flotation เป็นระบบที่มีการ recycle
- $$\frac{A}{S} = \frac{1.3Sa(fp - 1)R}{TSS(Q)}$$
- $$p = \frac{p + 101.35}{101.35}, p = \text{pressure, atm}$$
- ระบบทำงานวันละ 24 ชั่วโมง
- ค่า Surface loading rate ถึงเท่ากับ 1.25 m/h หรือ $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-h}$ สำหรับถังตกตะกอน

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้เพื่อหาค่าดังต่อไปนี้ (10 คะแนน)

- 1) ค่าความดันที่ใช้ (atm) ของถัง DAF
- 2) อัตราการไหลรวมที่เข้าถัง DAF ($Q + R$) (m^3/h)
- 3) Surface area ของถัง DAF (m^2)
- 4) ค่า surface loading rate $\text{L/m}^2\text{-min}$ อยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่ ในกรณีที่ไม่เหมาะสมให้หาขนาดที่เหมาะสม
- 5) พื้นที่ของถัง primary sedimentation
- 6) ข้อดี-ข้อเสียในการเลือกใช้ระบบ DAF หรือ primary sedimentation

ข้อที่ 2 โรงงานในข้อที่ 1.4 ต้องการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) เพื่อบำบัดน้ำที่ผ่านจากการบำบัดขั้นต้นในข้อที่ 1.4 โดยมีน้ำเสียเข้าระบบเพิ่มเติมจากการล้างกระบวนการผลิต (wastewater from washing) ดังลักษณะที่กำหนดให้ ให้นักศึกษาใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามต่อไปนี้ (15 คะแนน)

- 2.1 จงหา COD_{mix} และ ปริมาตรถังบำบัดน้ำเสีย (V_n และ V_L)
- 2.2 จงหาพื้นที่ของถังบำบัดน้ำเสีย เส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง (A , H_L และ H_T)
- 2.3 จงตรวจสอบว่าค่า alkalinity ของน้ำเสียเพียงพอต่อความสมดุลของระบบหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอต้องเติมสารเพิ่ม alkalinity ลงไปเท่าไรในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน
- 2.4 กรณีที่ค่า COD ตามมาตรฐานน้ำทิ้งสำหรับโรงงานที่ตั้งอยู่ในเขตการนิคมอุตสาหกรรมต้องมีค่าไม่เกิน 300 mg/L น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบ UASB มีค่าผ่านมาตรฐานหรือไม่

กำหนดให้

Wastewater from primary treatment

- Wastewater flow rate, m^3/day 1,500
- Soluble COD, mg/L 1,500
- Alkalinity, g/m^3 as $CaCO_3$ 300

Wastewater from washing

- Wastewater flow rate, m^3/day 500
- Soluble COD, g/m^3 6,000
- Alkalinity, g/m^3 as $CaCO_3$ 300

Process

- Organic loading rate, $kg\ COD/m^3\text{-day}$ 8
- Upflow velocity, m/h 0.8
- Reactor volume effectiveness factor (E), percent 85
- Height for gas collection, m 2
- ความสูงของถังต้องมีค่าน้อยกว่า, เมตร 10 เมตร
- ค่าความเป็นด่างที่ระบบต้องการ, g/m^3 3,000
- เวลาเก็บกักตะกอน θ_c , วัน 52
- $V_n = \frac{QS_0}{L_{org}}$, $V_L = \frac{V_n}{E}$, $A = \frac{Q}{velocity}$, $H_L = \frac{V_L}{A}$, $H_T = H_L + H_G$
- $K_s = 500\ mg/L$, $k = 3.125\ g\ COD/g\ VSS.d$, $Y = 0.08\ g\ VSS/g\ COD$, $k_d = 0.04\ g\ VSS/g\ VSS.d$
- $s = \frac{K_s [1 + (k_d)\theta_c]}{\theta_c (Yk - k_d) - 1}$
- $COD_{mix} = \frac{Q_{primary\ treatment} COD_{primary\ treatment} + Q_{washing} COD_{washing}}{Q_{primary\ treatment} + Q_{washing}}$

ข้อที่ 3 จากข้อที่ 2 พบว่าทางโรงงานต้องการทางเลือกในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบบำบัดแบบใช้อากาศประเภท Sequencing Batch Reactor (SBR) ให้นักศึกษาใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามต่อไปนี้ (12 คะแนน)

- 3.1 จงหาจำนวนรอบการดำเนินการต่อถัง และ จำนวนรอบการดำเนินการทั้งหมด (3 คะแนน)
- 3.2 จงหาค่า fill volume ต่อ รอบ (2 คะแนน)
- 3.3 จงหาปริมาตรถัง SBR (2 คะแนน)
- 3.4 Hydraulic retention time และ BOD volumetric loading เป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบหรือไม่ ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ให้แสดงข้อเสนอแนะ (3 คะแนน)
- 3.5 จากการออกแบบจงแสดงข้อคิดเห็นว่าควรคำนึงถึงปัจจัยใดเพิ่มเติม (2 คะแนน)

กำหนดให้

- Wastewater flow rate, m ³ /day	2,000
- Biodegradable BOD, g/m ³	1,350
- ถัง SBR, ถัง	2
- t _A , ชั่วโมง	2
- t _S , ชั่วโมง	0.5
- t _D , ชั่วโมง	0.5
- t _i , ชั่วโมง	0
- V _F /V _T	0.3
- Range of hydraulic retention time (HRT), h	15-40
- Range of BOD volumetric loading, kg BOD/m ³ -day	0.1-0.3
- t _F = t _A + t _S + t _D	
- t _C = t _A + t _S + t _D + t _F	

ข้อที่ 4 (15 คะแนน)

4.1 กำหนดให้สารอินทรีย์ที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสียในข้อ 4 มีสูตรเคมี $C_{12}H_{22}O_{11}$ (10 คะแนน)

- 1) จงหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการทางทฤษฎี (theoretical oxygen demand) ในการย่อยสลาย $C_{12}H_{22}O_{11}$ 2 kg (ให้ตอบในหน่วยกิโลกรัม) และต้องการอากาศเท่าไร (ให้ตอบในหน่วยกิโลกรัม) เมื่อกำหนดให้อากาศมีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
- 2) กำหนดให้สารอินทรีย์ในข้อที่ 3 มีลักษณะเหมือนกับสารอินทรีย์ในข้อนี้ การย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งหมดในข้อที่ 3 ต้องการปริมาณออกซิเจนทางทฤษฎีเท่าไร

4.2 ปัจจัยใดมีความสำคัญในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อกำจัดคาร์บอนอย่างเดี่ยว และ การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อกำจัดคาร์บอนและไนโตรเจนโดยระบบใช้อากาศ และจงอธิบายว่าสำคัญอย่างไร (5 คะแนน)

ข้อที่ 6 โรงงานต้องการใช้ระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (aerated lagoon) เพื่อบำบัดน้ำออกจากระบบ UASB ในข้อที่ 2 ให้ได้ค่าน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งโดยทั่วไป ให้นักศึกษาใช้ค่าที่กำหนดให้ตอบคำถามต่อไปนี้ (10 คะแนน)

- 6.1 จงหาค่าเวลาในการเก็บกักตะกอน (solid retention time, SRT or θ_c)
- 6.2 จงหาปริมาตรของบ่อเติมอากาศ
- 6.3 จงหาปริมาณความต้องการออกซิเจนทางทฤษฎีต่อวัน และให้ประมาณความต้องการออกซิเจนที่ต้องใช้จริง
- 6.4 จงหาว่าค่า BOD ในน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานหรือไม่

กำหนดให้

- Wastewater flow rate, m³/day 2,000
- Soluble COD, g/m³ 155
- BOD₅/COD 0.5
- The plant permits standard BOD₅, mg/L 8
- Depth of Lagoon, m 3
- θ , day 5
- Water temperature in summer °C 35
- Water temperature in rainy season °C 25
- $Y = 0.65 \text{ mg}_{\text{MLVSS}}/\text{mg}_{\text{BOD}_5}$, $K_s = 100 \text{ mg/L (g/m}^3)$, $k = 6.0 \text{ g/g}$, $K_d = 0.07 \text{ day}^{-1}$ for 25 °C
- First order observed soluble BOD removal-rate constant $k_{20} = 2.5 \text{ d}^{-1}$ at 20 °C
- $S = \frac{S_0}{[1 + (k)\theta]}$
- $k_2 = k_1 1.06^{(T_2 - T_1)}$
- Oxygen demand = 1.5 Q (S₀-S)
- SOTR = 2AOTR

ข้อที่ 7 ชุมชนแห่งหนึ่งมีประชากร 20,000 คน ประชากร 1 คนใช้น้ำประปาเท่ากับ 200 L/day โดยน้ำทิ้งจากบ้านเรือนได้ถูกรวบรวมเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย นักศึกษาถูกมอบหมายงานให้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Tricking Filter จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ออกแบบหาเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง Tricking Filter ที่จัดวางได้พอดีในพื้นที่ที่กำหนด (12 คะแนน)

กำหนดให้

- | | |
|---|------------------------|
| - ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ, m ³ /day | 0.8 (น้ำประปาที่ใช้ไป) |
| - ค่า BOD, mg/L น้ำเสีย | 500 |
| - ค่า BOD น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว, mg/L | 20 |
| - ถึงตกตะกอนขั้นต้นไม่กำจัด BOD | |
| - Filter depth (D), m | 4-6 |
| - Recycle ratio, m ³ /d (R/Q) | 1 |
| - ค่า K | 2.35 |
| - n | 0.5 |
| - พื้นที่ที่ใช้ในการวางถัง, เมตร x เมตร | 12 x 12 |

$$\frac{S_t}{S_0} = e^{-KDIQ_L^n}$$