

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การทดสอบความรู้ชั้นปริญญาตรี

สอบครั้งที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551

วิชา วท.434 การทำความเย็นและการปรับอากาศ

Section 0600

วันศุกร์ที่ 29 สิงหาคม 2551

เวลา 17.00 – 20.00

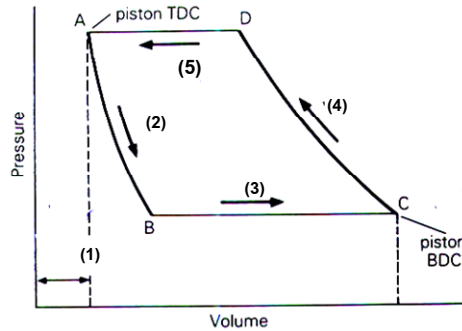
ชื่อ _____ เลขทะเบียน _____ เลขที่นั่งสอบ _____

คำสั่ง

1. ให้นักศึกษาเขียน ชื่อ เลขทะเบียน เลขที่นั่งสอบให้ชัดเจน ลงในสมุดและเอกสารคำตอบ
2. ข้อสอบประกอบด้วย คำถาม กราฟและตาราง
3. คำถามมีทั้งหมดจำนวน 8 ข้อ จำนวน 3 หน้า
4. สูตรการคำนวณ 1 หน้า
5. เอกสารแนบสำหรับคำตอบข้อ 8 จำนวน 1 หน้า
6. กราฟและตารางมีทั้งหมด 29 หน้า
7. ให้ทำข้อสอบทุกข้อ ลงในสมุดคำตอบ (ไม่ต้องลอกโจทย์และรูปภาพ) ยกเว้นข้อ 8 ให้ทำในเอกสารแนบ
8. อนุญาตให้นำเครื่องคำนวณทุกชนิดเข้าสอบ
9. ถ้าหากข้อมูลใดๆ ไม่แสดงในข้อสอบ ให้นักศึกษากำหนดค่าเองอย่างเหมาะสม และต้องมีหลักการ
10. ให้เขียนคำตอบด้วยลายมือที่ชัดเจน ถ้าหากอาจารย์ผู้ตรวจอ่านไม่ออกถือว่าไม่ได้คะแนน
11. ห้ามนำเอกสารใด ๆ เข้าห้องสอบอย่างเด็ดขาด ถ้าตรวจพบจะถือว่าทุจริต
12. ไม่อนุญาตให้นักศึกษาออกนอกห้องสอบก่อนส่งเอกสารคำตอบ

ห้ามยืมสิ่งของใด ๆ ระหว่างการสอบ ผู้ที่ยืมสิ่งของใด ๆ จากผู้อื่นถือว่าทุจริต

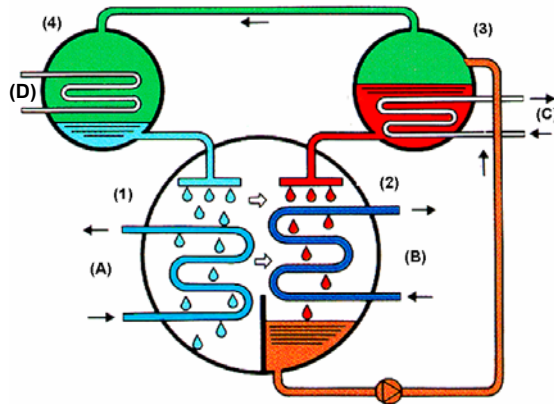
1. จงใช้รูปด้านล่างซึ่งแสดงภาพการทำงานของเครื่องอัดลูกสูบแบบอัดคอมคิต (Ideal reciprocating compressor) สำหรับระบบทำความเย็น ตอบปัญหาดังต่อไปนี้ (2 คะแนน)



รูปปัญหาที่ 1

- 1.1 จงอธิบายสภาวะของสารทำความเย็นที่เกิดขึ้นในกระบวนการ (2)
 - 1.2 เพราะเหตุใดที่กระบวนการ (3) และ (5) ความดันในกระบอกสูบมีค่าคงที่
 - 1.3 ถ้าหาก Clearance volume มีค่ามากขึ้นจะมีผลอย่างไรต่อประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric efficiency)
 - 1.4 เพราะเหตุใดในเครื่องอัดแบบลูกสูบ ปริมาณสารทำความเย็นที่ไหลเข้ากระบอกสูบมีค่าน้อยกว่าปริมาตรที่ลูกสูบเคลื่อนที่ได้ (Displacement volume)
2. สำหรับคอยล์เย็น (Cold coil or Evaporating coil) (1.5 คะแนน)
 - 2.1 จะเกิดผลเสียอะไร ถ้าหากมีน้ำแข็งเกาะที่ผิวคอยล์เย็นในปริมาณมาก
 - 2.2 จงอธิบายวิธีการละลายน้ำแข็งที่เกิดขึ้นที่ท่อคอยล์เย็น (Evaporating coil) ที่ใช้สำหรับห้องแช่เย็นขนาดใหญ่มา 2 วิธี
3. สำหรับ Drier ในระบบทำความเย็น (1 คะแนน)
 - 3.1 จงบอกหน้าที่ของ Drier
 - 3.2 ถ้าหากไม่มี Drier อาจเกิดผลเสียอย่างไรต่อระบบทำความเย็น
4. สำหรับ Sight glass ในระบบทำความเย็น (2 คะแนน)
 - 4.1 จงบอกหน้าที่และตำแหน่งการติดตั้ง Sight glass
 - 4.2 ถ้าหากสารทำความเย็นที่มองจาก Sight glass มีลักษณะเป็นฟองแล้ว จงบอกสาเหตุที่ทำให้เกิดฟองมาอย่างน้อย 2 สาเหตุ
5. จากรูปแสดงแผนภาพของเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน (Absorption Chiller) ที่ใช้ LiBr และ น้ำเป็นของไหลทำงาน จงตอบคำถามด้านล่าง (4 คะแนน)
 - 5.1 จงใส่ชื่ออุปกรณ์หลักในเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนตาม หมายเลข (1) ถึง (4)
 - 5.2 จงใส่ชื่อลักษณะการถ่ายเทความร้อน (ถ่ายเทเข้าหรือออก จากไหนไปไหน จากแหล่งความร้อนใด) ในกระบวนการ (A) ถึง (D)
 - 5.3 จงอธิบายการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน (Absorption chiller)

Simplified absorption cycle



รูปปัญหา 5

- 6 จงคำนวณหาค่าตัวเลขนัสเสท (Nusselt number) ของของไหลที่ไหลผ่านท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (Inner diameter) 50 มิลลิเมตร และความเร็วของของไหลมีค่า 3 เมตรต่อวินาที
- 6.1 ถ้าของไหลเป็นน้ำที่มีอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และความหนืด 0.0016 Pa.s และกำหนดให้ค่าการนำความร้อนของน้ำมีค่า 0.584 วัตต์ต่อเมตร เคลวิน ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่า 4.19 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ความหนาแน่นของน้ำ 999 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (2 คะแนน)
- 6.2 ถ้าสารทำความเย็นเป็นของผสมระหว่างน้ำและสารป้องกันการแข็ง ethylene glycol ที่มีความเข้มข้น 50% และมีอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส (3 คะแนน)
- 7 จากแคตตาล็อก (Catalog) ของผู้ผลิตระบบทำความเย็น น้ำอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสไหลผ่านท่อของเครื่องแลกเปลี่ยนเปลี่ยนความร้อนจะเกิดค่าความดันลด (Pressure drop) เท่ากับ 70 กิโลปาสคาล และสมมติว่าถ้าต้องการนำสารป้องกันการแข็งมาใช้ซึ่งเป็น ethylene glycol-water solution ที่มีความเข้มข้น 40% และอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนี้ จงหาความดันลด (Pressure drop) ที่เกิดขึ้น ที่อัตราการไหลโดยมวลของ ethylene glycol-water solution มีค่าเท่ากับอัตราการไหลโดยมวลของน้ำ
- กำหนดให้ เป็นการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) ความหนืดของน้ำที่ 15 องศาเซลเซียสมีค่า 0.0016 ปาสคาล.วินาที และความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 999 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (5 คะแนน)
- 8 ห้องเย็นขนาด 3 เมตร (กว้าง) × 20 เมตร (ยาว) × 4 เมตร (สูง) ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของตัวอาคารโรงงาน ประตูทางเข้าห้องเย็นอยู่ด้านในของตัวโรงงาน อุณหภูมิทำความเย็นในห้องเย็นมีค่า 2 องศาเซลเซียส ผนังด้านทิศใต้ (3 เมตร × 4 เมตร) ถูกใช้ร่วมเป็นผนังของอาคารที่ติดกับด้านนอกของตัวอาคาร ส่วนผนังทางด้านทิศเหนือ (3 เมตร × 4 เมตร) ติดกับบริเวณที่พาสลินค้าซึ่งมีอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ผนังที่ผนัง พื้น และเพดานห้องเย็นแต่ละด้านมีความหนา 150 มิลลิเมตร ทำจากอิฐบล็อกและหุ้มด้วยแผ่นโพลียูรีเทน (Expanded polyurethane) ซึ่งคิดเป็นความหนาผนังรวมเทียบเท่า 150 มิลลิเมตร (150 mm Expanded polyurethane equivalent) อุณหภูมิภายในอาคารของโรงงานมีค่า 30 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิภายนอกอาคารหน้าร้อนมีค่าเฉลี่ย 35 องศาเซลเซียส ในหน้าหนาวมีอุณหภูมิก่อนอากาศภายนอกอาคารมีค่า 0 องศาเซลเซียส องุ่น (Grape: American Eastern) ซึ่ง

บรรจุในกล่องจำนวน 5000 กล่อง ถูกนำไปเก็บในห้องเย็นนี้ เป็นเวลา 1 วันก่อนที่จะนำส่งไปขาย โดย
อุณหภูมิของอากาศในห้องเย็น 30 องศาเซลเซียส น้ำหนักของกล่อง ในแต่ละกล่อง (เฉพาะกล่อง) มี
น้ำหนักเฉลี่ย 27 กิโลกรัม กล่องเปล่าแต่ละกล่องมีน้ำหนัก 2 กิโลกรัม ภายในห้องเย็นมีหลอดไฟขนาด
100 วัตต์จำนวน 5 ดวง โดยถูกใช้งานวันละ 5 ชั่วโมง และ มีคนงานทำงานในห้องเย็นจำนวน 2 คน
เฉลี่ยต่อคนทำงานวันละ 5 ชั่วโมง การใช้งานเครื่องทำความเย็นคิดเฉลี่ยเป็น 20 ชั่วโมงต่อวัน จงกรอก
ข้อมูลต่างๆ ลงในช่องว่างของเอกสารแนบ ข้อ 8 และไม่ต้องแสดงวิธีทำ (10 คะแนน)

กำหนดให้

- ความสูงของตัวอาคารของโรงงานมีค่า 7 เมตร
- ผลของความเร็วของอากาศที่ไหลภายในและภายนอกห้องเย็นไม่นำมาพิจารณา
- ประเภทของผนังด้านนอกของโรงงานเป็นแบบ Light – colored surface
- ด้านในและด้านนอกตัวโรงงานมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ 50%
- การแช่เย็นของน้ำเป็นแบบช่วงสั้น (Short storage)
- ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat transfer) ของกล่องใส่ของมีค่า 2.5 กิโลจูลล์ต่อกิโลกรัม เคลวิน
- กำหนดให้ใช้ Chilling rate factor ของของและกล่องใส่มีค่าเท่ากัน
- ค่าเผื่อสำหรับภาวะความเย็น (Safety factor) = 10%

Cooling load calculatin for Refrigeration system

item	Name of Load					
1	Wall gain load	U	A	TD	Load [kW]	
	Unit					
	North					
	East					
	South					
	West					
	Ceiling					
	Foor					
	Sum of wall gain load					
2	Product load	mass	Cp	TD	Chilling rate factor	Load [kW]
	Unit					
	Sum of product load					
3	Respiration load	mass		Respiration rate	Load [kW]	
	Unit					
	Sum of respiration load					
3	Air change load	Volume	Air change factor	Air change rate	Load [kW]	
	Unit					
4	Miscellenous load	Number	heat equilavent	Operating time	Load [kW]	
	Unit					
	Sum of Miscellenous load					
5	Sum of cooling load [kW]					
6	Safety factor [kW]					
7	Total cooling load [kW]					
8	Required Refrigeration capacity [kW]					

สูตรการคำนวณ

Pressure drop in straight pipe for anti-freezer – water solution

$$\frac{\Delta p_a}{\Delta p_w} = \frac{f_a \frac{L_a}{D_a} \frac{V_a^2}{2} \rho_a}{f_w \frac{L_w}{D_w} \frac{V_w^2}{2} \rho_w} = \frac{f_a V_a^2 \rho_a}{f_w V_w^2 \rho_w}$$

Friction factor for low turbulent Reynolds number

$$f = \frac{0.33}{\text{Re}^{0.25}}$$

Heat transfer coefficient

$$h = 0.023 \frac{k}{D} \left(\frac{VD\rho}{\mu} \right)^{0.8} \left(\frac{c_p \mu}{k} \right)^{0.4}$$

Cooling load calculation

Air change load = (Infiltration rate)(Enthalpy change)

$$\text{Product load} = \frac{mc\Delta T}{(\text{design cooling time in seconds})(\text{chilling rate factor})}$$

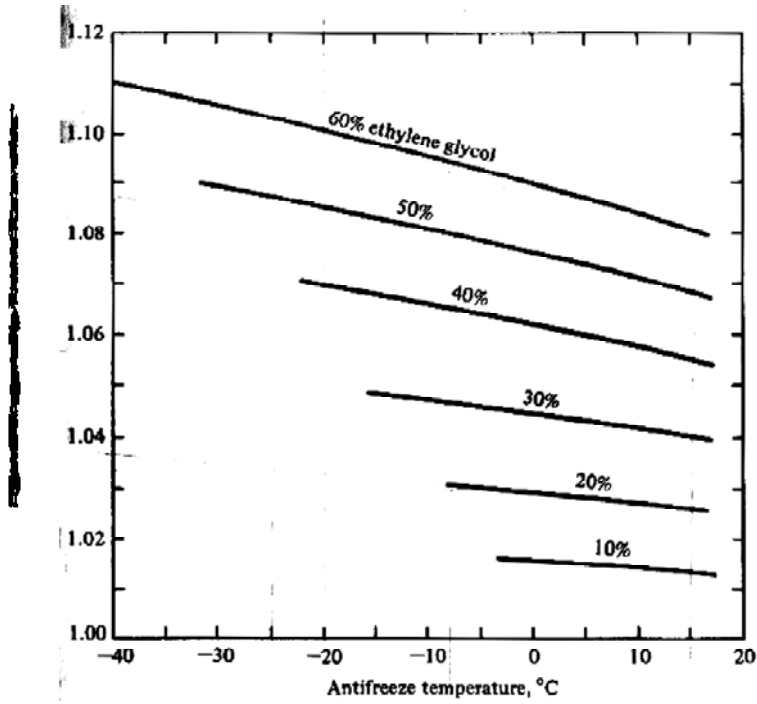
$Q_{\text{respiration}} = \text{mass of product} \times \text{respiration rate}$

$$Q_{\text{people}} = \frac{\text{No. of people} \times \text{heat equivalent (kW/people)} \times \text{hours occupied}}{24 \text{ hours}}$$

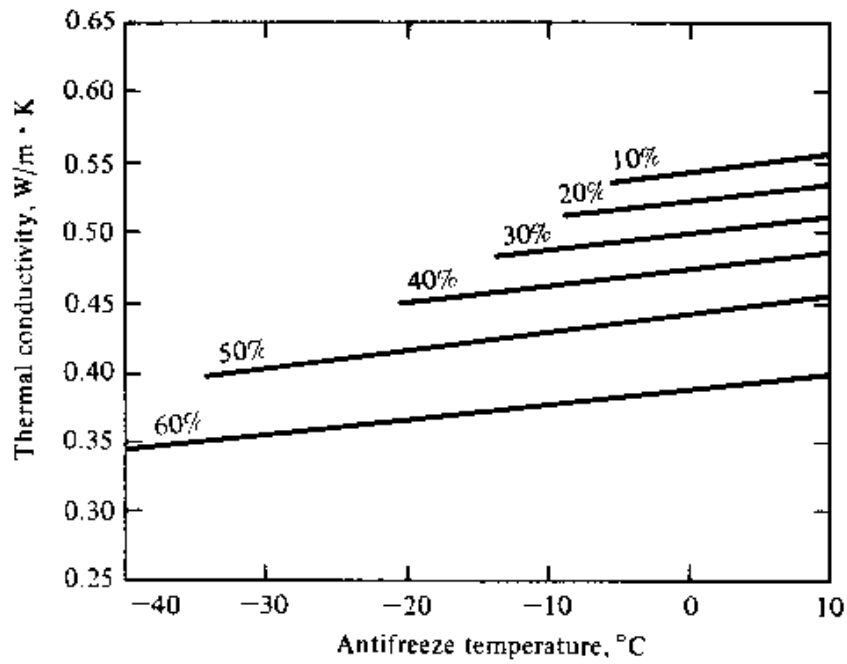
$$Q_{\text{lamp}} = \frac{\text{No. of lamp} \times \text{Watts} \times \text{hours}}{24 \text{ hours}}$$

Required equipment capacity

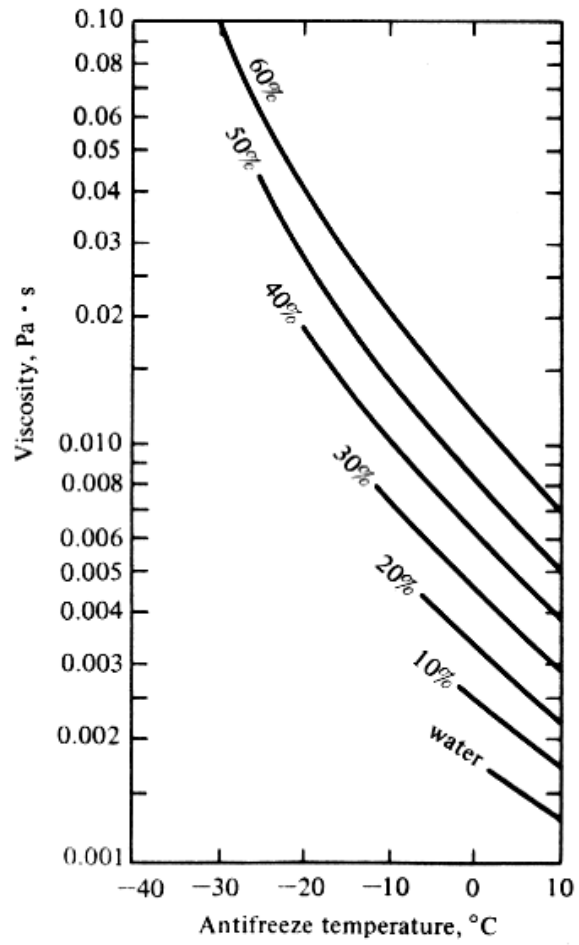
$$Q = \frac{24 \text{ hr}(q_i)}{RT}$$



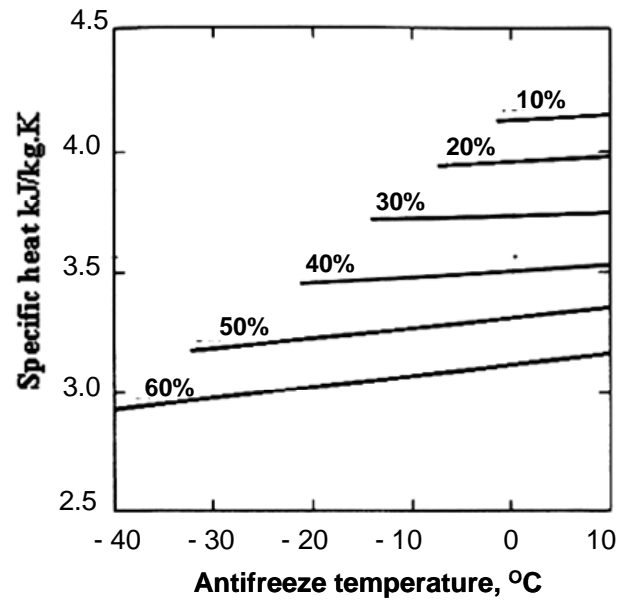
รูปแสดง ความถ่วงจำเพาะของ ethylene glycol solution based on water ที่ 4 °C (density = 1000 kg/m³)



รูปแสดง ค่าการนำความร้อนของ ethylene glycol water solution



รูปแสดง ค่าความหนืดของ ethylene glycol water solution



รูปแสดง ค่าความร้อนจำเพาะ ethylene glycol water solution

