

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การกลั่นเมทานอลด้วยแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์
ชนิดรวมรังสีพาราโบลิก

METHANOL DISTILLATION BY THE SOLAR PARABOLIC
CONCENTRATION COLLECTOR




ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ปริญญาบัตรเรื่อง การกั้นเมทานอลด้วยแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมรังสีพาราโบลิค
โดย นายวิสูตร กงสุวรรณกิจ
นางสาววีรยา จงวิสัยวรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อภิรักษ์ นัมคณิสร์
ปริญญาบัตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาบัตรนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาบัตร


.....ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร.อภิรักษ์ นัมคณิสร์)


.....กรรมการ
(ดร.สันติ วัฒนานุสรณ์)


.....กรรมการ
(อ.บุญชัย โชติวิริยานิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์	การกลั่นเมทานอลด้วยแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมรังสีพาราโบลิค
จัดทำโดย	นายวิศรุต กงสุภรัฐกิจ นางสาววีรยา จงวิสัยวรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อภิรักษ์ นัมภนิสรณ์
ปริญญาานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมรังสีพาราโบลิคทำหน้าที่รับพลังงานจากแสงอาทิตย์และสะท้อนไปยังท่อทองแดง ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนให้แก่ของผสมในท่อแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลองนี้ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ขนาดกว้าง 1000 มิลลิเมตร ยาว 1000 มิลลิเมตร และมีความหนา 2 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อแสงตกกระทบบนแผงรับแสงอาทิตย์จะสะท้อนไปที่ตำแหน่งเดียวกับท่อทองแดงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 6 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 4.5 มิลลิเมตรและความยาว 110 มิลลิเมตร ความร้อนจากท่อจะถูกส่งไปยังของผสมทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะนำไปเป็นสายป้อนเข้าสู่หอกลั่น

ความเข้มข้นของเมทานอลในสายป้อนที่ศึกษามี 2 ค่า ได้แก่ 40 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และกำหนดรีฟลักซ์ไว้ 2 ค่า คือ 0.5 และ 1 พลังงานที่ได้จากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์มีค่า 506.81 วัตต์ จากผลการทดลองพบว่า เมื่อผ่านสายป้อนที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และอัตราการไหล 1 ลิตรต่อชั่วโมง เข้าสู่ท่อทองแดง ของผสมขาออกจะมีอุณหภูมิ 61 องศาเซลเซียส เมื่อทำการกลั่นที่รีฟลักซ์ 0.5 พบว่าความเข้มข้นของเมทานอลที่กลั่นได้อยู่ที่ 99.40 และ 99.50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรเมื่อค่าความเข้มข้นเริ่มต้นในสายป้อนมีค่า 40 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ตามลำดับ หากทำการกลั่นที่รีฟลักซ์เท่ากับ 1 ความเข้มข้นของเมทานอลที่กลั่นได้จะเพิ่มเป็น 99.55 และ 99.70 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

Report Title Methanol distillation by the solar parabolic concentration collector
By Mr. Wissarut Kongsuparuttakij
 Miss Weeraya Chongvilaiwan
Advisor Asst.Prof.Dr. Apinan Namkanisorn
Report for Bachelor Degree of Chemical Engineering
 Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering
 King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

The solar energy parabolic concentration collector receives sun light and transmits this energy to copper tubes which act as the energy receiver. The energy is then transferred to the mixture inside the copper tubes. In this work, the solar energy parabolic concentration collector was made from polished stainless steel with the dimension of $1000 \times 1000 \times 2 \text{ mm}^3$. The focus point of this collector is located at the center of the panel and it is aligned with the copper tubes. The copper tubes have an outside diameter of 6 mm, inside diameter of 4.5 mm and length of 110 mm. The energy transferred will raise the temperature of the feed before entering the distillation column.

Two initial concentrations of methanol in feed were studied: 40 and 80 % by vol. The reflux ratios at 0.5 and 1 were used during the distillation. The solar energy that was transferred to copper tubes was estimated to be 506.81 W. The experimental results revealed that when using a feed at room temperature and a flow rate of 1 l/hr, the temperature of mixture at the outlet was increased to $61 \text{ }^\circ\text{C}$. For the distillation at a reflux of 0.5, the resulting distillate contained 99.40 and 99.50 % by vol. of methanol when the feed concentrations were at 40 and 80 % by vol., respectively. As the reflux ratio was increased to 1, the concentration of methanol in distillate increased to 99.55 and 99.70 % by vol. for feed concentrations at 40 and 80 % by vol., respectively.

II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของโครงการตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ความสำเร็จนี้เกิดจากความช่วยเหลือและคำแนะนำจากบุคคลหลายท่านและหน่วยงานต่างๆที่ให้ข้อมูล

ขอขอบคุณ ท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อภิรักษ์ นัมคณิสร์มภ์ ที่ให้คำปรึกษาตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ อาจารย์ บุญชัย โชควิวิชัย และ ดร.สันติ วัฒนานุสรณ์ กรรมการที่ให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ

ขอขอบคุณหน่วยงานบริการข้อมูล ที่ใช้ในการทำโครงการครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี อาจารย์ เจ้าหน้าที่ทุกท่าน และเพื่อนร่วมงานที่ให้ ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนกระทั่งปฏิญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป.....	VI
สารบัญตาราง.....	VII
สัญลักษณ์.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาานิพนธ์.....	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของปริญญาานิพนธ์.....	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินปริญญาานิพนธ์.....	1
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การกลั่นและการคำนวณขนาดของหอกลิ้น.....	3
2.1.1 เส้นปฏิบัติการ (Operating line).....	4
2.1.2 เส้น q (q-line)	4
2.2 การหาจำนวนขั้นทางทฤษฎีโดยวิธีกราฟของ McCabe-Thiele.....	5
2.2.1 จำนวนขั้นทางทฤษฎีที่น้อยที่สุด (Minimum theoretical stages)	6
2.3 ออกแบบหอกลิ้นประเภทบรรจุ	6
2.3.1 หาความสูงของหอกลิ้นประเภทบรรจุ.....	6
2.3.2 การหาความสูงของหอกลิ้นโดยวิธีของ Seader	8
2.3.3 ความดันลดของหอกลิ้นประเภทบรรจุ.....	9
2.4 ทฤษฎีพลังงานแสงอาทิตย์	13
2.4.1 คุณสมบัติของผิวสะท้อน.....	13

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4.2 อัตราส่วนพื้นที่การรวมรังสี	13
2.4.3 ประสิทธิภาพเชิงแสง	15
2.4.4 การคำนวณหาขนาดของแผง	15
2.4.5 การหาสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนระหว่างผิวของตัว ดูดกลืน (Absorber) กับบรรยากาศ	16
2.4.6 การคำนวณพลังงานความร้อนที่ตัวรับพลังงาน	16
บทที่ 3 การออกแบบและสร้าง	
การออกแบบแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมแสงด้วยแผงพาราโบลิค	17
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 วิธีการทดลอง	21
4.1.1 การหาตำแหน่งของหลอดไฟที่ทำให้ท่อร้อนที่สุด	21
4.1.2 ขนาดของท่อที่ทำให้ของผสมร้อนที่สุด	21
4.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและอุณหภูมิของของผสมขาออก	22
4.1.4 การกลั่นเมทานอลในหอบรรจุแบบเบดบรรจุ	22
4.1.5 ประสิทธิภาพของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมรังสีพาราโบลิค	22
4.2 ผลการทดลอง	23
4.2.1 การหาตำแหน่งของหลอดไฟที่ทำให้ท่อร้อนที่สุด	23
4.2.2 ขนาดของท่อที่ทำให้ของผสมร้อนที่สุด	25
4.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับอุณหภูมิของของผสมขาออก	26
4.2.4 การกลั่นเมทานอลในหอบรรจุแบบเบดบรรจุ	27
4.2.5 ประสิทธิภาพของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมรังสีพาราโบลิค	27
4.3 รูปภาพอุปกรณ์	28
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	30
บรรณานุกรม	31
ภาคผนวก	32

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การคลุมพลสารสำหรับการกลั่นลำดับส่วนอย่างต่อเนื่อง.....	3
2.2 การหาจำนวนชั้นทางทฤษฎีของ McCabe-THIELE	5
2.3 การหาจำนวนชั้นทางทฤษฎีที่น้อยที่สุด	6
2.4 การไหลสวนทางในหอบรรจุ	7
2.5 ลักษณะความดันลดของหอบรรจุแบบแพคคอลัมน์.....	11
2.6 สหสัมพันธ์ทั่วไปสำหรับหาจุดท่วมในหอบรรจุ	12
2.7 สหสัมพันธ์ทั่วไปสำหรับหาค่าความดันลด.....	12
2.8 การคำนวณขนาดของแผงแบบวางรวมแสงพาราโบลิค.....	15
3.1 องค์ประกอบของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์	18
(ก) ส่วนฐานที่รองรับแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์	
(ข) ส่วนที่เป็นแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์	
(ค) ส่วนท่อที่รองท่อทองแดง	
(ง) ลักษณะของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบได้	
4.1 ผลของระยะห่างหลอดไฟต่ออุณหภูมิที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์.....	23
4.2 ผลของความสูงต่ออุณหภูมิที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์	24
4.3 ผลของอัตราการไหลที่มีผลต่ออุณหภูมิ.....	26
4.4 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมรังสีพาราโบลิค.....	28
4.5 หอกกลั่นเมทานอลแบบเบดบรรจุ.....	29

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติเฉพาะของวัสดุบรรจุ	13
4.1 การหาตำแหน่งของหลอดไฟที่ทำให้ท่อร้อนที่สุด.....	22
4.2 ความสูงของหลอดไฟจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำให้ท่อร้อนที่สุด.....	23
4.3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ทำให้ได้อุณหภูมิสูงสุด.....	24
4.4 ความยาวท่อที่ทำให้ได้อุณหภูมิสูงสุด.....	24
4.5 อัตราการไหลที่ทำให้ท่อร้อนที่สุด.....	25
4.6 ความเข้มข้นของเมทานอลที่กักเก็บได้.....	26



สัญลักษณ์

	หน่วย
a : พื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุบรรจุ	m^2/m^3
a_h : พื้นที่เชิงจลนศาสตร์จำเพาะของวัสดุบรรจุ	m^2/m^3
a_p : พื้นที่ผิวของแพคเกจต่อหน่วยปริมาตรของเบด	m^2
a_x : พื้นที่ผิวสัมผัสต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรและหอ	m^2
A : พื้นที่ผิว	m^2
A_A : พื้นที่ตัวรับพลังงาน	m^2
A_C : พื้นที่คอนเซนเตรเตอร์	m^2
A_f : แฟกเตอร์เรขาคณิต	-
B : อัตราการไหลของสายกินหอ	$kmol/h$
c_h : คุณสมบัติจำเพาะของวัสดุบรรจุ	-
c_L : คุณสมบัติจำเพาะของวัสดุบรรจุ	-
c_p : คุณสมบัติจำเพาะของวัสดุบรรจุ	-
c_V : คุณสมบัติจำเพาะของวัสดุบรรจุ	-
D : อัตราการไหลของสายการกลั่น	$kmol/h$
D_i : เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของตัวรับพลังงาน	mm
D_o : เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของตัวรับพลังงาน	mm
f : ระยะโฟกัสของแผง	m
F : อัตราการไหลของสายป้อน	$kmol/h$
F_p : สัมประสิทธิ์การบรรจุ	m^2/m^3
g : ความเร่งเนื่องจากความถ่วง	m/s^2
G : อัตราไหลเชิงโมลของไอต่อพื้นที่หน้าตัดของหอ	$kmol/hm^2$
G' : อัตราเชิงมวลของแก๊ส	kg/hm^2
h_r : สัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนที่ผิวของตัวรับพลังงาน	W/m^2K
h_w : สัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนที่ผิวของตัวรับพลังงาน ต่อเนื่องจากลม	W/m^2K
H_{OG} : ความสูงของหน่วยแลกเปลี่ยน	m

VIII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$HETP$: ความสูงของชั้นทางทฤษฎี	m
k_y	: สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสำหรับสถานะแก๊ส	-
k_x	: สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสำหรับสถานะของเหลว	-
l_t	: ความสูงของหอ	m
L	: ความยาวของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์	m
L	: อัตราไหลเชิงมวลของของเหลวต่อพื้นที่หน้าตัดของหอ	$kmol/hm^2$
L'	: อัตราไหลเชิงมวลของของเหลว	kg/hm^2
L_n	: อัตราไหลของของเหลวที่ไหลออกจากชั้นที่ n นับจากยอดหอกลั่นลงมา	$kmol/hm^2$
L_m	: อัตราไหลของของเหลวที่ไหลออกจากชั้นที่ m นับจากยอดหอกลั่นลงมา	$kmol/hm^2$
N_{OG}	: จำนวนชั้นของหน่วยแลกเปลี่ยน	-
$N_{Re,L}$: เรย์โนลด์ส์นัมเบอร์ = $n_L \rho_L / \mu_L a$	-
NTP	: จำนวนชั้นทางทฤษฎี	-
Q	: ค่าพลังงานความร้อน	kW
Q_U	: ค่าพลังงานความร้อนที่นำไปใช้งาน	kW
T_a	: อุณหภูมิบรรยากาศ	K
R	: รีฟลักซ์	-
R_m	: รีฟลักซ์ที่น้อยที่สุด	-
U	: สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนทั้งหมด	$W/m^2 K$
U_t	: ความเร็วของแก๊สคำนวณ โดยพื้นที่หน้าตัดของเบด	
V_{n+1}	: อัตราการไหลของไอที่ลอยขึ้นมาจากชั้นที่ $n+1$ จากชั้น n นับจากยอดหอกลั่นลงมา	$kmol/hm^2$
V_{m+1}	: อัตราการไหลของไอที่ลอยขึ้นมาจากชั้นที่ $m+1$ จากชั้น m นับจากยอดหอกลั่นลงมา	$kmol/hm^2$
W	: ความกว้างของแผง	m
$x_{A,F}$: อัตราส่วนเชิงมวลขององค์ประกอบ A ในสายป้อน	-
$x_{A,D}$: อัตราส่วนเชิงมวลขององค์ประกอบ A ในสายการกลั่น	-
$x_{A,B}$: อัตราส่วนเชิงมวลขององค์ประกอบ A ในสายกั่นหอ	-
y_1	: อัตราส่วนโมลในเฟสไอที่ทางเข้าวัสดูดบรรจุ	-
y_2	: อัตราส่วนโมลในเฟสไอที่ทางออกวัสดูดบรรจุ	-
y_c	: อัตราส่วนประกอบเชิงมวลของไอที่จุดตัดของเส้นปฏิบัติการทั้ง 2 กับเส้นสมดุล	-

IX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

y_{n+1}	: ส่วนประกอบของไอที่ลอยขึ้นมาจากชั้นที่ $n+1$ จากชั้น n นับจากยอดหอคกล้นลงมา	-
y_{m+1}	: ส่วนประกอบของไอที่ลอยขึ้นมาจากชั้นที่ $m+1$ จากชั้น m นับจากยอดหอคกล้นลงมา	-
Z	: ความสูงของหอ	m
α	: ความสามารถในการดูดกลืนรังสี	-
ρ	: ความหนาแน่น	kg/m^3
ε	: Fraction porosity	m^2/m^3
ε_A	: ค่าการแผ่รังสีของตัวรับพลังงาน	-
η_0	: ประสิทธิภาพเชิงแสง	-
σ	: ค่าคงที่ของสเตฟาน-โบลทซ์แมน	$W/m^2 K^4$
γ	: อินเตอร์เซ็ปเฟคเตอร์	-
τ	: ความสามารถในการส่งผ่านรังสี	-

ตัวห้อย

g	: แก๊ส
l	: ของเหลว
w	: น้ำ
i	: ทางเข้า
o	: ทางออก

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานทดแทนที่ได้จากการสันดาปเชื้อเพลิงซากพืชซากสัตว์ดึกดำบรรพ์ (ฟอสซิล) ซึ่งเป็นพลังงานที่ได้เปล่า ดังนั้น ในหลายทศวรรษที่ผ่านมา มนุษย์จึงพยายามนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในอุตสาหกรรมและครัวเรือน

. การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยทั่วไปนิยมใช้การสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับ ซึ่งมีแผงรูปทรงต่างๆ เช่น ทรงกระบอก (พารา โบลิก) หรือทรงกลม (สเฟียเรอิดัล) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพรังสีและระดับพลังงานที่ต้องการใช้

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นการศึกษากระบวนการกลั่นแยก เมทานอลให้บริสุทธิ์มากกว่า 99 % โดยปริมาตร โดยใช้หอกลิ้นแบบเบดบรรจุซึ่งบรรจุด้วยซลวดสเตนเลส และสารป้อนจะได้รับความร้อนจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมรังสีพารา โบลิกก่อนป้อนเข้าสู่หอกลิ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาานิพนธ์

1. ทำให้สารละลายเมทานอลจาก 40 % และ 80 % มีความเข้มข้นสูงมากกว่า 99% โดยปริมาตร
2. เปรียบเทียบความเข้มข้นของเมทานอลที่กลั่น ได้ระหว่างแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์กับหม้อต้มกลั่น
3. เพื่อหาแนวทางการนำพลังงานทางเลือกมาใช้ลดพลังงานในกระบวนการกลั่น

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของปริญญาานิพนธ์

โครงการวิจัยนี้ จะนำความรู้ทางด้านวิศวกรรมเคมี ดำเนินการศึกษา ออกแบบและสร้างแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมรังสีพารา โบลิกโดยใช้แสงอาทิตย์เทียม (หลอดอินฟราเรด) เพื่อเพิ่มความเข้มข้นสารละลายเมทานอลจาก 40% และ 80% เป็น 99% โดยปริมาตร และนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารที่กลั่น ได้ระหว่างหม้อต้มกลั่นกับแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินปริญญาานิพนธ์

1. กำหนดวัตถุประสงค์และศึกษาหาข้อมูลของงานวิจัยที่จะทำ
2. ออกแบบแผงรับแสงอาทิตย์แบบรวมรังสีพารา โบลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ดำเนินการสร้างแผนรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมแสงด้วยแผงพาราโบลิค
4. ทำการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง
5. สรุปและรายงานผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์

1. ได้เรียนรู้และออกแบบแผนรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมแสงด้วยแผงพาราโบลิคเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของเมทานอล
2. สามารถพัฒนาสร้างแผนรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมแสงด้วยแผงพาราโบลิคต้นแบบที่สามารถปฏิบัติงานได้จริงในกระบวนการอุตสาหกรรม
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การกลั่นและการคำนวณขนาดของหอกลั่น [7]

เมื่อพิจารณาการควบคุมมวลสารรวมของทั้งหอกลั่น อาจพิจารณาระบบ 2 องค์ประกอบจากรูปที่ 2.1 ได้ดังนี้

ควบคุมมวลสาร

สมการควบคุมมวลสารรวม เขียนได้ดังนี้

$$F = D + B \tag{1}$$

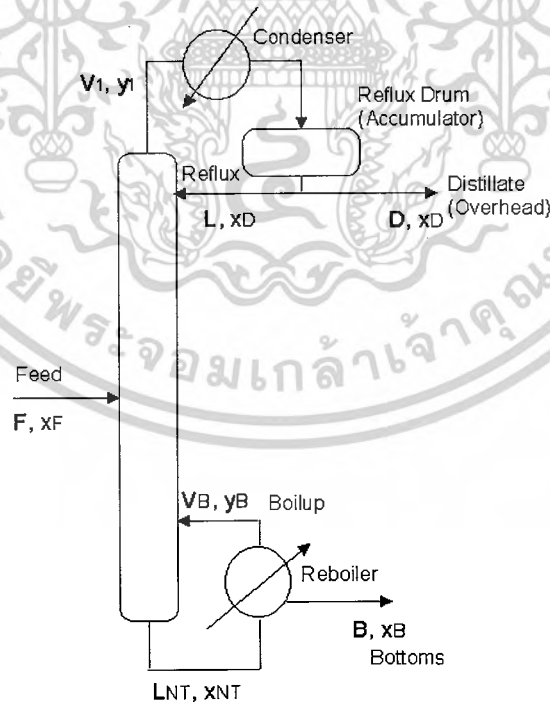
เมื่อ F : อัตราการไหลของสายป้อน (kmol/hr)

D : อัตราการไหลของสายยอดหอ (kmol/hr)

B : อัตราการไหลของสายก้นหอ (kmol/hr)

และสมการดุลองค์ประกอบ A เขียนได้ดังนี้

$$F x_{A,F} = D x_{A,D} + B x_{A,B} \tag{2}$$



รูปที่ 2.1 การควบคุมมวลสารสำหรับการกลั่นลำดับส่วนอย่างต่อเนื่อง [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 เส้นปฏิบัติการ (Operating line)

คุณมวลสารในหอกลั่น เมื่อพิจารณาเป็น 2 ส่วน คือส่วนบนหอกลั่น (Enriching section) และส่วนล่างของหอกลั่น (Stripping section) สามารถทำได้ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เพื่อเขียนเป็นสมการเส้นปฏิบัติการได้ดังนี้

ให้ x_n และ L_n คือสัดส่วนเชิงโมลและอัตราการไหลของของเหลวที่ไหลออกจากชั้นที่ n นับจากยอดหอกลั่นลงมาให้ y_{n+1} และ V_{n+1} คือส่วนประกอบและอัตราการไหลของไอที่ลอยขึ้นมาจากชั้นที่ $n+1$ จะได้เส้นปฏิบัติการของส่วนบนหอกลั่น (Enriching section) ดังสมการต่อไปนี้

$$y_{n+1} = \frac{L_n}{V_{n+1}} x_n + \frac{D}{V_{n+1}} x_D \quad (3)$$

ถ้าให้อัตราส่วนป้อนกลับ (Reflux ratio) คือ $R = \frac{L}{D}$ แล้วแทนลงในสมการที่ 3 จะได้

$$y_{n+1} = \frac{R}{R+1} x_n + \frac{1}{R+1} x_D \quad (4)$$

ในทำนองเดียวกันให้ y_{m+1} , V_{m+1} คือส่วนประกอบและอัตราการไหลของไอที่ลอยขึ้นมาจากชั้นที่ $m+1$ และให้ x_m , L_m คือส่วนประกอบและอัตราการไหลของของเหลวที่ไหลออกจากชั้นที่ m จะได้เส้นปฏิบัติการของส่วนล่างของหอกลั่น (Stripping section) ดังสมการต่อไปนี้

$$y_{m+1} = \frac{L_m}{V_{m+1}} x_m - \frac{B}{V_{m+1}} x_B \quad (5)$$

2.1.2 เส้น q (q-line)

ถ้าสารป้อน 1 โมล มีสัดส่วนของเหลวอิ่มตัว q และสัดส่วนไอ $1-q$ หรือ q คืออัตราส่วนพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยน feed 1 โมล เป็น saturated vapor ต่อ molar heat of vaporization ดังนั้น

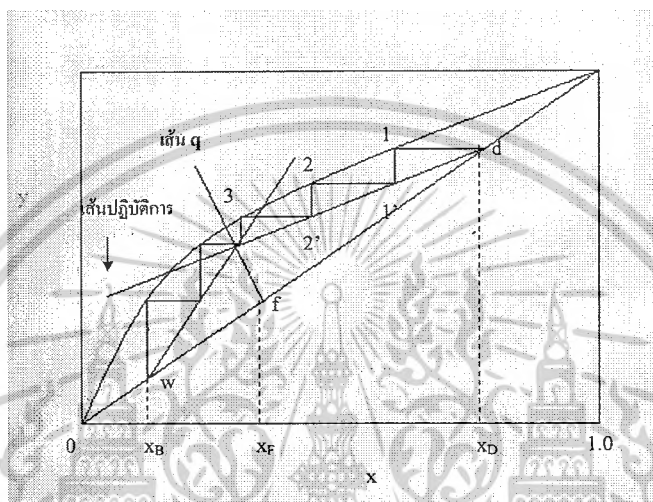
- $q > 1$ subcooled-liquid feed
- $q = 1$ saturated-liquid feed
- $1 > q > 0$ partially flash feed
- $q = 0$ saturated-vapor feed
- $q < 0$ superheated-vapor feed

และสมการเส้น q -line คือ

$$x_F = qx + (1-q)y \quad (6)$$

ในทางปฏิบัติควรจะทำให้ค่าของ x บนจุดตัดระหว่างเส้น q กับเส้นปฏิบัติการ มีค่าใกล้เคียงมากที่สุดกับส่วนประกอบของของเหลวบนชั้นที่ป้อนสารเข้า ความชันของเส้น q จะขึ้นกับสมบัติของสารป้อนเช่น อุณหภูมิ ความดัน ฯลฯ

สมการเส้นปฏิบัติการทั้งสองช่วงนี้และสมการเส้น q -line สามารถเขียนได้ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การหาจำนวนชั้นทางทฤษฎีของ McCabe-Thiele [9]

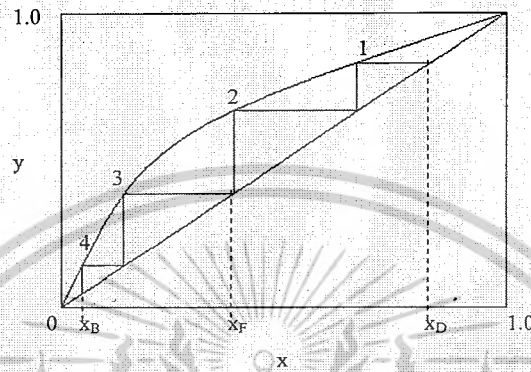
2.2 การหาจำนวนชั้นทางทฤษฎีโดยวิธีกราฟของ McCabe-Thiele

แสดงในรูปที่ 2.2 ให้พล็อตเส้นสมดุลของไอและของเหลวลงบนกราฟ x - y แล้วลงจุด d, f, w บนเส้นทแยงมุมเพื่อแทนตำแหน่งของความเข้มข้น x_D, x_F, x_B ตามลำดับ โดยอาศัยสมการ 4, 2, 5 ลากเส้นตรง แสดงเส้นปฏิบัติการของช่วง Enriching section เส้น q และเส้นปฏิบัติการของช่วง Stripping section ตามลำดับ

จากจุด d ลากเส้นระดับตัดกับเส้นสมดุลที่จุดที่ 1 จากนั้นลากเส้นตั้งตัดเส้นปฏิบัติการที่จุด $1'$ จากจุด $1'$ ลากเส้นระดับ ตัดเส้นสมดุลที่จุด 2 ทำดังนี้เรื่อยไปจนเลยจุด w ให้นับชั้นที่ป้อนสายป้อนรวมอยู่ในช่วงเพิ่มความเข้มข้นซึ่งมีจำนวน n ชั้น และให้ชั้นของช่วง Stripping section มีจำนวน m ชั้น จะได้ว่าจำนวนชั้นในทางทฤษฎี ทั้งสิ้นเป็น $n+m$ ชั้น

2.2.1 จำนวนชั้นทางทฤษฎีที่น้อยที่สุด (Minimum theoretical stages)

ในกรณีที่อัตราส่วนป้อนกลับมีค่า ∞ ถ้าใช้วิธีเขียนกราฟของ McCabe-Thiele เส้นปฏิบัติการจะกลายเป็นเส้นทแยงมุม ซึ่งจะให้จำนวนชั้นทางทฤษฎีที่น้อยที่สุดดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การหาจำนวนชั้นทางทฤษฎีที่น้อยที่สุด [8]

2.3 ออกแบบหอกลั่นประเภทบรรจุ

2.3.1 หาความสูงของหอกลั่นประเภทบรรจุ

หอกลั่นประเภทบรรจุ เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้ไอและของเหลวสัมผัสกันบนพื้นผิวของวัสดุบรรจุซึ่งทำให้เกิดกระบวนการถ่ายเทอย่างต่อเนืองค่อยเป็นค่อยไปตลอดความสูงของหอกลั่น โดยส่วนประกอบ A ในเฟสหนึ่งจะถ่ายเทไปยังอีกเฟสหนึ่งตลอดความยาวหอกลั่นขณะที่ของไหลผ่านหอ ดังนั้นอัตราการไหลของของไหลและความเข้มข้นของสาร A ในทั้งสองเฟส จะเปลี่ยนแปลงตลอดความยาวของหอ ซึ่งจะยังผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวของหอด้วย ดังนั้นใจการออกแบบหอกลั่นประเภทบรรจุจะพิจารณาในส่วนย่อยของหอก่อน แล้วทำการอินทิเกรตเพื่อจะได้ค่าความสูงของหอทั้งหมด

การถ่ายเทมวลของสารละลายจากไอกับของเหลวจะใช้ทฤษฎี 2 फिल्म โดยสมมุติให้ที่ผิวสัมผัส (interface) อยู่ในสภาวะสมดุล ซึ่งสามารถใช้ในการหาอัตราการไหลของไอและของเหลวจะได้สมการดังนี้

$$r = k_y a (y - y_1) = k_x a (x_1 - x) \quad (7)$$

เมื่อ r : อัตราการถ่ายเทมวลสารต่อหน่วยปริมาตรของเบด

k_y : สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสำหรับสถานะแก๊ส

k_x : สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสำหรับสถานะของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a : specific surface area of packing

อัตราการถ่ายเทมวลสารต่อหน่วยปริมาตรของเบด (r) ซึ่งเขียนในเทอมของ overall driving forces สำหรับเฟสแก๊สหรือเฟสของเหลวจะเขียนได้เป็น

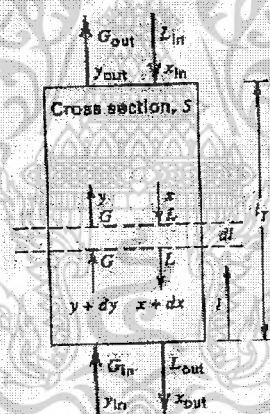
$$r = K_y a (y - y^*) = K_x a (x^* - x) \quad (8)$$

จากสมการที่ 7 และ 8 จะได้

$$\frac{1}{K_y a} = \frac{1}{k_y a} + \frac{1}{k_x a} \left(\frac{y_I - y^*}{x_I - x} \right) \quad (9)$$

$$\frac{1}{K_x a} = \frac{1}{k_x a} + \frac{1}{k_y a} \left(\frac{x^* - x_I}{y - y_I} \right) \quad (10)$$

การหาความสูงของหอพิจารณาจากหอดูดซึมการไหลแบบสวนทางดูจากรูปที่ 2.4 โดยเป็นระบบสารละลายเจือจาง



รูปที่ 2.4 การไหลสวนทางในหอบรรจุ [8]

ดุลมวลของสาร คือ

$$-G S dy = K_y a (y - y^*) S dl \quad (11)$$

โดยที่ G : อัตราไหลเชิง โมลของ ไอต่อพื้นที่หน้าตัดของหอ ($kmol/hm^2$)

k_y : สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสำหรับสถานะแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการ Integrate ;
$$\frac{K_y a}{G} \int_0^{l_T} dl = \frac{K_y a l_T}{G} = - \int_{y_{in}}^{y_{out}} \frac{dy}{y - y^*}$$

$$l_T Z = H_{OG} N_{OG} = \frac{G}{K_y a} \int_{y_{in}}^{y_{out}} \frac{dy}{y - y^*} \quad (12)$$

โดยที่ l_T : ความสูงของหอ (m)
 Z : ความสูงของหอ (m)
 H_{OG} : ความสูงของหน่วยแลกเปลี่ยน (m)
 N_{OG} : จำนวนชั้นของหน่วยแลกเปลี่ยน

จากสมการข้างบนถ้าให้

$$H_{OG} = \frac{G}{K_y a} \quad \text{และ} \quad N_{OG} = \int_{y_{in}}^{y_{out}} \frac{dy}{y - y^*} \quad (13)$$

จะเขียนได้ว่า

$$Z = H_{OG} N_{OG} \quad (14)$$

เมื่อ H_{OG} : ความสูงต่อหน่วยของการถ่ายเท (m)

N_{OG} : จำนวนหน่วยของการถ่ายเท

2.3.2 การหาความสูงของหอกลั่นโดยวิธีของ Seader [5]

$$Z = Z_{en} + Z_{strip} \quad (15)$$

Z : ความสูงของหอ (m)

Z_{en} : ความสูงส่วนด้านบน (Enriching Section) ของหอกลั่น (m)

Z_{strip} : ความสูงส่วนด้านล่าง (Stripping Section) ของหอกลั่น (m)

1. การหา Z (enriching)

$$Z_{en} = H_{OG} N_{OG} \quad (16)$$

1.1 H_{OG} : ความสูงของหน่วยแลกเปลี่ยน (m) ซึ่งมีสมการดังนี้

$$H_{OG} = H_G + \left(\frac{mV}{L} \right) H_L$$

• หาค่า HTU ของที่เป็นเฟสแก๊ส (H_G)

$$H_G = \frac{1}{C_v} (\epsilon - h_L)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{4\epsilon}{a^4} \right)^{\frac{1}{2}} (N_{Re,G})^{-3} (N_{Sc,G})^{-1} \frac{u_0 a}{D_G a_h} \quad (17)$$

โดยที่ C_v : คุณสมบัติเฉพาะของวัสดุบรรจุ

ϵ : Fraction porosity (m^2/m^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- a : พื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุบรรจุ (m^2/m^3)
 a_h : พื้นที่เชิงกลศาสตร์จำเพาะของวัสดุบรรจุ (m^2/m^3)
 u_0 : ค่า superficial gas velocity ในหอกกลั่นแบบแพค

$$u_0^2 = y \frac{g}{F_p} \left(\frac{\rho_{water}}{\rho} \right) \left(\frac{1}{f\{\rho_L\} f\{\mu_L\}} \right) \quad (18)$$
 D_G : ค่า การแพร่ของที่เป็นเฟสของแก๊ส

$$D_G = \frac{10^{-3} T^{1.75} \left(\frac{1}{M_{EtOH}} + \frac{1}{M_{water}} \right)^{\frac{1}{2}}}{P \left[\left(\sum v \right)_{EtOH}^{\frac{1}{3}} + \left(\sum v \right)_{water}^{\frac{1}{3}} \right]^2} \quad (19)$$

- หาค่า HTU ของเฟสที่เป็นของเหลว (H_L)

$$H_L = \frac{1}{C_L} \left(\frac{1}{12} \right)^{\frac{1}{6}} \left(\frac{4h_L \epsilon}{D_{EtOH} a u_L} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{u_L}{a_h} \right) \quad (20)$$

- C_L : คุณสมบัติจำเพาะของวัสดุบรรจุ
 ϵ : อัตราส่วนของพื้นที่ต่อปริมาตรของวัสดุบรรจุ
 u_L : อัตราเร็วของของเหลวแบบคร่าวๆ

$$u_L = \frac{LM_L}{\rho_L A} \quad (21)$$

1.2 การหา จำนวนชั้นทั้งหมดของหน่วยแลกเปลี่ยนที่เป็นเฟสแก๊ส (N_{OG})

$$N_{OG} = N_t \left(\frac{\ln \left(\frac{1}{A} \right)}{(1-A)} \right) \quad (22)$$

โดยที่ N_t : จำนวนชั้นทางทฤษฎี

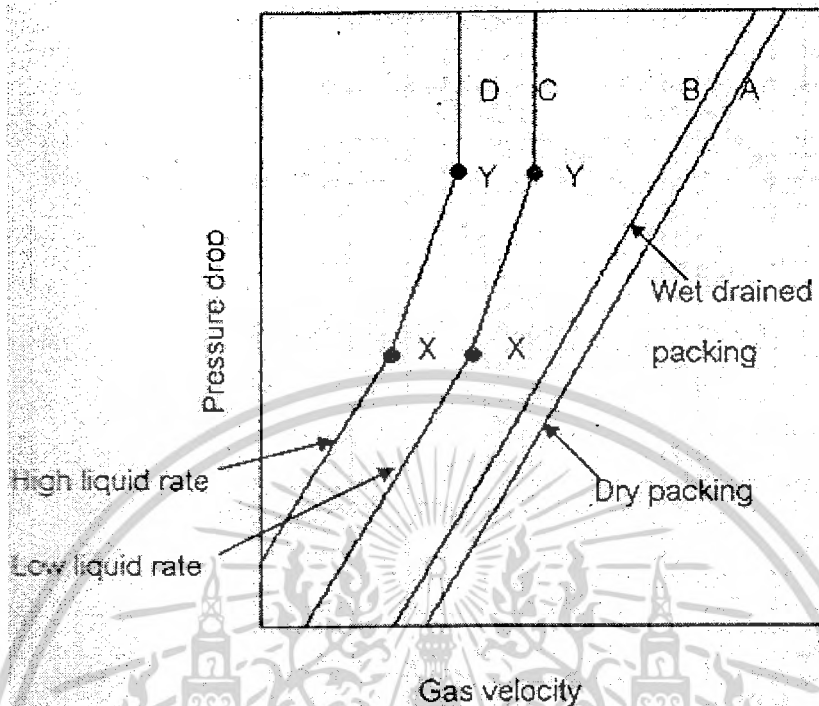
2. การหาความสูงส่วนด้านล่าง Z (stripping)

ทำตามวิธีข้างบนโดยเปลี่ยนตัวแปร m , $f\{\rho_L\}$, $f\{\mu_L\}$

2.3.3 ความดันลดของหอกันประเภทบรรจุ

เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องประมาณค่าความดันลดของหอกันประเภทบรรจุ เมื่อมีของไหลสองสายไหลสวนทางกันในหอและรูปแบบความสัมพันธ์โดยทั่วไประหว่างความดันลด และอัตราการไหลเชิงปริมาตรของแก๊สต่อพื้นที่หน้าตัดของหอ (u_1) โดยที่ (ΔP) จะเป็นสัดส่วนกับปริมาตร $u_1^{1.8}$ ถ้าขณะที่แก๊สไหลขึ้นมีของเหลวเริ่มไหลลงหอ จะพบว่าที่อัตราการไหลของของเหลวต่ำ เส้นความดันลดจะคล้ายกับกรณีที่ไม่มีของเหลวไหลอยู่ด้วย นั่นคือการไหลของของเหลวไม่มีผลต่อทางเดินของแก๊ส แต่เมื่อความเร็วของแก๊สเพิ่มขึ้นค่าหนึ่งค่า ΔP จะเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและ ΔP จะแปรผันตาม $u_1^{2.5}$ การไหลของของเหลว มีผลต่อการไหลของแก๊ส และค่า Hold up ของของเหลวจะเพิ่มขึ้น เกิดการสะสมของของเหลวอยู่ในช่องว่างของวัสดุบรรจุ ส่งผลให้การต้านทานการไหลเพิ่มสูงขึ้น

จุด x เรียกว่าจุดการโหลด (loading point) และจุด y เรียกว่า จุดการท่วม (flooding point) สำหรับการไหลของของเหลวที่ค่านั้นๆ ถ้าการไหลของของเหลวเพิ่มขึ้นจะได้กราฟเส้นใหม่ คือ กราฟ D ซึ่งจะพบว่าจุดการท่วมจะเกิดขึ้นที่ค่าการไหลของแก๊สต่ำกว่า แต่ค่า ΔP ยังคงเป็นค่าเดิม โดยปกติหอกันจะทำงานบริเวณช่วง xy นั่นคือ โหลดอัพเป็นค่าหนึ่ง เพื่อให้การสัมผัสระหว่างของเหลวกับแก๊สเป็นไปด้วยดี และหอกันประเภทบรรจุจะไม่ทำงานที่สภาวะการท่วมได้ จากรูป 2.5 จะพบว่าช่วง xy นี้มีการไหลของแก๊สสั้นมาก ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการออกแบบ จะกำหนดการทำงานของหออยู่ที่จุดโหลด นั่นคือจุด x



รูปที่ 2.5 ลักษณะความดันลดของหอบบรรจุแบบแพคคอลัมน์.

ความสัมพันธ์เชิงกราฟ สำหรับจุดท่วมโดยเซอร์วูด (Sherwood) ได้แสดงดังรูปที่ 2.6 และพัฒนาต่อมาเป็นของเลวา(Leva)และเพื่อน สำหรับวัสดุต่างๆ ได้แสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งความสัมพันธ์เชิง

กราฟระหว่าง $\frac{U_t^2 a_p \rho_g (\mu_l)^{0.2}}{g_c^3 \rho_l (\mu_w)^{0.2}}$ กับ $\frac{L'}{G'} \sqrt{\frac{\rho_g}{\rho_l}}$

เมื่อ U_t : ความเร็วของแก๊สที่คำนวณ โดยพื้นที่หน้าตัดของเบด (หรือหอ)

a_p : พื้นผิวของแพคกิ้งต่อหน่วยปริมาตรของเบด

g_c : ความเร่งเนื่องจากความถ่วง

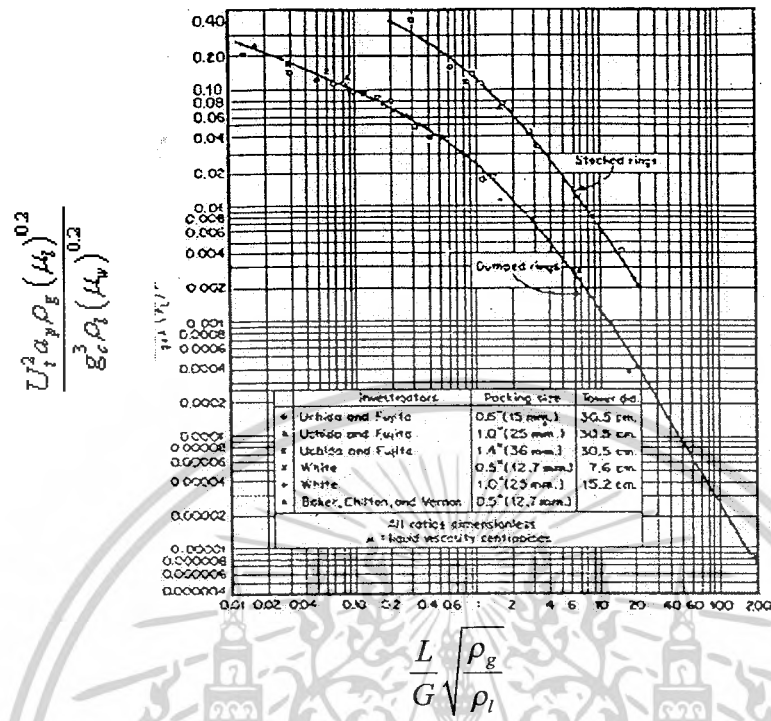
L' : อัตราเชิงมวลของการไหลของของเหลว

G' : อัตราเชิงมวลของการไหลของแก๊ส

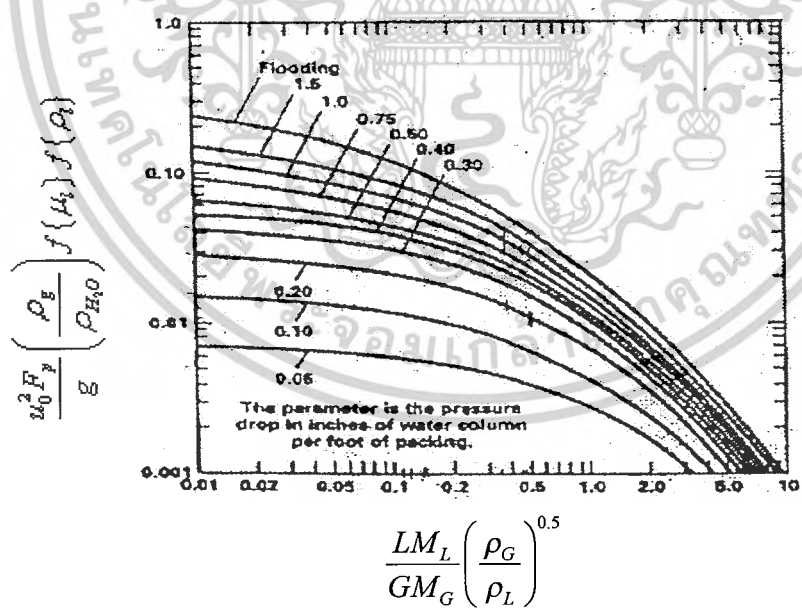
μ_l : ความหนืดของน้ำที่ 298 K

ตัวแปรที่ห้อยท้าย g แทนแก๊สและ l แทนของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 กราฟความสัมพันธ์จุดท่วมของหอกด้นแบบแพค [6]



รูปที่ 2.7 กราฟความสัมพันธ์จุดความดันลด [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 การหา Specific liquid holdup

การหา Specific liquid holdup หาได้จากการทดลองของ Billet and Schultes โดยหาได้จากสมการ

$$h_l = \left[12 \left(\frac{N_{Fr,L}}{N_{Re,L}} \right) \right]^{\frac{1}{3}} \left(\frac{a_h}{a} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (23)$$

เมื่อ $N_{Re,L}$: เรย์โนลด์ส์นัมเบอร์ $= \frac{u_L \rho_L}{\mu_L a}$

$N_{Fr,L}$: ฟร็อดมันเบอร์ของของเหลว $= \frac{u_L^2 a}{g}$

$\frac{a_h}{a}$: อัตราส่วนของพื้นที่เชิงกลศาสตร์จำเพาะของวัสดุบรรจุ ต่อพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุบรรจุ

โดยถ้า $N_{Re} < 5$ จะได้ $\frac{a_h}{a} = C_h N_{Re,L}^{0.15} N_{Fr,L}^{0.1}$

$N_{Re} > 5$ จะได้ $\frac{a_h}{a} = 0.85 C_h N_{Re,L}^{0.25} N_{Fr,L}^{0.1}$

เมื่อ a : พื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุบรรจุ

a_h : พื้นที่เชิงกลศาสตร์จำเพาะของวัสดุบรรจุ

c_h, c_p, c_L, c_V : คุณลักษณะจำเพาะของวัสดุบรรจุ

F_p : สัมประสิทธิ์การบรรจุ

ε : Fraction porosity

ซึ่งค่าต่างๆสามารถดูได้จากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะจำเพาะของวัสดุบรรจุ [5]

Packing	material	Size (mm)	Characteristics from Billet						
			F_p (ft ² /ft ³)	a (m ² /m ³)	ε (m ² /m ³)	c_h	c_p	c_L	c_V
RANDOM PACKING									
Raching ring	Ceramic	15	380	312.0	0.690	0.648		1.276	0.40
Raching ring	ceramic	10	1000	440.0	0.650	0.791		1.303	0.27
Raching ring	metal	15	170	378.4	0.917	0.455			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีพลังงานแสงอาทิตย์

แผงรวมรังสีมีอยู่หลายชนิดซึ่งหน้าที่หลัก คือ การเพิ่มสนามพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงและสะท้อนหรือหักเหรังสีไปยังส่วนรับพลังงาน อาทิ รูปทรงกระบอกผ่าครึ่ง จะสะท้อนรังสีเป็นลักษณะเส้นตรง อย่างไรก็ตามในหลักการและทฤษฎีพื้นฐาน โดยรวมยังคงเป็นลักษณะเดียวกัน ดังจะแสดงต่อไปนี้

2.4.1 คุณสมบัติของผิวสะท้อน

อุปกรณ์รวมแสงอาทิตย์ (Concentrator) จะต้องใช้แผ่นสะท้อนที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (ρ) โดยตรงสูง มีความเรียบและมัน ซึ่งในงานวิจัยได้เลือกเหล็กไร้สนิม เนื่องจาก คงทนต่ออุณหภูมิอากาศ ไม่ต้องขัดเงาบ่อย สามารถทำให้ผิวโค้งได้ง่าย แต่มีราคาแพง ขึ้นกับความหนาของแผ่น

2.4.2 อัตราส่วนพื้นที่การรวมรังสี

C คือ อัตราส่วนพื้นที่ของช่องรับแสง A_c ต่อพื้นที่ของตัวรับแสง A_d [4]

$$C = \frac{A_c}{A_d} = \frac{WL}{\pi DL} \quad (24)$$

สมการนี้ใช้ได้เฉพาะแผงรวมรังสีแบบสามมิติ อาทิเช่นแบบจานกลม หรือแผงรวมรังสีแบบสองมิติ อาทิเช่นแผงรวมรังสีทรงกระบอก

ค่าความสามารถในการดูดกลืนรังสี (Absorbance, α) และค่าความสามารถในการส่งผ่านรังสี (Transmittance, τ) การเลือกวัสดุที่ใช้ทำที่รับพลังงานจะต้องเป็นวัสดุที่มีค่าการดูดกลืนรังสีความร้อนออกจากดวงอาทิตย์ให้ได้มากที่สุด และมีการสูญเสียพลังงานจากการแผ่รังสีความร้อนออกน้อยที่สุด สำหรับระยะโฟกัสสั้น สามารถป้องกันการสูญเสียความร้อนได้บ้างเพราะระยะโฟกัสอยู่ต่ำ แต่การสร้างผิวโค้งทำได้ยากเนื่องจากมีความโค้งมาก สำหรับระยะโฟกัสยาว การสูญเสียความร้อนจะมากเนื่องจากระยะโฟกัสอยู่สูง แต่การสร้างผิวโค้งสะท้อนทำได้ง่ายเพราะความโค้งน้อย

2.4.3 ประสิทธิภาพเชิงแสง (Optical Efficiency, η_o)

ความสามารถในการสะท้อนแสงและรวมแสงหรือที่เรียกว่าประสิทธิภาพเชิงแสง ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ค่ามุมตกกระทบ ค่าอินเทอร์เฟลคเตอร์ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ค่าแฟลคเตอร์เลขาคณิต ค่าการส่งผ่านและดูดกลืนรังสี มีความสัมพันธ์ดังนี้ [4]

$$\eta_0 = \rho\gamma\tau\alpha \left[(1 - A_f \tan \theta) \cos \theta \right] \tag{25}$$

- โดยที่
- η_0 =ประสิทธิภาพเชิงแสง
 - ρ =สัมประสิทธิ์การสะท้อน
 - γ =อินเตอร์เซ็ปแฟคเตอร์
 - α =ความสามารถในการดูดกลืนรังสี
 - A_f =แฟคเตอร์เรขาคณิต
 - τ =ความสามารถในการส่งผ่านรังสี

2.4.4 การคำนวณหาขนาดของแผง[4]



รูปที่ 2.8 การคำนวณหาขนาดของแผงแบบรางรวมแสงพาราโบลิก

$$r = \frac{W}{2 \sin \phi_r} \tag{26}$$

$$f = \frac{W}{4 \tan \left(\frac{\phi_r}{2} \right)} \tag{27}$$

- โดยที่
- r : รัศมี(m)
 - f : ความยาวโฟกัส(m)
 - W : ความกว้าง(m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 การหาสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนระหว่างผิวของตัวดูดกลืน (Absorber) กับบรรยากาศ

$$h_r = 4\sigma\epsilon_A \left(\frac{T_r + T_a}{2} \right) \quad (28)$$

โดยที่

- σ : ค่าคงที่สเตฟาน-โบลทซ์มันน์
 T_r : อุณหภูมิของตัวรับพลังงาน (K)
 ϵ_A : ค่าการแผ่รังสีความร้อนของตัวรับพลังงาน

2.4.6 การคำนวณพลังงานความร้อนที่ตัวรับพลังงาน

$$U_L = \left[\frac{1}{h_w + h_r} \right]^{-1} \quad (29)$$

$$Q_u = A_c \left[I\eta_0 - \left(\frac{U_L}{c} \right) (T_r - T_a) \right] \quad (30)$$

โดยที่

- I : รังสีแสง (w/m²)
 c : อัตราส่วนพื้นที่รวมรังสี
 A_c : พื้นที่ตัวรับพลังงาน
 U_L : สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนของตัวรับพลังงาน (W/m²K)
 h_r : สัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนที่ผิวของตัวรับพลังงาน (W/m²K)
 h_w : สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวของตัวรับพลังงานเนื่องจากลม (W/m²K)
 T_r : อุณหภูมิของตัวรับพลังงาน (K)

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์
ชนิดรวมแสงด้วยแผงพาราโบลิก

3.1 การออกแบบแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมแสงด้วยแผงพาราโบลิก

Assume : black body, $A_c = 1 \text{ m}^2$ โดยให้ความกว้าง 1 m, มุมตกกระทบ $= 0^\circ$, $T_r = 70^\circ \text{ C}$,
 $D_o = 0.0127 \text{ m}$, $D_i = 0.0107 \text{ m}$

เราสามารถนำค่าที่ได้นี้มาคำนวณในส่วนของแผงรับแสงอาทิตย์แบบรวมรังสีพาราโบลิกได้ ดังนี้
เนื่องจากถือว่ารังสีที่ได้รับนั้นทำมุมตกกระทบ 0° จึงจะได้

- หาค่าประสิทธิภาพเชิงแสง

$$\eta_o = \rho \gamma \alpha \left[(1 - A_f \tan \theta) \cos \theta \right]$$

$$\eta_o = 0.85(0.85)(0.40)$$

- หาค่าอัตราส่วนพื้นที่การรวมรังสี

$$c = \left(\frac{A_c}{A_r} \right) = \left(\frac{WL}{\pi DL} \right)$$

$$= \frac{1}{3.14(0.0127)}$$

$$= 25.1$$

ถือว่าลักษณะของวัตถุมีลักษณะเหมือนวัตถุดำจะได้ $\epsilon_A = 1$

- หาสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนระหว่างผิวของตัวดูดกลืนกับบรรยากาศ

$$h = 4\sigma\epsilon_A \left(\frac{T_r + T_a}{2} \right)^3$$

$$= 4(5.67 \times 10^{-8})(1) \left(\frac{343 + 298}{2} \right)^3$$

$$= 7.47 \frac{w}{mK}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

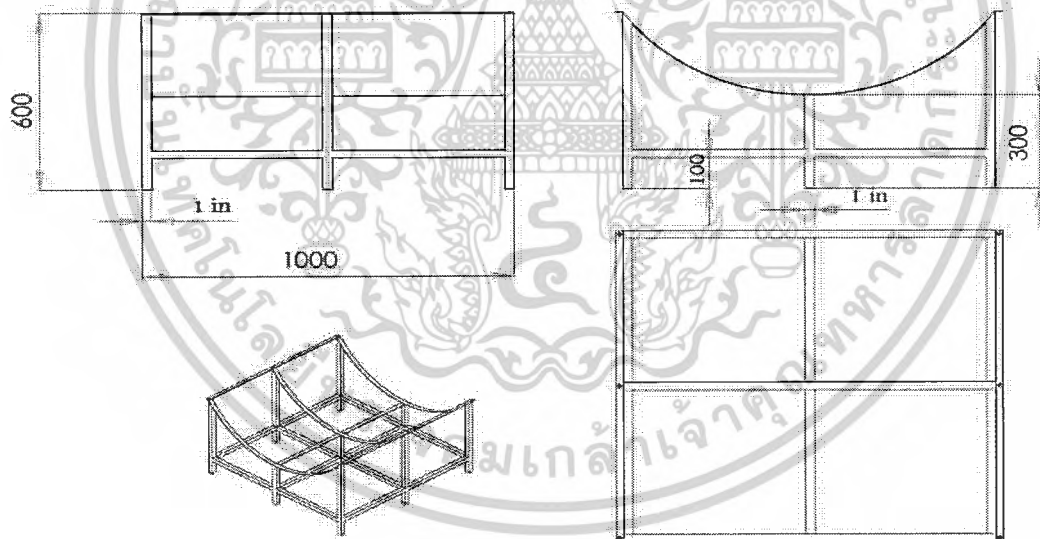
- การคำนวณพลังงานความร้อนที่ตัวรับพลังงาน

$$\begin{aligned}
 U_L &= \left[\frac{1}{h_w + h_r} \right]^{-1} \\
 &= \left[\frac{1}{0 + 7.47} \right]^{-1} \\
 &= 7.47 \frac{W}{mK}
 \end{aligned}$$

$$Q_u = A_c \left[I\eta_0 - \left(\frac{U_L}{c} \right) (T_r - T_a) \right]$$

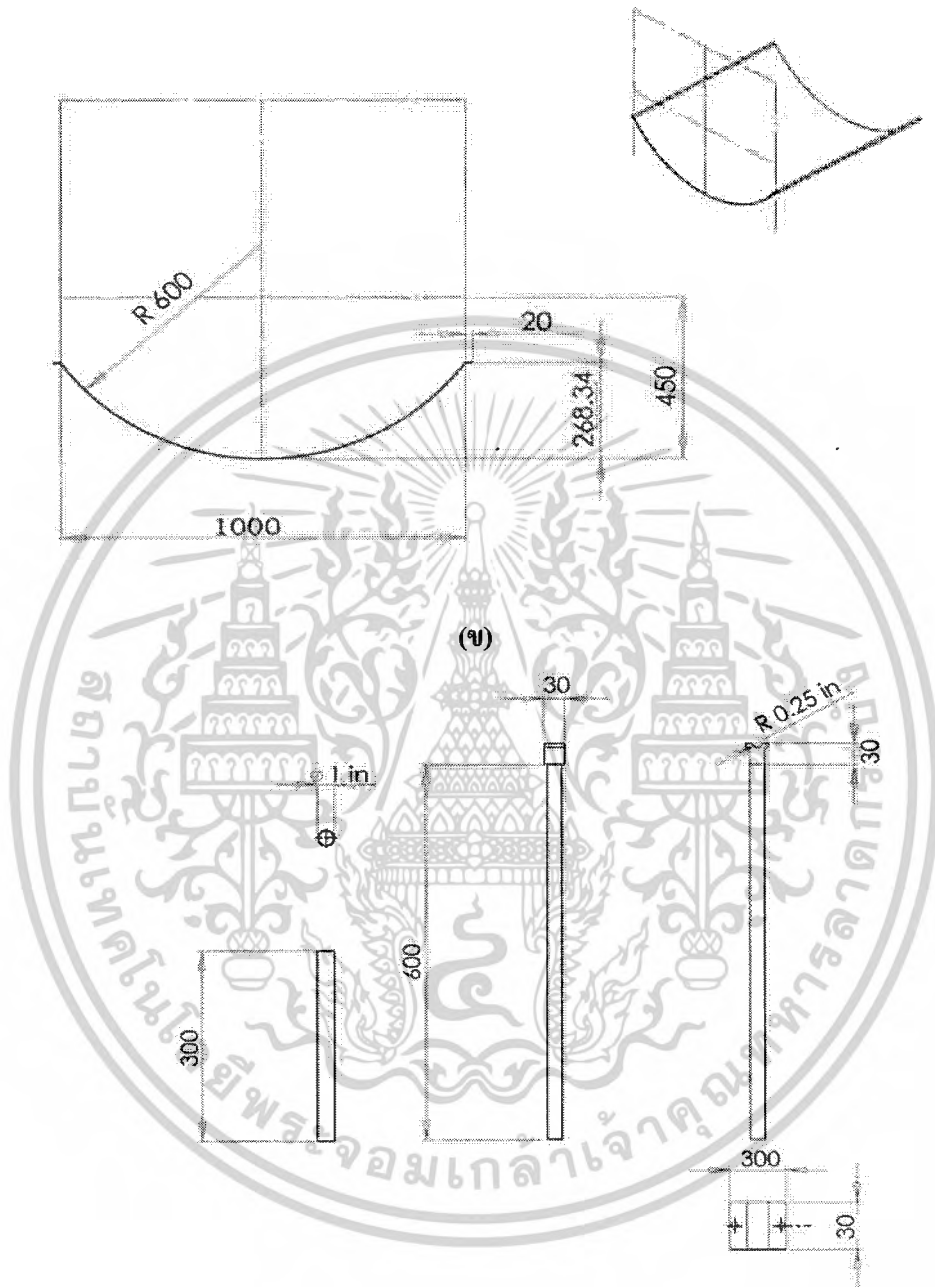
$$Q_u = 1 \left[1800(0.289) - \left(\frac{7.47}{25.1} \right) (343 - 298) \right]$$

$$Q_u = 506.81W$$



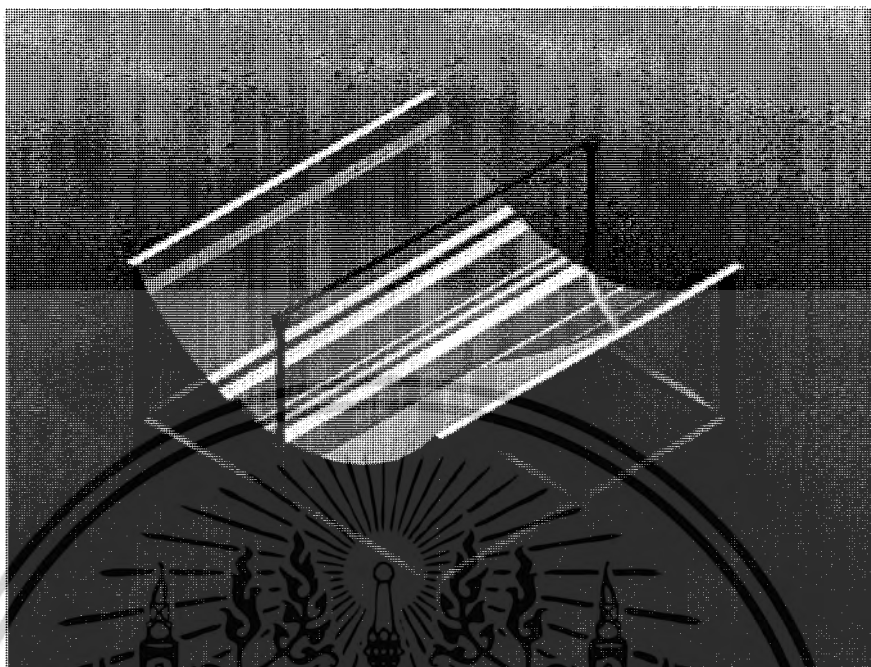
(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ง)

รูปที่ 3.1 องค์ประกอบของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (ก) ส่วนฐานที่รองรับแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (ข) ส่วนที่เป็นแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (ค) ส่วนท่อที่รองท่อทองแดง (ง) ลักษณะของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 วิธีการทดลอง

4.1.1 การหาตำแหน่งของหลอดไฟที่ทำให้ท่อร้อนที่สุด

ตอนที่ 1 หาระยะห่างของแถวหลอดไฟที่ทำให้ท่อร้อนที่สุด

- กำหนดระยะความสูงจากท่อที่กำหนด กำหนดไว้ให้คงที่ตลอดการทดลอง
- นำเทอร์โมมิเตอร์ไปห้อยไว้ที่บริเวณท่อ 3 ส่วน คือ ต้นท่อ กลางท่อ และปลายท่อ ซึ่งอยู่ตรงกลางของแผง
- ปรับระยะห่างของหลอดไฟ 5 ค่าคือ 12 ,33 ,53 ,73 และ 93 (cm)
- จากนั้นจับเวลาที่ 5 นาที แล้วดูอุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์ และเก็บข้อมูล

ตอนที่ 2 หาความสูงของหลอดไฟที่ทำให้ท่อร้อนที่สุด

- จากตอนที่ 1 จะได้ระยะห่างของหลอดไฟที่ดีที่สุด ปรับระยะตามนั้น
- นำเทอร์โมมิเตอร์ไปห้อยไว้ที่บริเวณท่อ 3 ส่วน คือ ต้นท่อ กลางท่อ และปลายท่อ ซึ่งอยู่ตรงกลางของแผง
- ปรับระยะความสูงของหลอดไฟ 4 ค่าคือ 41 , 51 , 61 และ 71 (cm)
- จากนั้นจับเวลาที่ 5 นาที แล้วดูอุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์ และเก็บข้อมูล

4.1.2 ขนาดของท่อที่ทำให้ของผสมร้อนที่สุด

ตอนที่ 1 หาเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ทำให้ท่อร้อนที่สุด

- กำหนดอัตราการไหลให้คงที่เท่ากับ 1 ลิตรต่อชั่วโมง และใช้ความยาวท่อเท่ากับ 1 เมตร
- ทำการทดลองโดยเปลี่ยนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ 3/8 กับ 1/4 นิ้ว
- วัดผลต่างของอุณหภูมิที่ได้ของของผสมที่ออกจากท่อ

ตอนที่ 2 หาความยาวของท่อที่ทำให้ท่อร้อนที่สุด

- กำหนดอัตราการไหลให้คงที่เท่ากับ 1 ลิตรต่อชั่วโมง และใช้เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อเท่ากับ 1/4 นิ้ว
- ทำการทดลองโดยเปลี่ยนความยาวของท่อ 1 ,2 ,4 และ 8 เมตร
- วัดผลต่างของอุณหภูมิที่ได้ของของผสมที่ออกจากท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและอุณหภูมิของของผสมขาออก

- กำหนดใช้เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อเท่ากับ 1/4 นิ้ว และความยาวท่อเท่ากับ 8 เมตร
- เปลี่ยนอัตราการไหล 1, 1.4 และ 1.5 ลิตรต่อชั่วโมง
- วัดผลต่างของอุณหภูมิของผสมขาออกแต่ละอัตราการไหล

4.1.4 การกลั่นเมทานอลในหอบรรจุแบบเบดบรรจุ

- กำหนดอัตราการไหล 1 ลิตรต่อชั่วโมง
- นำไปป้อนเข้าหอกลั่นรอนจนสารกลั่นออกมา
- ปรับรีฟลักซ์ ที่ 0.5 และ 1
- ช่วงแรกควรปล่อยสารที่กลั่นออกมาทิ้งไปเพราะอาจมีสารตกค้างในหอ
- เก็บตัวอย่างและนำไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของเมทานอลที่กลั่นได้

4.1.5 ประสิทธิภาพของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมรังสีพาราโบลิก

- คำนวณพลังงานที่ได้จากการเพิ่มอุณหภูมิของผสม
- หาประสิทธิภาพของพลังงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

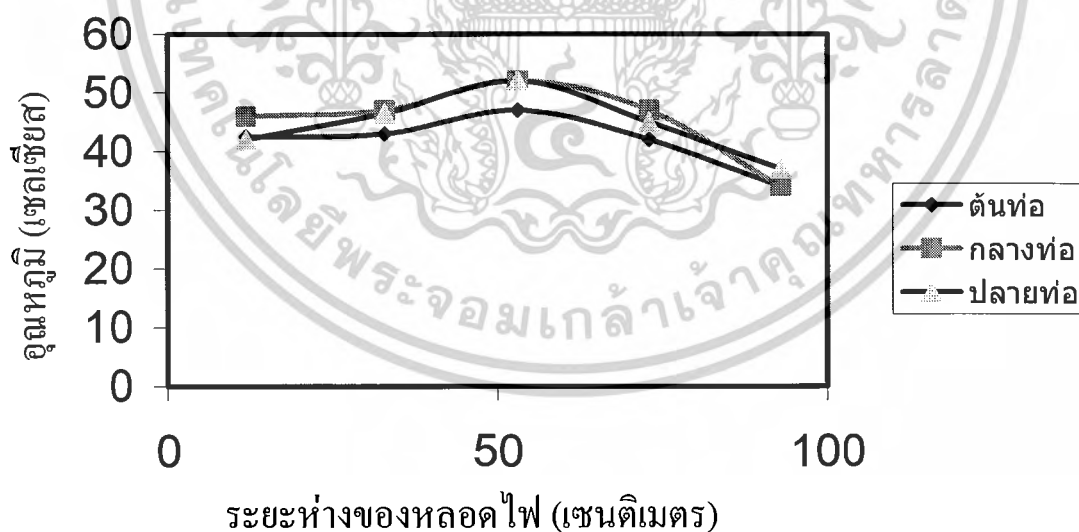
4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 การหาตำแหน่งของหลอดไฟที่ทำให้ห้องร้อนที่สุด

ตารางที่ 4.1 ระยะห่างของแถวหลอดไฟที่มีผลต่ออุณหภูมิ
(กำหนดความสูงที่ 51 เซนติเมตร)

ระยะห่างหลอดไฟ 2 แถว (เซนติเมตร)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)		
	ต้นท้อ	กลางท้อ	ปลายท้อ
12	42.5	46	42
33	43	47	46.5
53	47	52	52
73	42	47	45
93	34	34	37

หมายเหตุ : ค่าที่มีพื้นเป็นสีคือค่าที่ได้มากที่สุด และเป็นค่าที่นำไปใช้ในการกลั่นเมทานอล



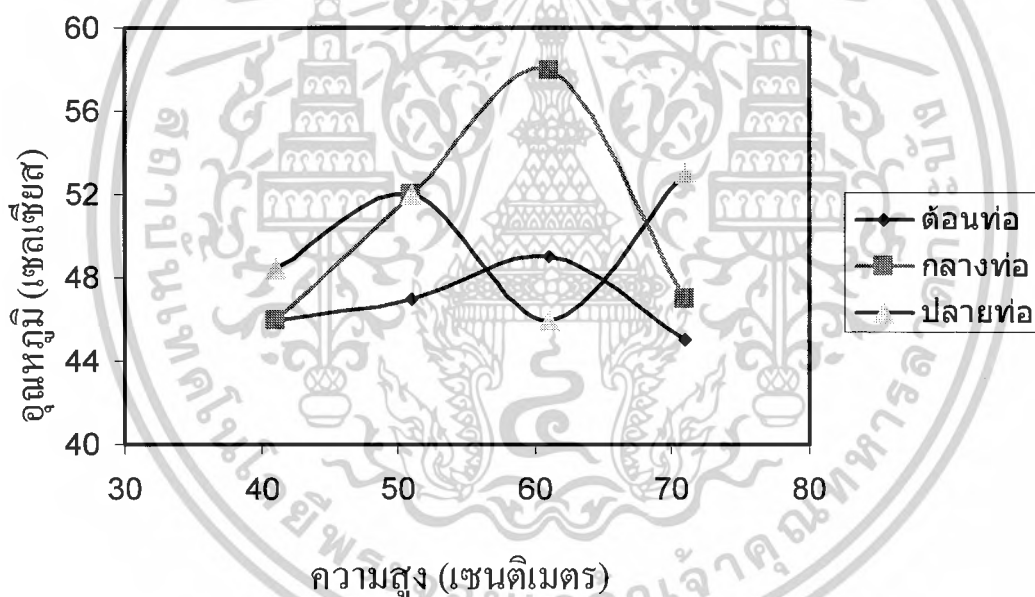
รูปที่ 4.1 ผลของระยะห่างหลอดไฟต่ออุณหภูมิที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ความสูงของหลอดไฟจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำให้ท่อร้อนที่สุด
ที่ระยะห่าง 53 เซนติเมตร (จากตอนที่ 1)

ความสูงของหลอดไฟ (เซนติเมตร)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)		
	ต้นท่อ	กลางท่อ	ปลายท่อ
41	46	46	48.5
51	47	52	52
61	49	58	46
71	45	47	53

หมายเหตุ : ค่าที่มีพื้นเป็นสีคือค่าที่ได้มากที่สุด และเป็นค่าที่นำไปใช้ในการกลั่นเมทานอล



รูปที่ 4.2 ผลของความสูงต่ออุณหภูมิที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์

จากตอนที่ 4.1 และตอนที่ 4.2 จะเห็นว่าตำแหน่งที่ทำให้อุณหภูมิที่ท่อสูงที่สุดหรือจุดไฟกัสของแสงนั้นอยู่ที่ตำแหน่งที่มีระยะห่างของหลอดไฟเท่ากับ 53 เซนติเมตรและมีความสูงจากแผง 61 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ขนาดของท่อที่ทำให้ของผสมร้อนที่สุด

ตอนที่ 1 เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ทำให้ของผสมร้อนที่สุด

ตารางที่ 4.3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ทำให้ได้อุณหภูมิสูงสุด

เส้นผ่าศูนย์กลาง ของท่อ (นิ้ว)	อุณหภูมิขาเข้า (เซลเซียส)	อุณหภูมิขาออก (เซลเซียส)	ผลต่างของ อุณหภูมิของผสม (เซลเซียส)
3/8	32	47	15
1/4	30	48	18

ตอนที่ 2 ความยาวของท่อที่ทำให้ของผสมร้อนที่สุด

ตารางที่ 4.4 ความยาวท่อที่ทำให้ได้อุณหภูมิสูงสุด

ความยาวของท่อ (เมตร)	อุณหภูมิขาเข้า (เซลเซียส)	อุณหภูมิขาออก (เซลเซียส)	ผลต่างของอุณหภูมิของ ผสม (เซลเซียส)
1	30	48	18
2	30	53	23
4	28	56	28
8	29	60	31

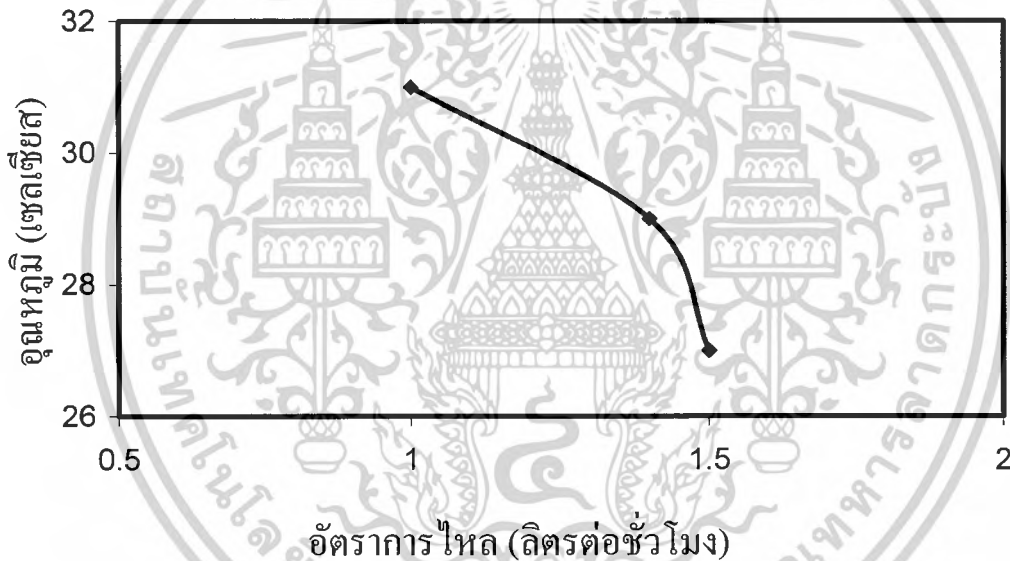
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับอุณหภูมิของของผลสมขาออก

ตารางที่ 4.5 อัตราการไหลที่ทำให้ท่อร้อนที่สุด

อัตราการไหล (ลิตรต่อชั่วโมง)	อุณหภูมิขาเข้า (เซลเซียส)	อุณหภูมิขาออก (เซลเซียส)	ผลต่างอุณหภูมิ (เซลเซียส)
1.0	31	62	31
1.4	29	58	29
1.5	30	57	27

หมายเหตุ : ค่าที่มีพื้นเป็นสีคือค่าที่ได้มากที่สุด และเป็นค่าที่นำไปใช้ในการกลั่นเมทานอล



รูปที่ 4.3 ผลของอัตราการไหลที่มีผลต่อผลต่างของอุณหภูมิ

จากตอนที่ 4.3 จะเห็นว่าอัตราการไหลที่ทำให้อุณหภูมิของเมทานอลสูงที่สุด คือ 1 ลิตรต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การกลั่นเมทานอลในหอบรรจุแบบเบคบรรจุ

ตารางที่ 4.6 ความเข้มข้นของเมทานอลที่กลั่นได้

อัตราการใช้ไอน้ำ (ลิตร/ชม.)	%ความเข้มข้นของสารป้อน(%v)	Reflux	%ความเข้มข้นที่ได้จากการใช้แผงแสงอาทิตย์	%ความเข้มข้นที่ได้จากการใช้หม้อต้ม
1	40	0.5	99.40	98.93
1	40	1	99.55	98.90
1	80	0.5	99.50	98.96
1	80	1	99.70	99.02

4.2.5 ประสิทธิภาพของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมรังสีพาราโบลิก

- ประสิทธิภาพของแผง คือ

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{Q_{\text{actual}}}{Q_{\text{theory}}} \right) \times 100\% \\
 &= \left(\frac{30W}{506.91W} \right) \times 100\% \\
 &= 6\%
 \end{aligned}$$

- พลังงานที่ทำให้ของผสมเพิ่มอุณหภูมิ 30 วัตต์ คำนวณได้จาก

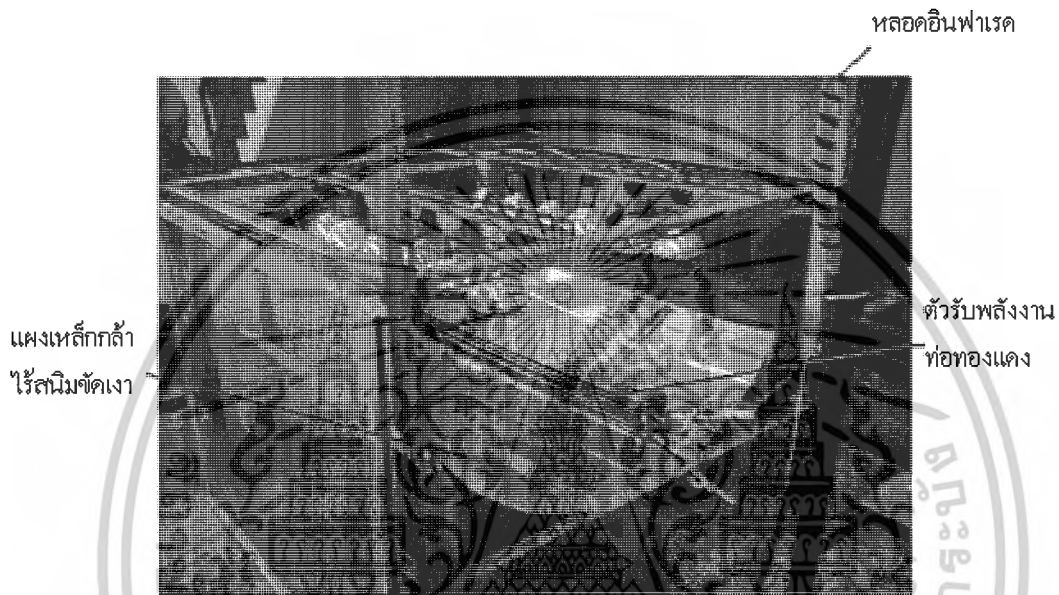
$$Q = mc_p \Delta T$$

$$Q = \left(8.6 \times 10^{-3} \frac{\text{gmol}}{\text{s}} \right) \left(112.53 \frac{\text{J}}{\text{gmol} \cdot \text{K}} \right) (31\text{K})$$

$$Q = 30W$$

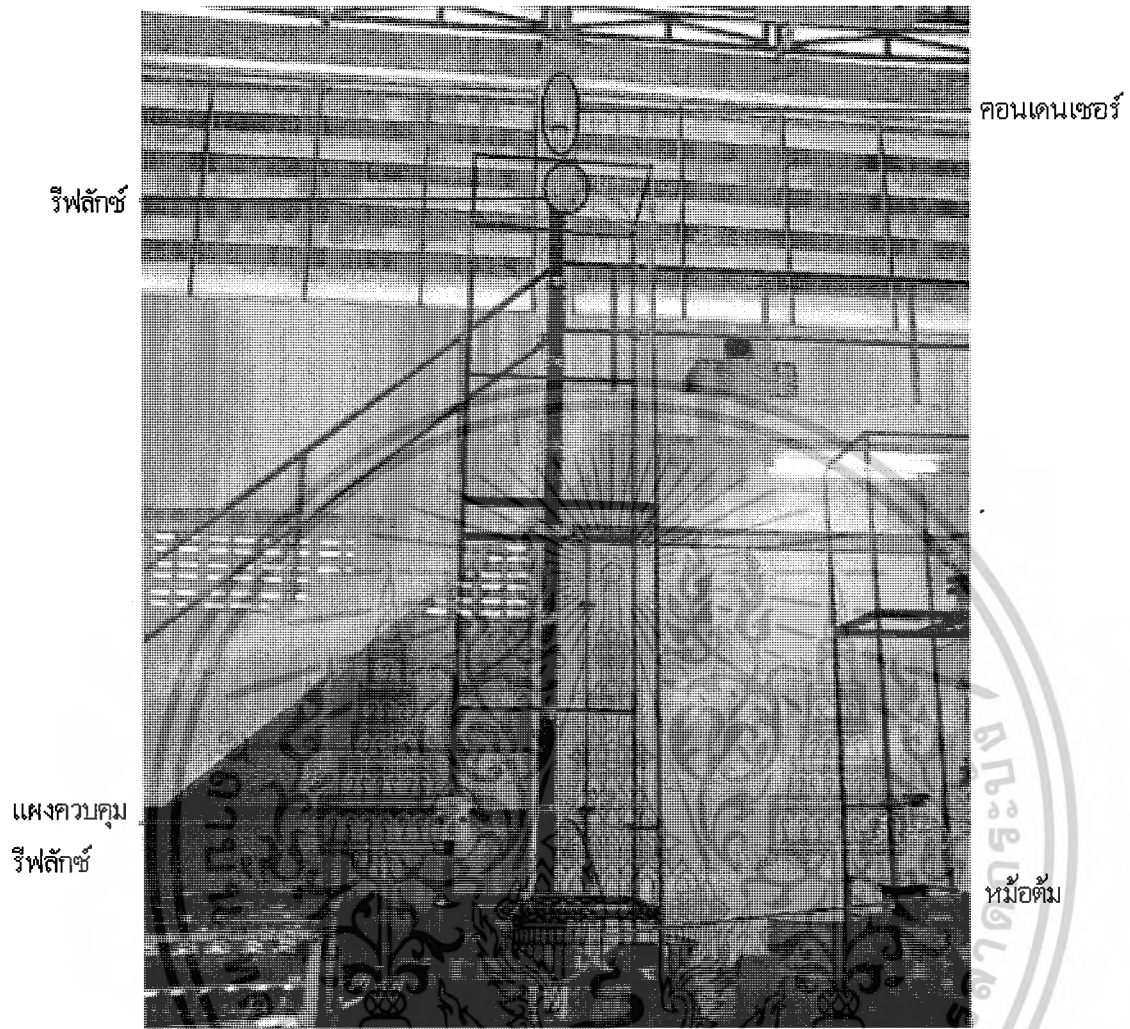
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพอุปกรณ์



รูปที่ 4.4 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมรังสีพาราโบลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 หอกถันเมทานอลแบบเบดบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

5.1 ความสัมพันธ์ของพลังงานที่ได้รับจากแผงและพลังงานที่ตกกระทบแผง

5.1.1 ประสิทธิภาพรวมของระบบ มีได้ขึ้นกับความเร็วของเมทานอลเพียงอย่างเดียวแต่จะอยู่ภายใต้อิทธิพลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน และค่าผลต่างอุณหภูมิของเมทานอล ดังนั้น ประสิทธิภาพรวมของระบบจึงต้องพิจารณาค่าตัวแปรหลักร่วมกันระหว่างอุณหภูมิและอัตราการไหลของเมทานอล ซึ่งจากการทดลองพบว่าอัตราการไหลของเมทานอลที่เหมาะสมเท่ากับ 1 ลิตรต่อชั่วโมง และมีผลต่างอุณหภูมิเมทานอลเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส

5.2 ความสัมพันธ์ของความยาวท่อกับอุณหภูมิ

5.2.1 ความความยาวท่อแปรผัน โดยตรงกับอุณหภูมิของของผสมที่ออกจากท่อ เนื่องจากระยะเวลาที่สัมผัสกับแสงที่สะท้อนจากแผงมีมากขึ้น

5.2.1 ขนาดท่อแปรผกผันกับอุณหภูมิของของผสมที่ออกจากท่อ

5.3 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของสารที่ป้อนเข้าหอกลั่นกับความเข้มข้นของเมทานอลที่กลั่นได้ เมื่ออุณหภูมิของสายป้อนเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของเมทานอลที่กลั่นได้จะสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการสังเกตขณะทำการทดลองพบสิ่งที่ควรปรับปรุงกับแผงสะท้อนและท่อรับรังสี ดังนี้

1. การเพิ่มประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงอาจทำได้โดยใช้น้ำมันสนและแป้งมันช่วยในการจัดเงา
2. ควรใช้เมทานอลที่มีความเข้มข้นไม่เกินสารป้อนใส่ไปในหม้อต้มเพื่อทำให้ถึงสภาวะคงตัว (steady state) ได้เร็วขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] Kalogirou, S , Lloyd, . and Ward, J. “ Modeling, Optimisation and Performance Evaluation of A Parabolic Trough Solar Collector Stream Generation System” Solar. (1997)
- [2] มนูญ พิรุวรรณ,ชนาคม สุนทรชัยนาคแสง และสมบัติ ทีฆทรัพย์, “การออกแบบและทดสอบแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรวมแสงด้วยแผงพาราโบลิก” วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,พ.ศ.2543
- [3] อติศักดิ์ แก้วประเสริฐ, “การจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ของระบบรวมแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิก” วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,พ.ศ.2546
- [4] Duffie,J.A.and Beckman,W.A. “Solar Energy Thermal Process” Wiley.New York,1974
- [5] Seader,J.D.andE.J.Henry. “Separation Process Principle”New York :John Wiley&Sons.Inc 1998
- [6] Perry,R.H.,D.W.Green,andJ.O.Maloney. “Perry’s Chemical Engineers’Handbook.6th ED.New York:McGraw-Hill.1984
- [7] Chistie J.Geankoplis. “ Transport Process and Unit Operation of Chemical Engineering” International Edition .3rd ED.Singapore:Prentice Hall,1995
- [8] นันธวูช พัฒนาและวรพจน์ สีหาอินทร์ “สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลในหอกลับแบบบรรจุด้วยขดลวดสแตนเลส” วิทยานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,พ.ศ. 2547
- [9] McCabe,W.L.,J.C.Smith and P.Harriott. “Unit Operation of Chemical Engineering” International Edition. 6th ED. Singapore : McGraw-Hill. 2001



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ข้อมูลเมทานอล

สถานะ	ของเหลว
สี	ใสไม่มีสี
กลิ่น	เฉพาะตัว
นน.โมเลกุล	32
จุดเดือด (องศาเซลเซียส)	64.6
จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง (องศาเซลเซียส)	32
ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ=1)	0.79
ความหนาแน่น ไอ (อากาศ=1)	1.1
ความหนืด (mPa.sec)	-
ความดันไอ (มม.ปรอท)	96 ที่ 20 องศาเซลเซียส
ความสามารถในการละลายน้ำที่ (กรัม/100 มล.)	ละลายน้ำได้ที่ 20 องศาเซลเซียส
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-
แฟกเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm	1.31มก./ม ³ หรือ 1 มก./ม ³ = 0.76 ppm ที่ 25 องศาเซลเซียส

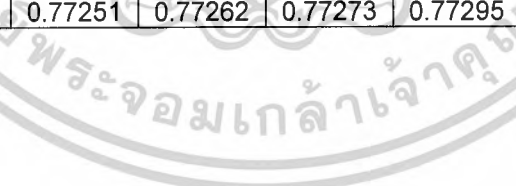
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ตารางเทียบเปอร์เซ็นต์เมทานอล

Methanol		Water		mass fraction MeOH									
T(OC)	Dens(g/cc)	T(OC)	Dens(g/cc)	0.945	0.94	0.9000	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83
10	0.80071	10	0.99966	0.81165	0.81264	0.82060	0.82259	0.82458	0.82657	0.82856	0.83055	0.83254	0.83453
15	0.79600	15	0.99908	0.80717	0.80819	0.81631	0.81834	0.82037	0.82240	0.82443	0.82646	0.82850	0.83053
20	0.79129	20	0.99819	0.80267	0.80370	0.81198	0.81405	0.81612	0.81819	0.82026	0.82233	0.82439	0.82646
25	0.78657	25	0.99704	0.79814	0.79919	0.80761	0.80972	0.81182	0.81393	0.81603	0.81814	0.82024	0.82235
26	0.78562	26	0.99678	0.79723	0.79829	0.80674	0.80885	0.81096	0.81307	0.81518	0.81729	0.81940	0.82152
27	0.78467	27	0.99651	0.79632	0.79738	0.80586	0.80797	0.81009	0.81221	0.81433	0.81645	0.81857	0.82069
28	0.78372	28	0.99623	0.79541	0.79647	0.80497	0.80710	0.80923	0.81135	0.81348	0.81560	0.81773	0.81985
29	0.78278	29	0.99595	0.79450	0.79557	0.80409	0.80622	0.80836	0.81049	0.81262	0.81475	0.81688	0.81901
30	0.78183	30	0.99565	0.79359	0.79466	0.80321	0.80535	0.80748	0.80962	0.81176	0.81390	0.81604	0.81818
31	0.78088	31	0.99535	0.79267	0.79374	0.80232	0.80447	0.80661	0.80876	0.81090	0.81305	0.81519	0.81734
32	0.77993	32	0.99503	0.79176	0.79283	0.80144	0.80359	0.80574	0.80789	0.81004	0.81219	0.81434	0.81649
33	0.77897	33	0.99471	0.79084	0.79192	0.80055	0.80270	0.80486	0.80702	0.80918	0.81133	0.81349	0.81565
34	0.77802	34	0.99438	0.78992	0.79100	0.79966	0.80182	0.80398	0.80615	0.80831	0.81047	0.81264	0.81480
35	0.77707	35	0.99404	0.78900	0.79009	0.79877	0.80094	0.80311	0.80527	0.80744	0.80961	0.81178	0.81395
36	0.77611	36	0.99369	0.78808	0.78917	0.79787	0.80005	0.80222	0.80440	0.80658	0.80875	0.81093	0.81310
37	0.77516	37	0.99334	0.78716	0.78825	0.79698	0.79916	0.80134	0.80352	0.80570	0.80789	0.81007	0.81225
38	0.77420	38	0.99298	0.78624	0.78733	0.79608	0.79827	0.80046	0.80264	0.80483	0.80702	0.80921	0.81139
39	0.77325	39	0.99261	0.78531	0.78641	0.79518	0.79738	0.79957	0.80176	0.80396	0.80615	0.80834	0.81054
40	0.77229	40	0.99223	0.78439	0.78549	0.79428	0.79648	0.79868	0.80088	0.80308	0.80528	0.80748	0.80968

Methanol		Water		mass fraction MeOH									
T(OC)	Dens(g/cc)	T(OC)	Dens(g/cc)	0.991	0.99	0.9850	0.98	0.975	0.97	0.965	0.96	0.955	0.95
10	0.80071	10	0.99966	0.80250	0.80270	0.80369	0.80469	0.80568	0.80668	0.80767	0.80866	0.80966	0.81065
15	0.79600	15	0.99908	0.79783	0.79803	0.79905	0.80007	0.80108	0.80210	0.80311	0.80413	0.80514	0.80616
20	0.79129	20	0.99819	0.79315	0.79336	0.79439	0.79543	0.79646	0.79750	0.79853	0.79957	0.80060	0.80164
25	0.78657	25	0.99704	0.78846	0.78867	0.78972	0.79078	0.79183	0.79288	0.79393	0.79499	0.79604	0.79709
26	0.78562	26	0.99678	0.78752	0.78773	0.78879	0.78984	0.79090	0.79195	0.79301	0.79407	0.79512	0.79618
27	0.78467	27	0.99651	0.78658	0.78679	0.78785	0.78891	0.78997	0.79103	0.79209	0.79315	0.79421	0.79526
28	0.78372	28	0.99623	0.78564	0.78585	0.78691	0.78797	0.78904	0.79010	0.79116	0.79222	0.79329	0.79435
29	0.78278	29	0.99595	0.78469	0.78491	0.78597	0.78704	0.78811	0.78917	0.79024	0.79130	0.79237	0.79343
30	0.78183	30	0.99565	0.78375	0.78396	0.78503	0.78610	0.78717	0.78824	0.78931	0.79038	0.79145	0.79252
31	0.78088	31	0.99535	0.78281	0.78302	0.78409	0.78517	0.78624	0.78731	0.78838	0.78946	0.79053	0.79160
32	0.77993	32	0.99503	0.78186	0.78208	0.78315	0.78423	0.78530	0.78638	0.78745	0.78853	0.78961	0.79068
33	0.77897	33	0.99471	0.78092	0.78113	0.78221	0.78329	0.78437	0.78545	0.78652	0.78760	0.78868	0.78976
34	0.77802	34	0.99438	0.77997	0.78018	0.78127	0.78235	0.78343	0.78451	0.78559	0.78668	0.78776	0.78884
35	0.77707	35	0.99404	0.77902	0.77924	0.78032	0.78141	0.78249	0.78358	0.78466	0.78575	0.78683	0.78792
36	0.77611	36	0.99369	0.77807	0.77829	0.77938	0.78047	0.78155	0.78264	0.78373	0.78482	0.78591	0.78699
37	0.77516	37	0.99334	0.77712	0.77734	0.77843	0.77952	0.78061	0.78170	0.78280	0.78389	0.78498	0.78607
38	0.77420	38	0.99298	0.77617	0.77639	0.77749	0.77858	0.77967	0.78077	0.78186	0.78295	0.78405	0.78514
39	0.77325	39	0.99261	0.77522	0.77544	0.77654	0.77763	0.77873	0.77983	0.78092	0.78202	0.78312	0.78421
40	0.77229	40	0.99223	0.77427	0.77449	0.77559	0.77669	0.77779	0.77889	0.77999	0.78109	0.78219	0.78329

Methanol		Water		mass fraction MeOH									
T(OC)	Dens(g/cc)	T(OC)	Dens(g/cc)	0.9999	0.9990	0.9985	0.998	0.997	0.996	0.995	0.994	0.993	0.992
10	0.80071	10	0.99966	0.80073	0.80091	0.80101	0.80110	0.80130	0.80150	0.80170	0.80190	0.80210	0.80230
15	0.79600	15	0.99908	0.79602	0.79621	0.79631	0.79641	0.79661	0.79682	0.79702	0.79722	0.79743	0.79763
20	0.79129	20	0.99819	0.79131	0.79150	0.79160	0.79170	0.79191	0.79212	0.79233	0.79253	0.79274	0.79295
25	0.78657	25	0.99704	0.78659	0.78678	0.78688	0.78699	0.78720	0.78741	0.78762	0.78783	0.78804	0.78825
26	0.78562	26	0.99678	0.78564	0.78583	0.78594	0.78604	0.78625	0.78646	0.78668	0.78689	0.78710	0.78731
27	0.78467	27	0.99651	0.78469	0.78488	0.78499	0.78510	0.78531	0.78552	0.78573	0.78594	0.78616	0.78637
28	0.78372	28	0.99623	0.78375	0.78394	0.78404	0.78415	0.78436	0.78457	0.78479	0.78500	0.78521	0.78542
29	0.78278	29	0.99595	0.78280	0.78299	0.78310	0.78320	0.78342	0.78363	0.78384	0.78405	0.78427	0.78448
30	0.78183	30	0.99565	0.78185	0.78204	0.78215	0.78225	0.78247	0.78268	0.78290	0.78311	0.78332	0.78354
31	0.78088	31	0.99535	0.78090	0.78109	0.78120	0.78131	0.78152	0.78173	0.78195	0.78216	0.78238	0.78259
32	0.77993	32	0.99503	0.77995	0.78014	0.78025	0.78036	0.78057	0.78079	0.78100	0.78122	0.78143	0.78165
33	0.77897	33	0.99471	0.77900	0.77919	0.77930	0.77941	0.77962	0.77984	0.78005	0.78027	0.78048	0.78070
34	0.77802	34	0.99438	0.77804	0.77824	0.77835	0.77845	0.77867	0.77889	0.77910	0.77932	0.77954	0.77975
35	0.77707	35	0.99404	0.77709	0.77729	0.77739	0.77750	0.77772	0.77794	0.77815	0.77837	0.77859	0.77880
36	0.77611	36	0.99369	0.77614	0.77633	0.77644	0.77655	0.77677	0.77698	0.77720	0.77742	0.77764	0.77785
37	0.77516	37	0.99334	0.77518	0.77538	0.77549	0.77560	0.77581	0.77603	0.77625	0.77647	0.77669	0.77690
38	0.77420	38	0.99298	0.77423	0.77442	0.77453	0.77464	0.77486	0.77508	0.77530	0.77552	0.77573	0.77595
39	0.77325	39	0.99261	0.77327	0.77347	0.77358	0.77369	0.77390	0.77412	0.77434	0.77456	0.77478	0.77500
40	0.77229	40	0.99223	0.77231	0.77251	0.77262	0.77273	0.77295	0.77317	0.77339	0.77361	0.77383	0.77405



ภาคผนวก ก

ค่าพลังงานแสงอาทิตย์(รังสีตรง)เฉลี่ยรายชั่วโมง

ตารางที่ ก-1 พลังงานแสงอาทิตย์ (รังสีตรง) เฉลี่ยรายชั่วโมงในแต่ละเดือน (W/m²)

เวลา	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
6.00 น	0	0	0	4	4	4	1	3	5	5	4	5
7.00 น	0	0	2	16	74	38	12	12	34	25	25	20
8.00 น	103	112	128	94	212	80	103	63	88	98	215	238
9.00 น	341	174	225	138	271	137	187	166	170	170	327	460
10.00 น	398	273	339	211	344	232	289	176	207	184	425	559
11.00 น	534	356	404	264	364	207	354	131	253	195	453	614
12.00 น	571	409	465	329	432	215	314	147	258	216	497	688
13.00 น	606	430	517	362	464	264	286	120	219	161	506	701
14.00 น	599	424	493	393	457	333	327	144	192	144	444	644
15.00 น	548	411	382	388	437	333	232	104	149	147	445	573
16.00 น	400	360	355	332	338	258	128	132	135	104	350	491
17.00 น	244	235	304	225	312	176	140	91	78	74	194	309
18.00 น	51	88	117	81	131	57	23	14	40	16	17	57
19.00 น	0	0	1	5	9	5	1	3	4	3	3	3

ที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้