หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 ข้าวและการลดความชื้นของข้าวเปลือก

2.1.1 ข้าว ข้าวเป็นธัญญพืชที่สำคัญชนิดหนึ่ง ประชากรในโลกมากกว่าครึ่งบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก และยังพบว่ามากกว่า 90 % ของข้าวทั้งหมดปลูกขึ้นและใช้เป็นอาหารหลักในทวีปเอเชีย(2) ซึ่งได้แก่ประเทศพม่า อินเดีย อินโดนีเซีย บังคลาเทศ ไทย ญี่ปุ่น จีน และฟิลิปปินส์ นอกจากนี้ข้าวยังมีปลูกในทวีปอเมริกา อัฟริกา และออสเตรเลียด้วย

ข้าวเป็นพืชที่ขึ้นได้ดีในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ข้าวจัดอยู่ในพืชตระกูลหญ้า(Family GRAMINEA) เครือ(Genus) ORYZA ข้าวที่ปลูกกันมากนั้นมีอยู่ 2 พันธุ์ (Species)(13) คือ พันธุ์ GRABERRIMA ซึ่งเป็นข้าวที่ปลูกกันมากในทวีปอเมริกา อัฟริกา และออสเตรเลีย ส่วนข้าวที่ปลูกในทวีปเอเชียเป็นข้าวพันธุ์ SATIVA การเก็บเกี่ยวข้าวจะเก็บเกี่ยวได้เมื่อข้าวมีอายุ 115–160 วัน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของข้าวที่ปลูก(14)

2.1.2 การลดความชื้นของข้าวเปลือก ข้าวเปลือกที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแล้วยังคงมีความชื้นสูงอยู่ ก่อนที่จะนำข้าวเปลือกเหล่านี้มาสีหรือเก็บไว้ ข้าวเปลือกจะต้องมีความชื้นลดลงก่อน ความชื้นของข้าวเปลือกที่เหมาะสมสำหรับทำการสีและเก็บไว้ในระยะสั้นมีค่าประมาณ 14 % มาตรฐานเปียก และประมาณ 12 % สำหรับเก็บไว้ในระยะเวลานาน(4)

ในประเทศไทย การลดความชื้นของข้าวเปลือก ชาวนากระทำโดยวิธีง่ายๆ (1) กล่าวคือ หลังจากการเกี่ยวข้าวเปลือกแล้ว ชาวนาจะวางรวงข้าวตากแดดไว้ในนาประมาณ 2–3 วัน เพื่อให้ข้าวเปลือกมีความชื้นลดลงและให้ฟางยุบตัว หลังจากนั้นจะมัดรวงข้าวรวมกันเป็นฟ่อนเพื่อป้องกันมิให้ข้าวเปลือกร่วงจากรวงข้าวมากและจะนำมานวด เมื่อนวดข้าวเปลือกออกจากรวงแล้ว ชาวนาจะนำข้าวเปลือกมาตากไว้กลางแจ้งบริเวณลานบ้านโดยเกลี่ยให้มีชั้นของข้าวเปลือกหนาประมาณ 1–2 ซม. และคอยพลิกข้าวเปลือกบ่อยๆ วิธีดังกล่าวนี้แม้จะเป็น

วิธีที่ง่ายและลงทุนต่ำ แต่เป็นวิธีที่มีการสูญเสียข้าวเปลือกสูง ทั้งนี้เนื่องจากไม่สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้มากนัก ทำให้ข้าวเปลือกมีความชื้นสูงกว่าความชื้นที่เหมาะสม และได้รับความเสียหายจากสัตว์และแมลงอีกด้วย ตารางที่ 2.1 แสดงวิธีการลดความชื้นของข้าวเปลือกนาปีในภาคต่างๆ ของประเทศ

ตารางที่ 2.1 วิธีการลดความชื้นของข้าวเปลือกนาปีในภาคต่างๆ ของประเทศ(1)

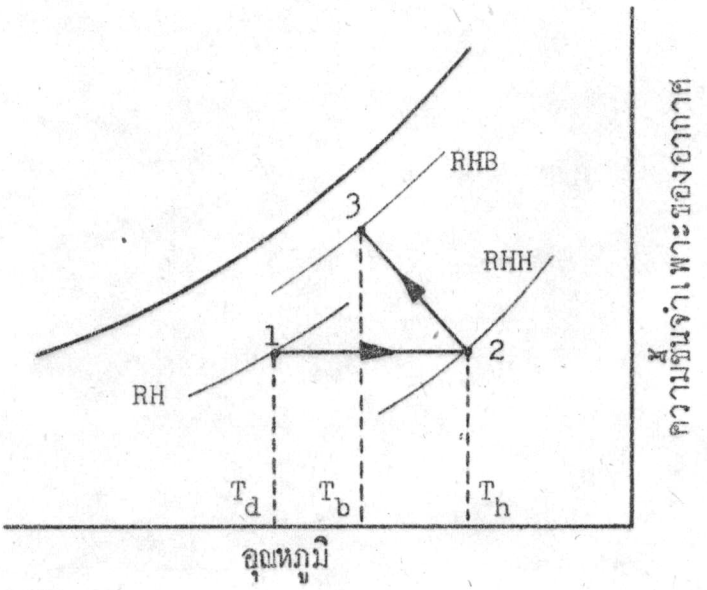
วิธีลดความชื้น	ภาคเหนือ		ภาคกลาง		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคใต้	
	จำนวนตัวอย่าง	%	จำนวนตัวอย่าง	%	จำนวนตัวอย่าง	%	จำนวนตัวอย่าง	%
ทิ้งตากแดดไว้ในนา 3-4 วัน	105	86.8	390	92.2	54	91.5	41	41.0
เกลี่ยตากแดดไว้บนลานตาก 3-4 วัน	2	1.7	21	5.1	5	8.5	–	–
เกลี่ยตากแดดไว้บนลานตากมากกว่า 4 วัน	1	0.8	2	0.5	–	–	–	–
ใช้เครื่องอบเมล็ด	–	–	–	–	–	–	–	–
ไม่มีการตาก*	13	10.7	1	0.2	–	–	58	58.0
รวม	121	100.0	414	100.0	59	100.0	100	100.0

* หมายถึงการเก็บข้าวเปลือกไว้ในยุ้งที่โปร่งและมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก

2.2 ขบวนการอบข้าวเปลือก

เมื่ออากาศอุณหภูมิ T_d ผ่านเข้ายังแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น T_h โดยที่อากาศร้อนที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ยังคงมีค่าความชื้นจำเพาะของอากาศคงที่ (Constant Humidity Ratio) จากนั้นอากาศร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์นี้จะผ่านไปยัง

ตู้อบข้าวเปลือกเพื่อดึงความชื้นออกจากข้าวเปลือก อากาศที่ออกจากตู้อบข้าวเปลือกจะมีอุณหภูมิลดลง แต่จะมีค่าเอนทาลปีของอากาศคงที่ (Constant Enthalpy) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขบวนการอบข้าวเปลือกบนแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric chart)

1-2 อากาศอุณหภูมิ T_d มีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น T_h ตามเส้นความชื้นจำเพาะของอากาศคงที่

2-3 อากาศอุณหภูมิ T_h ผ่านเข้าอบข้าวเปลือก อากาศจะมีอุณหภูมิลดลงเป็น T_b ตามเส้นเอนทาลปีของอากาศคงที่

สมการของการอบข้าวเปลือกเพื่ออบข้าวเปลือกชั้นหนาๆ จะพิจารณาเป็นแบบการอบชั้นหนา (Deep bed drying) ซึ่งรวมแบบการอบชั้นบาง (Thin layer drying) หลายๆ ชั้นเข้าด้วยกันโดยใช้สมการของ Hukill(15) คือ

$$mr = \frac{M - Me}{Mo - Me} = \frac{2^D}{2^D + 2^Y - 1}$$

เมื่อ mr เป็นอัตราส่วนของความชื้นของข้าวเปลือก

M ความชื้นของข้าวเปลือกที่เวลาใดๆ, % มาตรฐานแห้ง

Mo ความชื้นเริ่มแรกของข้าวเปลือก, % มาตรฐานแห้ง

Me ความชื้นสมดุลย์ของข้าวเปลือก, % มาตรฐานแห้ง

Y หน่วยเวลา(Time unit)

D แฟคเตอร์ของความหนา (Depth factor)

การคำนวณหาความชื้นของข้าวเปลือก, Me, ใช้หลักพื้นฐานของ Henderson(16) และ Pfost, et al.,(17) ได้พัฒนาสมการสำหรับคำนวณหาความชื้นสมดุลย์ของข้าวเปลือกไว้ดังนี้

$$1 - RHH = \exp\{-3.45366 \times 10^{-5}(T_h + 46.20056)Me^{2.4451}\}$$

โดยที่ RHH เป็นความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ผ่านเข้าอบข้าวเปลือก

Me ความชื้นสมดุลย์ของข้าวเปลือก, % มาตรฐานแห้ง

T_h อุณหภูมิของอากาศที่ผ่านเข้าอบข้าวเปลือก, °ซ

ส่วนค่าหน่วยเวลาหาได้จากสมการ

$$Y = \frac{t}{P}$$

005602

เมื่อ t เป็นเวลาที่ใช้ในการอบข้าวเปลือก, ชั่วโมง

P เวลาที่ใช้ในการอบข้าวเปลือกที่ทำให้อัตราส่วนความชื้นของข้าวเปลือกลดลงครึ่งหนึ่ง (Half time response) , ชั่วโมง

ค่า P คำนวณได้จากสมการของ Henderson & Perry(18) และ Chancellor (19) คือ

$$mr = 0.5 = 0.75(e^{-GP} + \frac{1}{4}.e^{-4GP} + \frac{1}{9}.e^{-9GP})$$

$$G = 8860 \exp(\frac{-3415}{T_h + 273.15}) \quad , \text{ต่อชั่วโมง}$$

สำหรับค่าแฟคเตอร์ของความหนา(15) คำนวณได้จากสมการ

$$D = \frac{W.H_{fg}.(Mo - Me)}{100m.Cp.P.(T_h - T_e)}$$

เมื่อ D เป็นแฟคเตอร์ของความหนาของชั้นข้าวเปลือก

W น้ำหนักของข้าวเปลือก, กิโลกรัม

H_{fg} ความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ, กิโลจูลต่อกิโลกรัม

$$= 2502.5353 - 2.38576(T_h) \qquad (20)$$

m อัตราการไหลของมวลของอากาศ, กิโลกรัมต่อชั่วโมง

Mo ความชื้นเริ่มแรกของข้าวเปลือก, % มาตรฐานแห้ง

Me ความชื้นสมดุลย์ของข้าวเปลือก, % มาตรฐานแห้ง

Cp ความร้อนจำเพาะของอากาศ, กิโลจูลต่อกิโลกรัม-°ซ

T_h อุณหภูมิของอากาศที่ผ่านเข้าอบข้าวเปลือก, °ซ

T_e อุณหภูมิสมดุลย์ของอากาศที่ออกจากตู้อบข้าวเปลือก, °ซ

น้ำหนักของข้าวเปลือกที่เวลาใดๆ สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$W = BD.X.A_b$$

เมื่อ X เป็นความหนาของชั้นข้าวเปลือก, เมตร

A_b พื้นที่ของตู้อบข้าวเปลือก, ตร.ม.

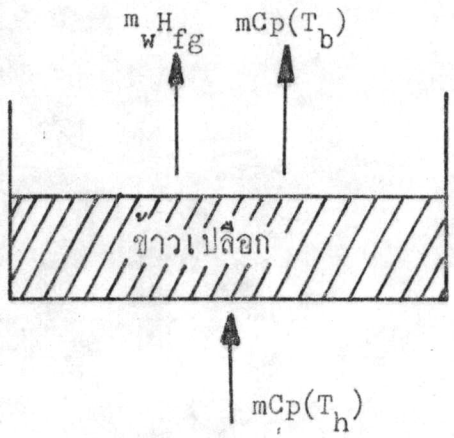
BD ความหนาแน่นของข้าวเปลือก, กิโลกรัมต่อลบ.เมตร

$$= 499.70 + 8.33\left(\frac{Mo \times 100}{Mo + 100}\right) \qquad (21)$$

ส่วนค่าอุณหภูมิสมดุลย์ของอากาศที่ออกจากตู้อบข้าวเปลือกได้จากค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลย์ของอากาศที่ออกจากตู้อบข้าวเปลือกและอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศร้อนที่ผ่านเข้าอบข้าวเปลือกโดยใช้สมการของแผนภูมิไซโครเมตริก(21) โดยที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลย์ของอากาศหาได้จากสมการดังนี้(22)(23)

$$1 - RHE = \exp\left\{-3.45366 \times 10^{-5}(T_h + 46.20056)Mo^{2.4451}\right\}$$

การคำนวณหาอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่ออกจากตู้อบข้าวเปลือกได้จากการสมดุลย์สมการพลังงานของอากาศที่ผ่านเข้าอบข้าวเปลือกดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการสมดุลย์สมการพลังงานของอากาศที่ผ่านตู้อบข้าวเปลือก

$$m.Cp(T_h - T_b)t = m_w.H_{fg}$$

หรือ $$T_b = T_h - \frac{m_w.H_{fg}}{m.Cp.t}$$

เมื่อ T_b เป็นอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่ออกจากตู้อบข้าวเปลือก, °ซ

T_h อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ผ่านเข้าอบข้าวเปลือก, °ซ

m อัตราการไหลของมวลของอากาศ, กิโลกรัมต่อชั่วโมง

Cp ความร้อนจำเพาะของอากาศ, กิโลจูลต่อกิโลกรัม-°ซ

t เวลาที่ใช้ในการอบ, ชั่วโมง

m_w มวลของน้ำที่ถูกดึงออกจากข้าวเปลือก, กิโลกรัม

H_{fg} ความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ, กิโลจูลต่อกิโลกรัม

2.3 พลังงานแสงอาทิตย์

มนุษย์รู้จักใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์มานานแล้ว โดยการนำมาใช้โดยตรงในการดำรงชีวิตประจำวัน เช่น การตากแห้งอาหาร การตากเสื้อผ้า และโดยทางอ้อมคือ การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นๆ (24) แต่เนื่องจากในขณะนั้นน้ำมันเชื้อเพลิง

ยังมีราคาถูกและสะดวกต่อการนำมาใช้ ดังนั้นจึงมีผู้ให้ความสนใจในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ไม่มากนัก

ในปัจจุบันได้มีการมุ่งความสนใจต่อประโยชน์ต่างๆ จากการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้เปล่าและไม่ก่อให้เกิดมลภาวะซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของประเทศต่างๆ ในขณะนี้ ประกอบกับราคาน้ำมันเชื้อเพลิงได้สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีแนวโน้มที่จะขาดแคลนในระยะเวลาอันใกล้นี้ ดังนั้นพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นพลังงานที่น่าสนใจต่อการศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนาและปรับปรุงการนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมโดยเฉพาะในประเทศไทยเป็นอย่างยิ่ง

พลังงานแสงอาทิตย์ถูกถ่ายทอดจากดวงอาทิตย์มายังโลกโดยการแผ่รังสีในลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromagnetic wave) พลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อยู่ในช่วงอุลตราไวโอเล็ท(Ultraviolet) และใกล้อินฟราเรด (Near-infrared) ซึ่งมีความยาวคลื่นระหว่าง 0.2–25 ไมโครเมตร แต่เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์ถูกบิดกั้นด้วยบรรยากาศไว้บางส่วน ดังนั้นพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหลือมายังพื้นโลกส่วนใหญ่จะมีค่าลดลงเหลือเพียงพลังงานที่มีความยาวคลื่นในช่วง 0.29–3.0 ไมโครเมตรเท่านั้น อย่างไรก็ตาม พลังงานในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวเป็นช่วงที่มีค่าพลังงานมากที่สุด(25) และเพียงพอที่จะนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้

2.4 ความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นเอียง

โดยทั่วไป การวัดความเข้มของแสงอาทิตย์นิยมวัดความเข้มของแสงอาทิตย์แบบทั้งหมด(Total radiation) ที่ตกบนพื้นราบ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องเปลี่ยนค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ที่วัดได้บนพื้นราบเป็นความเข้มของแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดบนพื้นเอียง ซึ่งความเอียงเท่ากับมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์

การคำนวณความเข้มของแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดบนพื้นเอียงนั้น เราไม่สามารถคำนวณได้โดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มของแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดประกอบด้วยความเข้มของแสงอาทิตย์แบบรังสีตรง (Beam radiation) และความเข้มของแสงอาทิตย์แบบรังสีกระจาย(Diffuse radiation) อย่างไรก็ตาม Liu และ Jordan(26) ได้หาความ

สัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงอาทิตย์แบบรังสีกระจายและความเข้มของแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดไว้ซึ่งความสัมพันธ์นี้ทำให้สามารถคำนวณหาความเข้มของแสงอาทิตย์แบบรังสีตรงได้จากสมการดังนี้

$$H_D = H_R(1.0045 + 2.6313\ K_t^3 - 3.5227\ K_t^2 + 0.04349\ K_t)$$

โดยที่

$$K_t = \frac{H_R}{H_o}$$

$$H_o = \left\{1 + 0.033 \cos\left(\frac{360.n}{365}\right)\right\} S_c \cos \theta_Z$$

และ

$$H_B = H_R - H_D$$

เมื่อ H_D เป็นความเข้มของแสงอาทิตย์แบบรังสีกระจายบนพื้นราบ, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.

H_B ความเข้มของแสงอาทิตย์แบบรังสีตรงบนพื้นราบ, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.

H_R ความเข้มของแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดบนพื้นราบ, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.

H_o ความเข้มของแสงอาทิตย์นอกบรรยากาศ (Extraterrestrial radiation), กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.

S_c ค่าคงที่สุริยะ (Solar constant), กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.

n วันที่ของปี

θ_z มุมตกกระทบของแสงอาทิตย์บนพื้นราบ, องศา

การคำนวณความเข้มของแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดบนพื้นเอียงนั้น เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศในเขตมรสุม มีเมฆมากตลอดปี(27) ดังนั้นการกระจายของความเข้มของแสงอาทิตย์แบบรังสีกระจายจึงสม่ำเสมอตลอดทั่วท้องฟ้า(28) การคำนวณค่าความเข้มของแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดบนพื้นเอียงสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$H_T = H_B R_B + H_D$$

เมื่อ H_T เป็นความเข้มของแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดบนพื้นเอียง, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.

R_B อัตราส่วนของความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นเอียงต่อความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นราบ

2.5 แผงรับแสงอาทิตย์

แผงรับแสงอาทิตย์ทำหน้าที่รับพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งตกลงบนแผงรับแสงอาทิตย์และแปลงพลังงานนี้เป็นพลังงานรูปอื่นๆ ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยทั่วไปแผงรับแสงอาทิตย์จะแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนให้กับของไหลที่ไหลผ่านแผงรับนั้น ทำให้ของไหลมีอุณหภูมิสูงขึ้นและสามารถนำพลังงานความร้อนจากของไหลมาใช้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบค่าอัตราการสะสมพลังงานของแผงรับแสงอาทิตย์ อุณหภูมิของของไหลที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ และประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

เนื่องจากแผงรับแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดลอง มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมซึ่งมีอากาศไหลผ่านระหว่างกระจกซึ่งเป็นแผ่นปิดด้านบน (Top cover) กับแผ่นดูดแสงอาทิตย์ (Absorber plate) ซึ่งใช้สังกะสีลอนใหญ่ แต่เนื่องจากทฤษฎีที่ใช้ในการหาสมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์ดังกล่าว ยังไม่มีผู้ศึกษาวิจัยไว้ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องตั้งสมมุติฐานเพื่อใช้ในการคำนวณหาสมรรถนะของแผงรับแสงอาทิตย์ดังนี้

1. ให้ลักษณะของแผ่นดูดแสงอาทิตย์มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ โดยมีระยะห่างระหว่างกระจกกับแผ่นดูดแสงอาทิตย์เท่ากับระยะห่างระหว่างกระจกกับส่วนบนสุดของลอนสังกะสีที่ใช้เป็นแผ่นดูดแสงอาทิตย์ในการทดลอง

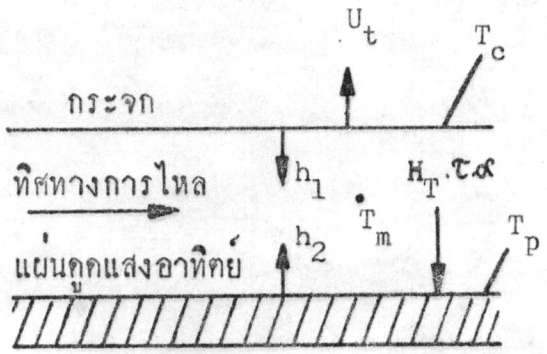
2. เนื่องจากค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบข้าวเปลือกควบคุมไม่ให้เกิน 45 °ซ และมีช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ไม่มากนัก ดังนั้น จึงให้ค่า Collector efficiency factor และ ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนทั้งหมดของแผงรับแสงอาทิตย์มีค่าไม่ขึ้นอยู่กับค่าของอุณหภูมิ โดยไม่คิดค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนทางด้านข้างและด้านล่างของแผงรับแสงอาทิตย์

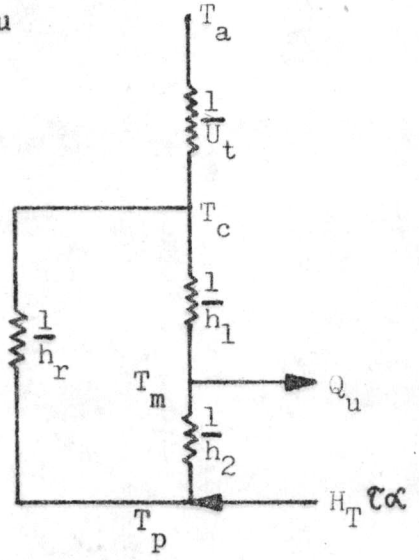
จากรูปที่ 2.2 จะได้สมการสมดุลย์ของการถ่ายเทความร้อนของกระจก อากาศที่ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์ และแผ่นดูดแสงอาทิตย์ดังนี้(25)

$$U_t(T_a - T_c) + h_r(T_p - T_c) + h_1(T_m - T_c) = 0$$

$$H_T.\tau\alpha + h_2(T_m - T_p) + h_r(T_c - T_p) = 0$$

$$h_1(T_c - T_m) + h_2(T_p - T_m) = Q_u$$





รูปที่ 2.3 แสดงภาพตัดขวางของแผงรับแสงอาทิตย์และแผนภูมิการถ่ายเทความร้อน

และจากสมการพลังงานสมดุลย์ทั้ง 3 สมการข้างต้น สามารถคำนวณหาอัตราการสะสมพลังงานของแผงรับแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

$$Q_u = A.F'\{.H_T.\tau.\alpha - U_L(T_m - T_a)\}$$

โดยที่

$$F' = \left[1 + \frac{h_r U_t}{h_r h_1 + h_2 U_t + h_2 h_r + h_1 h_2}\right]^{-1}$$

และ

$$U_L = \frac{U_t}{1 + \dfrac{U_t h_2}{h_1 h_2 + h_1 h_r + h_2 h_r}}$$

เมื่อ

$$h_r = \frac{3.66(T_p^2 + T_c^2)(T_p + T_c)}{\dfrac{1}{\varepsilon_p} + \dfrac{1}{\varepsilon_g} - 1}$$

$$U_t = 3.6\left\{\varepsilon_g \sigma(T_p^2 + T_s^2)(T_p + T_s) + 5.8 + 3.7w\right\} \quad (25)(29)$$

เมื่อ Q_u เป็นอัตราการสะสมพลังงานของแผงรับแสงอาทิตย์, กิโลจูลต่อชั่วโมง

A พื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์, ตร.เมตร

F' Collector efficiency factor

H_T ความเข้มของแสงอาทิตย์บนแผงรับแสงอาทิตย์, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.

τ ค่าการผ่านทะลุกระจกของแสงอาทิตย์

α ค่าการดูดพลังงานของแผ่นดูดแสงอาทิตย์

U_L สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนทั้งหมดของแผงรับแสงอาทิตย์, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.-°ซ

T_m อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในแผงรับแสงอาทิตย์, °ซ

$$= \frac{T_h + T_d}{2}$$

T_a อุณหภูมิแวดล้อมของอากาศ, °ซ

h_r สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีของแผ่นดูดแสงอาทิตย์, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.-°ซ

h_1 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศจากกระจก, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.-°ซ

h_2 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศจากแผ่นดูดแสงอาทิตย์, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.-°ซ

U_t สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านบนของแผงรับแสงอาทิตย์, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.-°ซ

T_c อุณหภูมิของกระจก, °ซ

T_p อุณหภูมิที่แผ่นดูดแสงอาทิตย์, °ซ

T_s อุณหภูมิของท้องฟ้า, °ซ

σ ค่าคงที่สตีเฟน-โบลท์แมนน์, วัตต์ต่อตร.เมตร-°ซ

ε_g ค่าการปล่อยพลังงานของกระจก

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ε_p ค่าการปล่อยพลังงานของแผ่นดูดแสงอาทิตย์

w ความเร็วลม, เมตรต่อวินาที

ส่วนการคำนวณอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์, T_h และประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์, η หาได้จากสมการ

$$T_h = T_d + \frac{Q_u}{m.Cp}$$

และ $$\eta = \frac{Q_u}{A.H_R} \times 100$$

เมื่อ T_h เป็นอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์, °ซ

η ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์, %

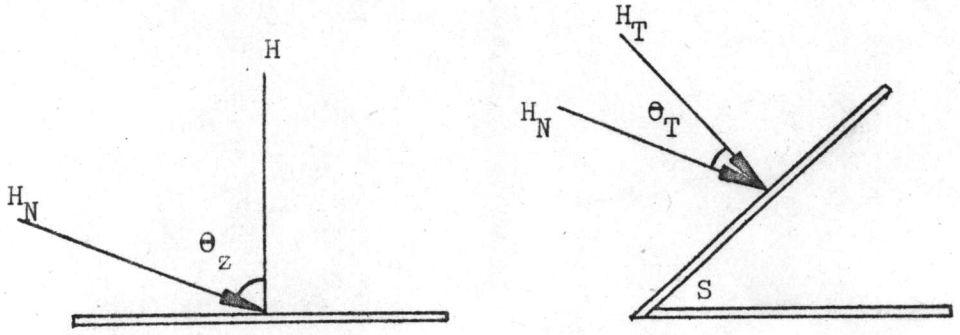
m อัตราการไหลของมวลของอากาศที่ผ่านแผงรับแสงอาทิตย์, กิโลกรัมต่อชั่วโมง

Cp ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ, กิโลจูลต่อกิโลกรัม-°ซ

H_R ความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นราบ, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.

2.6 มุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์

ในการออกแบบแผงรับแสงอาทิตย์นั้น มุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์มีผลต่อประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ด้วย โดยที่มุมเอียงที่ทำให้ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์มีค่ามากที่สุดคือ มุมที่ทำให้อัตราส่วนของความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นเอียงต่อความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นราบ, R_B มีค่ามากที่สุด(28) รูปที่ 2.3 แสดงความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นราบและบนพื้นเอียง



รูปที่ 2.4 ความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นราบและบนพื้นเอียง

อัตราส่วนของความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นเอียงต่อความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นราบ, R_B คำนวณได้จากสมการ

$$R_B = \frac{\cos \theta_T}{\cos \theta_z}$$

โดยที่ $\cos \theta_T$ และ $\cos \theta_z$ คำนวณได้จากสมการ

$$\cos \theta_T = \sin \delta \sin \phi \cos S - \sin \delta \cos \phi \sin S \cos \gamma + \cos \delta \cos \phi \cos S \cos \omega + \cos \delta \sin \phi \sin S \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin S \sin \gamma \sin \omega$$

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega$$

เมื่อ θ_T เป็นมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์บนพื้นเอียง

θ_z มุมตกกระทบของแสงอาทิตย์บนพื้นราบ

ϕ มุมของเส้นรุ้ง (Latitude)

δ มุมเดคลิเนชั่น (Solar declination)

$$= 23.45 \sin(284 + n) \cdot \frac{360}{365}$$

n วันที่ของปี

ω มุมของเวลา(Hour angle) = 15(12 - hour of the day)

S มุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์

γ มุมของแผงรับแสงอาทิตย์ที่เบนออกจากแนวเหนือ–ใต้

สำหรับประเทศไทย ความเข้มของแสงอาทิตย์มีค่าสูงและคงที่เกือบตลอดปี ดังนั้นเพื่อให้มีอัตราส่วนของความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นเอียงต่อความเข้มของแสงอาทิตย์บนพื้นราบมีค่ามากที่สุด และสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ได้ตลอดปี มุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าของมุมของเส้นรุ้งที่แผงรับแสงอาทิตย์ตั้งอยู่(25)(28)