การศึกษาและจำลองแบบของโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์

นาย วีระ พลอยไป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พศ. 2531

ISBN 974-568-852-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

013809

A STUDY AND SIMULATION OF A SOLAR TIMBER DRYER

MR.WEERA PLOYPAI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduate school

Chulalongkorn University

1988

ISBN 974-568-852-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาและจำลองแบบของโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์
โดย	นาย วีระ พลอยไป
ภาควิชา	วิศกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.มานิจ ทองประเสริฐ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.กุลธร ศิลปบรรเลง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศรี จงรุ่งเรือง)

ทอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วีระ พลอยไป : การศึกษาและจำลองแบบของโรงอบไม้พลังงานแล่งอาทิตย์ (A STUDY AND SIMULATION OF A SOLAR TIMBER DRYER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.มานิจ ทองประเล่ริฐ, 132 หน้า

วิทยานิพนธ์นี้ กล่าวถึงการศึกษาการใช้พลังงานแล่งอาทิตย์ในการอบไม้ การศึกษากระทำทั้งทฤษฎีและการทดลอง แบบจำลองทางคณิตศาล่ตร์ของโรงอบไม้พลังงานแล่งอาทิตย์จัดล่ร้างขึ้นเพื่อนำไปใช้ทำนายล่มรรถนะของโรงอบไม้ซึ่งล่ร้างขึ้นที่ศูนย์ดิลปาชีพพิเศษ อำเภอล่ว่างแดนดิน จังหวัดล่กลนคร แบบจำลองทางคณิตศาล่ตร์ที่ได้จัดล่ร้างขึ้นประกอบด้วยแบบจำลองย่อย 3 แบบคือ แบบจำลองแผงรับแล่ง-อาทิตย์ แบบจำลองล่ภาวะอากาศ และแบบจำลองของโรงอบไม้ โรงอบไม้ที่ใช้ทดลองประกอบไปด้วยแผงรับแล่งอาทิตย์ พัดลมดูดอากาศ และห้องอบไม้ แผงรับแล่งอาทิตย์มีขนาด 34.2 ม^2 เอียงทำมุม 17 องศา กับแนวราบ การไหลเวียนและถ่ายเทของอากาศภายในโรงอบและระหว่างแผงรับแล่งอาทิตย์กับภายในโรงอบอาศัยพัดลมขนาด 30" จำนวน 1 ตัว และพัดลมขนาด 16" จำนวน 2 ตัว ล่วนห้องอบไม้มีขนาด 3.45 × 3.85 × 2.10 ม.

ผลการทดลอง ได้ทดลองอบไม้จำนวนล่องครั้ง ครั้งแรกเป็นการอบไม้ประดู่ ปริมาตร 1.33 ม^3 ที่ความชื้นเริ่มต้น 25% ลงมาที่ 12% (มาตรฐานแห้ง) จะใช้เวลา 11 วัน ในขณะที่การตากแห้งใช้เวลา 26 วัน การอบแห้งไม้ครั้งที่ล่องเป็นการอบไม้ยูคาลิปตัลและไม้เลี่ยนปริมาตร 2.0 ม^3 ความชื้นเริ่มต้น 30% ลงมาที่ 12% (มาตรฐานแห้ง) ภายในเวลา 11 วัน ในขณะที่การตากแห้งใช้เวลา 36 วัน การประเมินผลในเชิงเศรษฐศาล่ตร์ของโรงอบไม้ฯ พบว่า เมื่อใช้โรงอบปีละ 8-12 ครั้ง และแต่ละครั้งมีปริมาตรของไม้ที่อบไม่ต่ำกว่า 6.0 ม^3 จะเสียค่าใช้จ่ายในการอบ 14.70-7.40 บาท/ฟุต^3 ซึ่งต่ำกว่าการนำไม้ไปอบโดยโรงงานอุตล่าหกรรม ซึ่งคิดค่าอบไม้ในราคา 18 บาท/ฟุต^3 ผลการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองแบบทางคณิตศาล่ตร์พบว่า ค่าการเปรียบเทียบความชื้นของไม้ที่เวลาใด ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 0.70%

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

WEERA PLOYPAI : A STUDY AND SIMULATION OF A SOLAR TIMBER DRYER : ASSO.PROF. MANIT THONGPRASERT, Ph.D. 132 PP.

This Thesis desoribes the study of a solar energy application in the timber drying process. This included the theoretical and experimental study. The mathematical models for predicting performances of a solar timber dryer, built at the Thai Folk Arts and Crafts center at Amphor Swangdandin Sakhon Nakorn Province, were formulated. The mathemetical model composed of three sub-mathemetical model which represented the flat plate solar collector, fan and drying chamber. The flat plate solar collector area is 34.2 m^2 and tilted 17 degree with horizontal. Air circulation in the drying chamber is through 30" fan and air circulation between the drying chamber and the collector is through two 16" fans. The drying chamber is 3.45 x 3.85 x 2.10 meters.

The drying experiment consisted of two experimants. First experimental results indicated that 1.33 m^3 of Pterocarpus macrocarpus (Pradoo) and Afzelia xylocarpa (Ma-ka) drying were reduced from 25 % down to 12 % moisture content (dry basis). Drying time was 11 days for solar drying while for nautural drying was 26 days. The others that 2.0 m^3 of Eucalyptus camaldulensis and Melia azedarach (Lien) drying were reduced from 30 % down to 12 % moisture content (dry basis). Drying time was 11 days for solar drying while for nautural drying was 36 days. An economic evaluation results of the solar timber dryer indicated that the dryer is operated at its much more 6.0 m^3 with 8-12 times of utilization per year will yield the drying cost of 14.70-7.40 bahts/ft^3 which lower than the drying cost of 18 baths/ft^3 charged by industry. The wood moisture content measured from the experiment and the one predicted from the propersal mathematical model are different in the order of 0.70 %.

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยมาด้วยดีตลอด และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ได้รับมาจากสำนักงานพลังงานแห่งชาติ จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และครูทุกท่านของศูนย์ศิลปาชีพพิเศษ บ้านกุดนาขาม อ.สว่างแดนดิน จ.สกลนคร ที่ช่วยเหลือเป็นอย่างดีในระหว่างทำการทดลอง

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....จ
กิตติกรรมประกาศ .....ช
สารบัญตาราง .....ช
สารบัญภาพ .....ฌ
คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ .....ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 2
1.2 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
1.3 วัตถุประสงค์ 8
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 8
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย 9
1.6 ความสำคัญหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัย 9

บทที่ 2 ทฤษฎี 12
2.1 คำนำ 12
2.2 แผงรับแสงอาทิตย์ 15
2.3 ความร้อนสูญเสียผ่านส่วนต่าง ๆ ของโรงอบไม้ 17
2.4 ค่าความชื้นของไม้ 18
2.5 สมดุลย์ความชื้น 19
2.6 สมดุลย์พลังงาน 22

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย 25
3.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 25
3.2 การสร้างโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์ 26
3.3 อุปกรณ์การวิจัย 29
3.4 เครื่องมือวัด 31

หน้า

3.5 วิธีการทดลอง 33

บทที่ 4 ผลการทดลอง 35

4.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในโรงอบไม้ 37

4.2 การเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ 37

4.3 การเปรียบเทียบความชื้นของไม้ 60

4.4 การเปรียบเทียบความชื้นไม้จากการอบแห้งและตากแห้ง 61

4.5 ผลการทดสอบคุณภาพไม้ 61

บทที่ 5 การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ 66

5.1 เงินลงทุน 66

6.2 การวิเคราะห์ 67

6.3 การเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างการอบไม้โดยโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์กับการตากไม้โดยวิธีธรรมชาติ 72

บทที่ 6 สรุป วิจารณ์และข้อเสนอแนะ 73

6.1 สรุปวิธีทดลอง 73

6.2 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ 74

6.3 ข้อเสนอแนะ 76

เอกสารอ้างอิง 78

ภาคผนวก ก แผนภูมิโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 80

ภาคผนวก ข โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 83

ภาคผนวก ค แบบก่อสร้างโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์ 107

ภาคผนวก ง ข้อมูลและผลการทดลอง 117

ภาคผนวก จ ข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ยของจังหวัดสกลนคร 123

ภาคผนวก ฉ ตารางการอบไม้ 125

ประวัติผู้เขียน 132

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ความชื้นสมดุลย์ของไม้(มาตรฐานแห้ง) ที่สภาวะต่าง ๆ 3
5.1 ราคาการประเมินค่าไฟฟ้าสำหรับการอบไม้ขนาดปริมาตรต่าง ๆ 67
5.2 แสดงค่าใช้จ่ายรายปีของโรงอบเมื่อใช้งานปีละ 6 ครั้ง 69
5.3 แสดงค่าใช้จ่ายรายปีของโรงอบเมื่อใช้งานปีละ 8 ครั้ง 69
5.4 แสดงค่าใช้จ่ายรายปีของโรงอบเมื่อใช้งานปีละ 10 ครั้ง 70
5.5 แสดงค่าใช้จ่ายรายปีของโรงอบเมื่อใช้งานปีละ 12 ครั้ง 70
5.6 ความได้เปรียบเสียเปรียบเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างการลดความชื้นไม้
โดยวิธีตากธรรมชาติและการใช้โรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์ 71
ค.1 ตารางรายการวัสดุ 108
ง.1 ข้อมูลและผลการทดลองอบไม้ครั้งที่ 1 (ไม้ประดู่หนา 20 มม.) 117
ง.2 ข้อมูลและผลการทดลองอบไม้ครั้งที่ 2 (ไม้เลี่ยนหนา 1.5 นิ้ว) 120

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

1.1 รูปแบบทั่วไปของโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์ 6
1.2 โรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์ของ GUZMAN 6
2.1 การเปลี่ยนแปลงมวลและความชื้นของวัสดุชื้น 13
2.2 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง 13
2.3 แสดงภาพตัดขวางของแผงรับแสงอาทิตย์ 15
2.4 แสดงการไหลของพลังงานของโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์ 20
2.5 สมดุลย์พลังงานภายในโรงอบ 22
3.1 แสดงโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์ 30
3.2 การติดตั้งพัดลมดูดอากาศภายในโรงอบไม้ ฯ 30
3.3 ชุดอุปกรณ์บันทึกค่าความเข้มแสงอาทิตย์ (PYRANOMETER) 32
3.4 เครื่องมือวัดความชื้นไม้ 32
3.5 ชุดเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 33
4.1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองหาค่าอัตราการสูญเสียพลังงานความร้อน
ทั้งหมดของโรงอบไม้ ฯ 35
4.2 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ
ของวันที่ 5 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 1) 38
4.3 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ
ของวันที่ 6 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 1) 39
4.4 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ
ของวันที่ 7 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 1) 40
4.5 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ
ของวันที่ 8 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 1) 41
4.6 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ
ของวันที่ 9 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 1) 42
4.7 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ
ของวันที่ 10 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 1) 43

รูปที่ หน้า

4.8 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 11 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 1) 44
4.9 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 12 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 1) 45
4.10 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 13 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 1) 46
4.11 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 14 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 1) 47
4.12 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 15 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 1) 48
4.13 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 25 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 2) 49
4.14 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 26 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 2) 50
4.15 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 27 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 2) 51
4.16 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 28 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 2) 52
4.17 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 29 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 2) 53
4.18 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 30 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 2) 54
4.19 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 31 ตุลาคม 2530 (การทดลองครั้งที่ 2) 55
4.20 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 1 พฤศจิกายน 2530 (การทดลองครั้งที่ 2) 56
4.21 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 2 พฤศจิกายน 2530 (การทดลองครั้งที่ 2) 57

รูปที่ หน้า

4.22 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 3 พฤศจิกายน 2530 (การทดลองครั้งที่ 2) 58
4.23 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบไม้ ฯ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 4 พฤศจิกายน 2530 (การทดลองครั้งที่ 2) 59
4.24 ความเข้มแสงอาทิตย์ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 6 ตุลาคม 2530 60
4.25 การปิดเปิดพัดลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 นิ้ว และความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศภายในโรงอบไม้และบรรยากาศ ที่เวลาใด ๆ ของวันที่ 6 ตุลาคม 2530 60
4.26 เปรียบเทียบความชื้นไม้จากการทดลองอบครั้งที่ 1 (ไม้ประดู่) กับความชื้นไม้ที่ได้จากการคำนวณ 63
4.27 เปรียบเทียบความชื้นไม้จากการทดลองอบครั้งที่ 2 (ไม้ยูคาลิปตัสและไม้เลี่ยน) กับความชื้นไม้ที่ได้จากการคำนวณ 63
4.28 แสดงการกองไม้ภายในโรงอบ 64
4.29 การตากไม้โดยวิธีธรรมชาติ 64
4.30 เปรียบเทียบระยะเวลาของการลดความชื้นไม้ประดู่หนา 20 มม. จากความชื้น 25% ลงมาที่ 12% (มาตรฐานแห้ง) โดยใช้โรงอบไม้ใช้เวลา 11 วัน กับการตากแห้งใช้เวลา 26 วัน 65
4.31 เปรียบเทียบระยะเวลาของการลดความชื้นไม้เลี่ยนหนา 1.5 นิ้ว จากความชื้น 30% ลงมาที่ 12% (มาตรฐานแห้ง) โดยใช้โรงอบไม้ใช้เวลา 11 วัน กับการตากแห้งใช้เวลา 36 วัน 65
ก.1 แผนภูมิของโปรแกรมหลักของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 80
ก.2 แผนภูมิของโปรแกรมย่อย WTBULB ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 81
ก.3 แผนภูมิของโปรแกรมย่อย COLLEC ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 82
ค.1 ภาพสามมิติของแบบภายนอกโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์ 109
ค.2 แบบภายนอกโรงอบไม้ ภาพด้านข้าง 110
ค.3 แบบภายนอกโรงอบไม้ ภาพด้านหลัง 111
ค.4 แบบภายนอกโรงอบไม้ ภาพด้านหน้า 112
ค.5 ภาคตัดของผนังโรงอบไม้ 113
ค.6 โครงสร้างหลังคา 114
ค.7 ภาพด้านบนของแผงรับแสงอาทิตย์ 115
ค.8 ภาพขยายประตู 116

คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ

τ - ค่าการผ่านทะลุของกระจกของแสงอาทิตย์

α - ค่าการดูดพลังงานแสงอาทิตย์ของแผ่นดูด

δ - ค่าคงที่ของสเตเฟ่น-โบลท์แมน (watt/m^2)

ε - ค่าการปล่อยพลังงาน

ρ - ความหนาแน่น (kg/m^3)

ρ_o - ความหนาแน่นของไม้แห้งความชื้นศูนย์ (kg/m^3)

θ - อุณหภูมิ ($^\circ$C)

$\theta_{a,i}$ - อุณหภูมิของอากาศขณะเข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ ($^\circ$C)

$\theta_{a,o}$ - อุณหภูมิของอากาศขณะออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ ($^\circ$C)

η - ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ (%)

A_a - พื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ (m^2)

C - ค่าความร้อนจำเพาะ (kJ/kg.k)

F' - เฟคเตอร์ประสิทธิภาพตัวรับรังสี

F_R - เฟคเตอร์ที่แสดงประสิทธิภาพตัวรับรังสี

G - อัตราการไหลของอากาศต่อหน่วยพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ (kg/m^2)

H_T - ความเข้มของแสงอาทิตย์บนแผงรับแสงอาทิตย์ (watt/m^2)

h - สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์ (watt/m^2.$^\circ$C)

h_r - สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีของแผ่นดูดแสงอาทิตย์ (watt/m^2.$^\circ$C)

i - อัตราดอกเบี้ย (%)

k - สัมประสิทธิ์ของการเคลื่อนที่ของน้ำ (m/hr)

k_o - ค่าคงที่สัมประสิทธิ์ของการเคลื่อนที่ของน้ำ (m/hr)

L_v - ความร้อนแฝงของน้ำ (kJ/kg)

m - น้ำหนัก (kg)

n - จำนวนปีของอายุการใช้งานโรงอบไม้

P - ราคาต้นทุนหลักในปีปัจจุบัน

P_F - กำลังงานของพัดลม (watt)

Q - อัตราการระบายอากาศ (kg/hr)

Q_{loss} - พลังงานความร้อนสูญเสียผ่านโครงสร้างโรงอบไม้ (watt)

Q_u - อัตราการสะสมพลังงานของแผงรับแสงอาทิตย์ (watt)

R - ความต้านทานการถ่ายเทความร้อนภายในโรงอบไม้กับบรรยากาศ ($^{\circ}C$/watt)

U - ความชื้นไม้

U_b - สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านล่างของแผงรับแสงอาทิตย์ (watt/m^2.$^{\circ}C$)

U_t - สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านบนของแผงรับแสงอาทิตย์ (watt/m^2.$^{\circ}C$)

U_L - สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมของแผงรับแสงอาทิตย์ (watt/m^2.$^{\circ}C$)

V - ปริมาตรอากาศภายในโรงอบไม้ (m^3)

X - ความชื้นสมบูรณ์ของอากาศ (kg/m^3)

x - ความหนาของชื้นไม้ (m)

ตัวห้อยท้าย (subscript)

A,a - อากาศ

c - กระจกใส

d - มาตรฐานแห้ง

e - สมดุลย์

h - เวลาใด ๆ

i - ภายในโรงอบไม้

m - อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในแผงรับแสงอาทิตย์

o - ความชื้นศูนย์

p - แผ่นดูดพลังงาน

s - โครงสร้างโรงอบไม้

T - ไม้

Δt - ช่วงเวลา

w - มาตรฐานเปียก

ตัวยกกำลัง (superscript)

C - ค่าถูกต้อง

P - ค่าทำนาย