6

การใช้ประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์ กับอุตสาหกรรมการอบแห้งอาหารในประเทศไทย

นายปัญญา พิทักษ์กุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.๒๕๒๕

ISBN 974-561-740-7

010370

I16549090

AN APPLICATION OF SOLAR ENERGY TO FOOD DRYING INDUSTRY IN THAILAND

Mr. Panya Pitakgul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

ISBN 974-561-740-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์กับอุตสาหกรรมการอบแห้งอาหารในประเทศไทย
โดย	นายปัญญา พิทักษ์กุล
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร ตัณฑสุทธิ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์จรูญ มหิทธาฟองกุล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์จันทนา จันทโร)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์กับอุตสาหกรรมการอบแห้งอาหารในประเทศไทย
ชื่อนิสิต	นายปัญญา พิทักษ์กุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. มานิล ทองประเสริฐ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2525

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความมุ่งหมายเพื่อการศึกษาการใช้ประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์กับอุตสาหกรรมการอบแห้งอาหารในประเทศไทย อันจะเป็นการประหยัดพลังงาน เช่น พลังงานจากน้ำมัน และเป็นแนวทางในการประยุกต์นำไปใช้ในทางปฏิบัติกับอุตสาหกรรมดังกล่าว การศึกษาได้กำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

1. ศึกษาเฉพาะโรงงานอบพืชและไซโลที่ได้เลือกมาเป็นตัวอย่างเพียงโรงงานเดียวอันมีข้าวโพดเป็นผลิตภัณฑ์หลักเพียงอย่างเดียว

2. ศึกษาเฉพาะระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงรับแสงอาทิตย์ในการอุ่นอากาศก่อนที่จะเข้าระบบให้ความร้อนหลัก ด้วยเหตุที่แผงรับแสงอาทิตย์เป็นส่วนสำคัญที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงถึง 50% โดยประมาณของเงินลงทุนทั้งหมด และเป็นส่วนที่กำหนดค่าใช้จ่ายโดยตรงต่อพลังงานความร้อนที่ได้รับ จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาโดยละเอียดในส่วนของแผงรับแสงอาทิตย์ทั้งชนิดที่ไม่มีกระจกปิดกั้น 1 แบบ และที่มีกระจกปิดกั้น 1 ชั้น 2 แบบ โดยที่ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ไม่มีการใช้หน่วยเก็บสะสมความร้อน

การศึกษาจะกระทำโดยการออกแบบระบบผลิตอากาศร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ให้ทำงานร่วมกับระบบผลิตอากาศร้อนของโรงงาน โดยกำหนดชนิดและคุณสมบัติของแผงรับแสงอาทิตย์ต่าง ๆ กัน

เพื่อที่จะหาแบบที่จะให้ค่าใช้จ่ายทางพลังงานความร้อนต่ำที่สุด ทำการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ของระบบผลิตอากาศร้อนร่วมกันของพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานความร้อนจากน้ำมันเพื่อใช้ในการอบแล้ว ทำการคำนวณประมวลผลจากแบบจำลองโดยผ่านทางการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ นำผลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตอากาศร้อนร่วมและระบบผลิตอากาศร้อนจากน้ำมันทั้งหมด โดยการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในระบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ต่อหน่วยความร้อนที่ได้จากระบบในการออกแบบต่าง ๆ กับค่าใช้จ่ายต่อหน่วยความร้อนที่ได้จากน้ำมัน

ผลจากการศึกษาพบว่าระบบผลิตอากาศร้อนร่วมไม่สามารถจะมีความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ เพราะช่วงระยะเวลาในการอบสั้นโดยประมาณ 3 เดือน ใน 1 ปี เท่านั้น ซึ่งจะเป็นการใช้ประโยชน์ในระบบรับพลังงานแสงอาทิตย์เพียง 25% ของความสามารถของระบบ ถ้าการร่วมกันในการผลิตอากาศร้อนมีระยะเวลาเพียง 3 เดือน ใน 1 ปี ค่าใช้จ่ายของพลังงานแสงอาทิตย์จะสูงถึง 0.2579 บาท/เมก.จูลส์ ในขณะที่ค่าใช้จ่ายสำหรับน้ำมันเมื่อคิดตามราคาของพลังงานความร้อนจากน้ำมันเพียง 0.1196 บาท/เมก.จูลส์ แม้ว่าราคาของน้ำมันจะขึ้นโดยประมาณ 10% ต่อปี ก็ตามการลงทุนในโครงการดังกล่าวจะทำให้ขาดทุนถึง 50,767 บาท ต่อปี ตลอดระยะเวลา 15 ปี ของอายุการใช้งานของระบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนระยะเวลาคืนทุนของโครงการนั้นไม่สามารถจะกำหนดได้เพราะแม้จะหมดอายุการใช้งานแล้ว ผลตอบแทนจากการลงทุนก็ยังไม่คุ้มทุน เมื่อคิดในส่วนของอัตราผลตอบแทนประมาณว่าเพียง 9.4% ต่อปี เท่านั้น ในขณะที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้โดยทั่วไปเท่ากับ 16.5% ต่อปี จึงได้ทำการเสนอแนะว่าควรที่จะพยายามหาทางใช้ประโยชน์จากระบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ให้มากขึ้นโดยการจัดหาเมล็ดพันธุ์พืชชนิดอื่นที่ต้องการอบแห้งมาทำการอบในช่วงที่ไม่ใช่ฤดูของการอบเมล็ดข้าวโพด และจากการศึกษาประมาณว่าถ้าขยายเวลาในการใช้ประโยชน์เป็น 5 เดือน หรือมากกว่าใน 1 ปี ก็จะทำให้ระบบผลิตอากาศร้อนร่วมมีความสามารถจะเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์

Thesis Title	An Application of Solar Energy to Food Drying Industry in Thailand
Name	Mr. Panya Pitakgul
Thesis Advisor	Associate Professor Sirichan Thongprasert, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Associate Professor Manit Thongprasert, Ph.D.
Department	Industrial Engineering
Academic Year	1982

ABSTRACT

The main objective of the thesis is to study an application of solar energy to food drying industry in Thailand in order to save conventional energy (such as oil) and conducting an application in a practical field in the industry. The scope of the study included:

1. A study of a selected Silo and drying factory with maize as its major product for the real operation of the plant.

2. A study of a solar system using the solar collectors in preheating the air entering the major heating system. For the reasons that the solar collectors have the cost of investment about 50% of the total investment they dictate on the solar cost. It is essential to study on both the single glazed collectors and the unglazed collector. Also the solar system does not have the thermal storage unit.

The studies were conducted by a design of a solar heating system to join with the major heating system of the plant. Various specifications of the solar collectors had been given in determining the best

design in which the solar cost is the lowest by the simulation on a mathematical model of a hybrid system of solar and oil as its energy sources for drying operation. The computer had been used in generated the results from the simulation model. The results from the simulation model had been used in an economic analysis of a hybrid system and a total oil system by comparing between the solar costs per thermal unit and the oil fuel cost per thermal unit.

The results from the study indicated that the hybrid system was not economically feasible because the operation period of the system was short (3 months a year), the utilization on the solar system is only 25% of its capacity. If the hybrid was to be operated 3 months a year the solar cost would be 0.2579 Baht per Mega Joule while the cost of oil fuel was only 0.1196 Baht per Mega Joule. Even the price of oil fuel increases approximately 10% a year, the investment on the project will lose 50,767 Baht a year for 15 years of the operating life of the solar system. The payback period of the project can not be determined since the returns on investment can not cover the capital investment. The rate of return is approximately 9.4% a year while the lending rate is generally 16.5% a year. The recommendation is to extend the utilization on the solar system by providing the other cereal grains for drying in the part of the time that is not the corn drying season. From the studies it indicates that, when the utilization is extended to 5 months or more in a year, the hybrid system is economically feasible.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ก็เพราะความกรุณาของอาจารย์ 2 ท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาแก่ผู้เขียนมาโดยตลอดในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้การตรวจทานแก้ไข จึงทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ ซึ่งทำให้ผู้เขียนมีความรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณของอาจารย์ที่มีต่อผู้เขียน และเมื่อถึงโอกาสอันควรนี้ ผู้เขียนจึงขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และ รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม มา ณ ที่นี้ด้วย

นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณวสันต์ สรรประดิษฐ์ ผู้จัดการโรงงานไซโลสหกรณ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในส่วนข้อมูลของโรงงาน วิศวกรประจำโรงงาน ที่ให้ความช่วยเหลือในการอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

ปัญญา พิทักษ์กุล

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

รายการตารางประกอบ ..... ฌ

รายการรูปประกอบ ..... ญ

บทที่

1. บทนำ 1

2. การศึกษาการอบแห้งอาหารพวกเมล็ดพืช 20

3. การศึกษากรรมวิธีในการอบแห้งของโรงงานตัวอย่าง 21

4. การออกแบบระบบผลิตอากาศร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับกรรมวิธีในการอบ 39

5. การจำลองระบบผลิตอากาศร้อนโดยคอมพิวเตอร์ 55

6. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 85

7. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ 108

เอกสารอ้างอิง 111

ภาคผนวก 114

ประวัติ 142

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

5.1 รายงานข้อมูลสำหรับวันที่ 15 กันยายน 74

5.2 แสดงค่า Δh ในท่อส่งชุดที่ 1 77

5.3 แสดงค่า Δh ในแผงรับแสงอาทิตย์แต่ละแผง 78

5.4 เฮดลอสเนื่องจากทางเข้าที่แผงรับ 79

5.5 เฮดลอสเนื่องจากความเร็วที่ทางออกของท่อส่งขนาด 1x1 ม. 79

5.6 แสดงความต้องการกำลังไฟฟ้าของพัดลมชุดที่ 1 80

6.1 คำนวณมูลค่าเงินที่เพิ่มขึ้นเป็นปีปัจจุบัน 91

6.2 แสดงค่าใช้จ่ายต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับจากระบบ..... 93

6.3 แสดงค่าใช้จ่ายมีส่วนสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ประโยชน์และอัตราดอกเบี้ย 95

6.4 แสดงผลรวมของผลประโยชน์ที่ได้รับเทียบเป็นปีปัจจุบันเมื่อระยะเวลาที่ใช้ประโยชน์ของระบบแผงรับแสงอาทิตย์เป็น 8 เดือน และมีอัตราการเพิ่มของราคาน้ำมันเป็น 10% ต่อปี 97

6.5 มูลค่าพลังงานที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์เทียบเท่าเป็นเงินสดรับรายปี 102

6.6 แสดงระยะเวลาคืนทุนเมื่อระยะเวลาในการใช้ประโยชน์ของระบบแผงรับแสงอาทิตย์มีค่าต่าง ๆ กัน 104

6.7 แสดงค่าอัตราผลตอบแทน (%) เมื่อระยะเวลาของการใช้ประโยชน์ของระบบรับพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าต่าง ๆ กัน 106

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	Psychrometric Chart ของขบวนการอบแห้ง	10
2.2	Psychrometric Chart แสดงการปฏิบัติงานของเครื่องอบแห้งชนิดในแบบที่มีการหมุนเวียนกลับและแบบที่ไม่มีการหมุนเวียนกลับ	11
2.3	รูปแบบของกรรมวิธีการอบแห้งเป็นชุดในลักษณะต่าง ๆ	13
2.4	ส่วนตัดของเครื่องอบเป็นชุดแบบคอลัมน์	16
2.5	แสดงลักษณะ 3 แบบ ของเครื่องอบแห้งที่มีการไหลต่อเนื่อง	17
2.6	Cross-Flow Dryer with Forced-Air Drying and Cooling	18
2.7	Cross-Flow Dryer with Forced-Air Drying and Reverse-Flow Cooling	18
2.8	ส่วนตัดของเครื่องอบแห้งชนิดที่ไหลตามกัน	19
2.9	เครื่องอบแห้งชนิดที่ไหลทวนในถัง 3 แบบ	20
3.1	ขั้นตอนของระบบการผลิต	22
3.2	BLOCK DIAGRAM OF 4-STAGE CROSSFLOW DRYER	23
3.3	แสดงการจัดส่วนต่าง ๆ เข้ากับหออบ	25
3.4	แสดงโครงสร้างแบบกล่องเป็นชั้นของหออบ	27
3.5	แสดงส่วนประกอบที่เป็นชั้นของหออบ	29
3.6	แสดงส่วนตัดของเครื่องถ่ายเมล็ด	30
3.7	แสดงการจัดวางภายในอาคารเผาไหม้	32
4.1	แสดงโครงสร้างของถังเก็บเมล็ดที่เป็นถังรูปทรงกลม	40
4.2	แสดงรูปแบบอาคารของโรงงาน	41
4.3	แสดงทิศทางของแนวหลังคา ส่วนที่ติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์และแนวการวางท่อส่งอากาศจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์สู่ห้องเผาไหม้	42

รูปที่		หน้า
4.4	รูปลักษณะของ Air Collectors ที่ทำการศึกษา	45
4.5	แสดงลักษณะโครงสร้างของตัวกล่องแผงรับแสงอาทิตย์	47
4.6	แสดงความดันที่กระทำบนกระจกในส่วนที่พิจารณา	49
4.7	รูปตัดของกล่องแผงรับแสดงตำแหน่งและลักษณะของเส้าค้ำ	54
5.1	รูปแบบจำลองของระบบผลิตอากาศร้อน	56
5.2	โครงร่างการส่งผ่านข้อมูลและการกำหนดพารามิเตอร์ของส่วนประกอบที่แสดงเป็นแผงรับแสงอาทิตย์	59
5.3	แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดอากาศเป็นของไหลทำงาน	63
5.4	แสดงลักษณะของแผงรับแสงอาทิตย์แบบ Type E ไม่มีกระจก และโครงข่ายความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์แบบนี้	66
5.5	โครงร่างการส่งผ่านข้อมูลสำหรับแผงรับแสงอาทิตย์ 3 แบบ	69
5.6	โครงร่างการส่งผ่านข้อมูลของระบบผลิตอากาศร้อน	71
5.7	แสดงจำนวนที่ต้องพิจารณาเมื่อกำหนด Type D เพียงแบบเดียวของแผงรับแสงอาทิตย์ที่จะศึกษา	83
6.1	แสดงถึงผลของระยะเวลาที่ใช้ประโยชน์ต่อการประหยัดค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง .	99