

การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อนและวิเคราะห์ต้นทุนของผนังกระจก

A Comparison between Thermal Properties and Analysis of Cost Glazed Walls

อำนาจ จันทน์กะพ้อ¹ วิชาญ วิมานจันทร์² และปรีดา จันทวงษ์³

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อนและวิเคราะห์ต้นทุนของผนังกระจกที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดจากการทดลอง วัดคุณสมบัติของการศึกษานี้เพื่อทำการศึกษาและทดสอบผนังกระจกใสธรรมดา กับกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า และวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างกระจกที่ใช้ในบ้านทดสอบ จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกระจกใสธรรมดา กับกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า พบว่า ห้องที่ติดตั้งผนังกระจกที่มีคุณสมบัติพิเศษ มีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าห้องที่ติดตั้งกระจกใส และสามารถลดค่าความร้อนผ่านกระจกได้ดีกว่าห้องที่ติดตั้งผนังกระจกใสและกระจกที่มีคุณสมบัติพิเศษ จะมีปริมาณแสงธรรมชาติที่ใกล้เคียงกับห้องที่ติดตั้งกระจกใส การศึกษาผลการประหยัดได้ของการติดตั้งผนังกระจกที่มีคุณสมบัติพิเศษแทนผนังกระจกใสธรรมดา พบว่า กรณีการติดตั้งผนังกระจกที่มีคุณสมบัติพิเศษ สามารถลดภาระการทำความเย็นได้มากที่สุด แต่เมื่อคำนึงถึงเงินลงทุนที่แตกต่างกัน มีเพียงกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำเท่านั้นที่คุ้มค่าต่อการลงทุน คือ มีระยะเวลาคืนทุน 2.5 ปี และอัตราผลตอบแทนการลงทุนร้อยละ 40 ต่อปี เมื่อติดตั้งกระจกนี้แทนกระจกใสหน้าต่างด้านทิศใต้ของบ้านพักอาศัยต้นแบบนี้

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ต้นทุน, ผนังกระจก, ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์, แสงธรรมชาติ, ค่าความร้อนไหลผ่านผนัง

Abstract

This paper presents a comparison between thermal properties and analysis of commercial glazed walls cost from experiments. The objectives of this study are to investigate and test thermal properties of clear glass, clear glass low-e and reflective blue glass and to analyze economic use of various glazing materials in buildings. Comparative study between clear glass, clear glass low-e and reflective blue glass revealed that indoor temperature of clear glass low-e and reflective blue glass wall rooms was less than that of clear glass wall room, and better reduced heat from solar radiation whereas the daylight was nearly the same as clear glass window rooms. The results also showed that the clear glass low-e and reflective blue glass windows can reduce the cooling energy. In the economic analysis, the low-e was found to be the best choice for investment. Its pay period is 2.5 years and rate of return is 40 % per year when these glass are used to replace the clear glass windows in the south façade of the house.

Keywords: Analysis of cost, Glazed walls, Solar radiation, Daylight, Heat flux

¹อาจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์, กรุงเทพมหานคร

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

³อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1. บทนำ

การสร้างบ้านพักอาศัยหรืออาคารสำนักงาน ปัจจุบันนิยมใช้หน้าต่างกระจก เนื่องจากมีน้ำหนักน้อยกว่าผนังคอนกรีตร้อยละ 50-70 ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในงานโครงสร้างได้ ขณะที่มีความปลอดภัยเท่าเทียมหน้าต่างกระจกสามารถมองเห็นทัศนียภาพภายนอกอาคาร ซึ่งให้ความรู้สึกที่ดีแก่ผู้ที่อยู่ในอาคาร ให้ความสวยงามภายนอกและได้แสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคาร (ช่วงเวลากลางวัน) จากสมบัติทางความร้อนของกระจก ป้องกันความร้อน (รังสีคลื่นยาว) เข้าสู่ภายในอาคารและยอมให้แสง (รังสีคลื่นสั้น) ส่องผ่านเข้าสู่ภายในบ้านพักอาศัย (แสงผ่านเข้ามาได้ในช่วง 300-750 นาโนเมตรและให้การสะท้อนพลังงานของอาคารที่มีค่าสูงในช่วงที่สูง 750 นาโนเมตร) แต่แสงธรรมชาติที่ส่องผ่านกระจก เข้าสู่ภายในบ้านที่ตกกระทบบนวัตถุที่อยู่ภายใน ทำให้เกิดการสะสมความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในบ้านสูง ทำให้ต้องใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อระบายอากาศภายในบ้าน ส่งผลให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นและเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น สำหรับการดำรงชีวิตในปัจจุบันนี้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่ออำนวยความสะดวกสบายให้เกิดคุณภาพชีวิตที่ดี และสามารถแบ่งรายละเอียดต่าง ๆ ของการใช้ไฟฟ้าได้ ดังนี้ จากเครื่องปรับอากาศ 60% แสงสว่าง 20% และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ 20% จากปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการศึกษา ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติเพื่อลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดย Pongsatirat [1] ได้ทำการศึกษาลดกระจกระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีโครงสร้างประกอบด้วยกระจกสองชั้นมีช่องว่างตรงกลางระหว่างกระจก ช่องเปิดด้านบนอยู่ภายนอกและด้านล่างอยู่ภายในบ้าน ซึ่งมีหลักการที่ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของอากาศภายในช่องว่างกระจก จึงช่วยระบายอากาศจากภายในบ้านสู่ภายนอกบ้านทำให้อุณหภูมิอากาศภายในใกล้เคียงกับสิ่งแวดล้อมสามารถลดภาระความร้อนจากหน้าต่างกระจกและช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ และต่อมาในต่างประเทศได้มีการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมและสัมประสิทธิ์ทางความร้อนแสงอาทิตย์ของกระจกทั้งสามชนิด ซึ่งประกอบด้วย กระจกชั้นเดียว สองชั้นและกระจกสมรรถนะสูงหรือกระจกพิเศษที่มีจำหน่ายในท้องตลาดโดย Harrioson และคณะ [2] จากการศึกษา พบว่า กระจกพิเศษสามารถลดค่าความร้อนผ่านกระจกได้ดีกว่ากระจกชั้นเดียว และต่อมาได้มีการศึกษารววิเคราะห์สมดุลพลังงานและความคุ้มค่าในการลงทุนเศรษฐศาสตร์เพื่อเปรียบเทียบระหว่างตำแหน่งทิศทางการติดตั้งกระจก สำหรับการใช้งานของอาคารแตกต่างกันและได้มีการศึกษาเปรียบเทียบกระจกชนิดต่างๆ [3-9] ซึ่งในต่างประเทศได้มีการศึกษากันอย่างแพร่หลายทั่วไปและในประเทศยังมีการศึกษาวิจัยไม่มากนัก

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อนและวิเคราะห์ต้นทุนของผนังกระจกที่ใช้ในงานก่อสร้างซึ่งมีอยู่อย่างแพร่หลายในท้องตลาด (A comparison between thermal properties and analysis of cost commercial glazed walls) โดยจะทำการศึกษาคูณสมบัติ

ทางความร้อนของกระจกทั้งสามแบบประกอบด้วย กระจกใสธรรมดา (Clear glass) กระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ (Low-e, Clear glass) และกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า (Solar reflective glass: RG) ทำการทดสอบกระจกโดยติดตั้งบนผนังของบ้านทดสอบทั้งสองหลังที่มีขนาดปริมาตรเท่ากับ 1 m^3 หน้าต่างมีขนาดพื้นที่ประมาณ 0.5 m^2 และหันไปทางทิศใต้ ซึ่งจะทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกระจกใสธรรมดากับกระจกชนิดอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

2. ทฤษฎีและการทดลอง

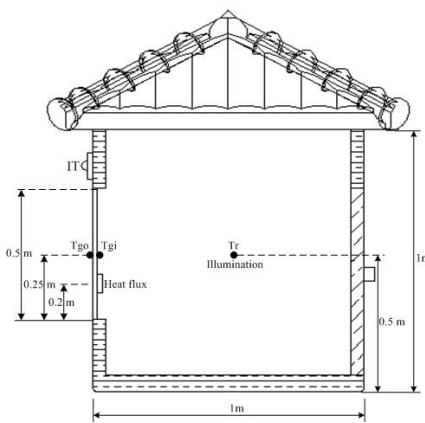
2.1 การทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของกระจก

ทดสอบค่าคุณสมบัติทางความร้อนของเนื้อวัสดุ [10] ซึ่งประกอบด้วย ค่าความหนาแน่น (Density) การนำความร้อน (Thermal Conductivity) และความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity) จากที่กล่าวมา ค่าทางความร้อนจำเพาะของวัสดุทั้งสองชนิดจะแสดงให้เห็นความสามารถในการป้องกันความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคารและความร้อนแฝงที่อยู่ภายในเนื้อวัสดุได้ นำวัสดุทั้งสองชนิดไปทดสอบค่าความหนาแน่น และการนำความร้อนที่มาตรฐาน JIS A 2618 ด้วยเครื่อง Thermal Conductivity Measurement (ANACON, INC, MODEL 88 K-FOTOR) และความร้อนจำเพาะด้วยเครื่อง DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETER (MODEL DSC 7) ทดสอบค่าการดูดกลืนความร้อน การสะท้อนความร้อนและค่าการเปล่งรังสีที่ผิวของวัสดุเพราะว่าค่าความร้อนดังกล่าวมีผลต่อการนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้โดยตรงซึ่งเป็นภาระความร้อนที่สำคัญ โดยทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบวัดค่ารังสี Spectrophotometer (Shimadzu UV-3100) และเครื่องทดสอบวัดค่าเปล่งรังสี Emissometer (AE, Devices & Services Co.) ตามมาตรฐาน ASTM E891

2.2 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลจากแบบจำลองของบ้านมีลักษณะดังรูปที่ 1 บ้านทดสอบจะสร้างด้วยกระเบื้องแผ่นเรียบโดยจะมีขนาดความกว้าง 1.0 m ความสูง 1.0 m และหนา 0.001 m หลังคาและผนังของบ้านจำลองจะทาสีขาวทั้งภายในและภายนอก ติดตั้งฉนวนด้านในเพื่อป้องกันความร้อนจากหลังคาเข้าสู่ภายในห้อง และผนังทุกด้านจะทาสีขาวบนผนังทั้งภายในเพื่อป้องกันการดูดกลืนและสะสมความร้อน หน้าต่างกระจกของบ้านทดสอบทั้งสองหลังหันไปทางทิศใต้ จะมีพื้นที่เท่ากับ 0.5 m^2 โดยกระจกที่ใช้ทดสอบมีสามแบบประกอบด้วยกระจกใสธรรมดา กระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำและกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า กระจกทดสอบจะมีความหนาประมาณ 0.006-0.008 m ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดโดยบ้านทั้งสองในตำแหน่งเดียวกัน จะบันทึกในเครื่องบันทึกข้อมูลทุกๆ 30 นาที ด้วยเครื่องบันทึก Data recorder, Portable Hybrid Recorder (ยี่ห้อ YOKOGAWA รุ่น Model 3750 HR1300 ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 0.05 \%$) และติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิโดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิล

ชนิด K (ค่าความคลาดเคลื่อน ± 0.5) จำนวน 4 จุด (Tgo, Tgi, Tr, Tamb) โดยที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมจะทำการติดตั้งอยู่ภายนอกบ้านบริเวณด้านทดสอบหน้าต่างกระจก ค่าความร้อนไหลผ่านหน้าต่างกระจก (ยี่ห้อ EKO HEAT FLOW METER รุ่น MF-180, ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 2\%$) จำนวน 1 จุด ค่าความสว่างภายในบ้าน (ยี่ห้อ Testo รุ่น Model Testo 545 ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 8\%$) จำนวน 1 จุด และค่าความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์วัดโดยไพราโนมิเตอร์ (ยี่ห้อ Kipp & Zonen pyranometer ช่วงการวัด 1-1400 W/m² ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$) จำนวน 1 จุด สำหรับตำแหน่งวัดและติดตั้งเครื่องมือวัดดังรูปที่ 1 ทำการทดลองและเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคม 2548 การทดลองตั้งแต่วันที่ 08.00-17.00 น ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 1 การติดตั้งเครื่องมือวัดสำหรับบ้านทดสอบ

ตารางที่ 1 วันที่ทำการทดลองหน้าต่างกระจก

วัน / เดือน / ปี	บ้านหลังที่ 1	บ้านหลังที่ 2
29 / 05 / 2548	กระจกใสธรรมดา	กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า
30 / 05 / 2548	กระจกใสธรรมดา	กระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ

2.3 การวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์

นำผลค่าความร้อนผ่านกระจกจากการทดลองของบ้านทั้งสองหลังมาทำการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ [11] สำหรับผลเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period: PBP) ผลตอบแทนสุทธิ (Net Present Value: NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) โดยทำการเปรียบเทียบเฉพาะกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำและกระจกสะท้อนแสงรังสีอาทิตย์สีฟ้า จะใช้วิธีคำนวณได้จากสมการที่ (1) และ (2) ส่วนอัตราผลตอบแทนภายในสามารถหาได้จากสมการที่ (2) เมื่อหาค่าอัตราดอกเบี้ยที่ทำให้ NPV = 0

ระยะเวลาคืนทุน

$$PBP = \frac{A_o}{A_s} \quad (1)$$

ผลตอบแทนสุทธิ

$$NPV = A_o + A_s \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (2)$$

3. ผลการทดลอง

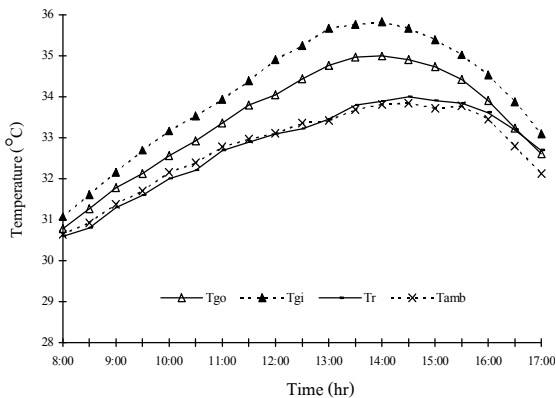
3.1 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อน

ผลการศึกษาทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของกระจก 3 ชนิดจากตารางที่ 2 พบว่า กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้ามีค่าการนำความร้อนสูงกว่ากระจกใสธรรมดาและกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ เนื่องจากกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้ามีลักษณะพิเศษเป็นกระจกสามชั้น ประกอบด้วยกระจกใสธรรมดาชั้นนอก ชั้นตรงกลางเป็นพลาสติกและชั้นในเป็นกระจกติดฟิล์มสีฟ้า จึงส่งผลให้เกิดการสะสมความร้อนที่เนื้อกระจก และค่าความร้อนจำเพาะและความหนาแน่นของกระจกใสธรรมดาจะสูงกว่ากระจกชนิดอื่นเพราะว่าเนื้อของกระจกใสที่นำมาทดสอบเพื่อความร้อนจำเพาะจะไม่มีส่วนผสมของวัสดุ จากการทดสอบค่าการดูดกลืนความร้อน ค่าการสะท้อนความร้อน ค่าการส่องผ่านของแสงและค่าการเปล่งรังสีของกระจกทั้งสามชนิด จากตารางที่ 2 พบว่า กระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ จะมีค่าการสะท้อนความร้อนสูงกว่าและมีค่าการดูดกลืนความร้อนต่ำกว่ากระจกชนิดอื่นๆ และมีค่าการส่องผ่านของแสงสูงกว่า อีกทั้งยังมีค่าการเปล่งรังสีต่ำกว่ากระจกชนิดอื่นๆ จากการทดสอบนี้จะแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติที่ดีของกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำที่ยอมให้แสงผ่านและในขณะเดียวกันก็สามารถสะท้อนความร้อนได้ดีทำให้การสะสมความร้อนที่เนื้อกระจกน้อยมาก ทำให้ประหยัดพลังงานจากเครื่องปรับอากาศได้อีกทางหนึ่ง

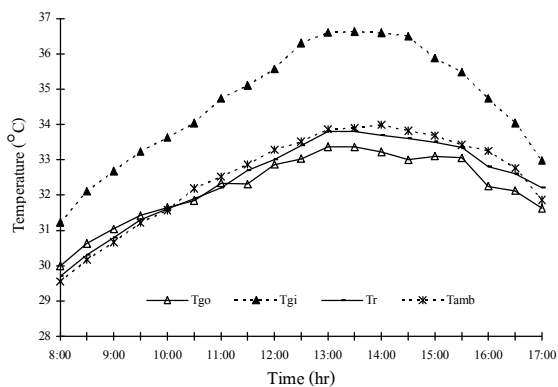
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อน [2]

ชนิดกระจก	กระจกใสธรรมดา	กระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ	กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า
Thickness (mm)	6	6	8
Thermal conductivity, (W/m.K)	0.0344	0.0342	0.0484
Specific heat, (kJ/kg.K)	1.0479	1.0145	1.0146
Density, (kg/m ³)	2,486.99	2,548.20	2,548.23
Absorptivity	13.00	10.00	67.08
Reflectivity	7.00	19.50	11.89
Transmission	80.00	70.50	21.03
Emissivity	0.89	0.20	0.87

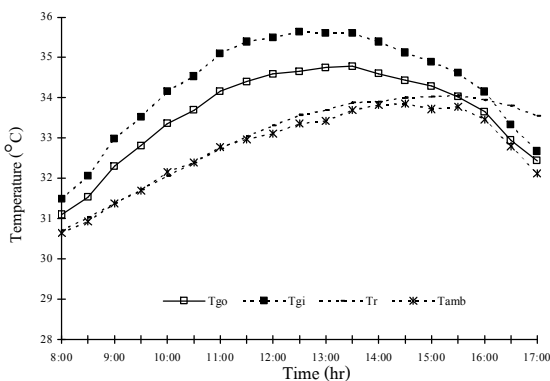
3.2 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิ



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ้านที่ติดตั้งผนังกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ (30/05/2548)



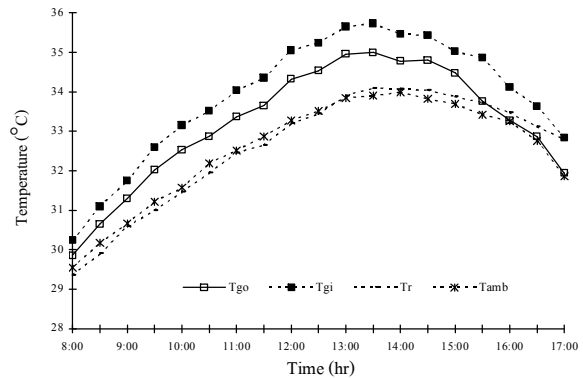
รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ้านที่ติดตั้งผนังกระจกใสธรรมดา (30/05/2548)



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ้านที่ติดตั้งผนังกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า (29/05/2548)

ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของหน้าต่างกระจก อุณหภูมิอากาศภายในของบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำและบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกใสธรรมดา อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (30/05/2548)

จากรูปที่ 2-3 พบว่า อุณหภูมิบนหน้าต่างกระจกภายนอกและภายในของบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ จะสูงกว่าอุณหภูมิบนผนังของบ้านติดตั้งกระจกใสธรรมดา เพราะว่าหน้าต่างกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ มีการเคลือบน้ำยาที่ผิวของกระจก จึงเกิดสะสมความร้อนได้ดีกว่ากระจกใสธรรมดา และในช่วงเวลากลางวัน อุณหภูมิอากาศภายในของบ้านทั้งสองหลังใกล้เคียงกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม



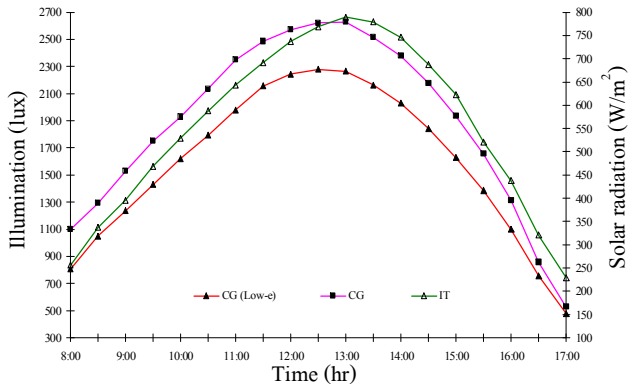
รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ้านติดตั้งกระจกใสธรรมดา (29/05/2548)

จากรูปที่ 4-5 ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของหน้าต่างกระจก อุณหภูมิอากาศภายในของบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้าและบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกใสธรรมดา อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (29/05/2548) จากการทดลองจะพบว่า อุณหภูมิที่บนหน้าต่างกระจกภายนอกของกระจกใสธรรมดาสูงกว่า กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า เพราะว่าหน้าต่างกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้าจะสะท้อนความร้อนได้ดีกว่า และในช่วงเวลา 12.30-13.00น. บ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า จะมีค่าอุณหภูมิแตกต่างของผิวกระจก ระหว่างภายในและภายนอกสูงกว่า บ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกใสธรรมดา (2.7°C) เนื่องจากกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้าเป็นกระจกสองชั้นมีโครงสร้างประกอบด้วย แผ่นชั้นนอกเป็นกระจกใสเคลือบผิวสะท้อนรังสี แผ่นชั้นในเป็นพลาสติกโพลีคาร์บอเนตแผ่นกรองความร้อน และทำหน้าที่สำหรับยึดหยุ่นอยู่ตรงกลางระหว่างแผ่นกระจกสะท้อนความร้อน จึงทำให้เกิดการสะสมความร้อนได้ดีกว่ากระจกใสธรรมดา และอุณหภูมิอากาศภายในของบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้าจะต่ำกว่าบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกใสธรรมดาและอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

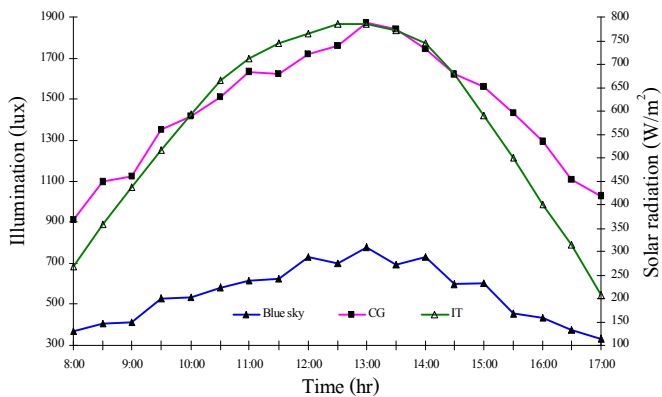
3.3 ผลการเปรียบเทียบค่าความสว่างภายในบ้าน

จากรูปที่ 6-7 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบค่าความสว่างภายในบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกใสธรรมดาเปรียบเทียบกับหน้าต่างกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำและหน้าต่างกระจกใสธรรมดาเปรียบเทียบกับกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า พบว่า หน้าต่างกระจกใสธรรมดาและกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ จะมีค่าความสว่างภายในบ้านใกล้เคียงกัน และสูง

กว่าค่าความสว่างภายในบ้านที่ใช้หน้าต่างกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า การพิจารณาในการออกแบบสามารถเลือกใช้งานกระจกสามารถนำมาใช้ได้เหมือนกัน ช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการใช้แสงประดิษฐ์



รูปที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่าความสว่างภายในระหว่างบ้านที่ติดตั้งผนังกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำกับกระจกใสธรรมดา (30/05/2548)

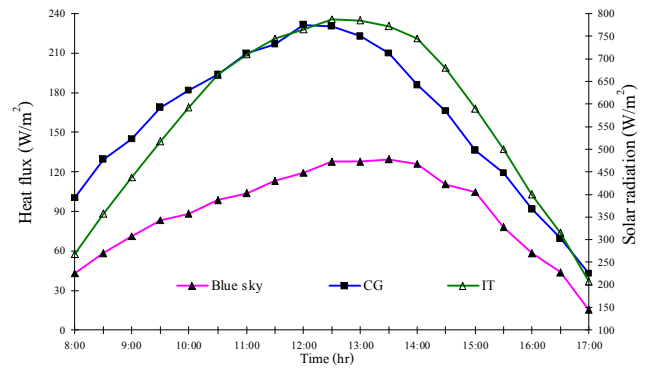


รูปที่ 7 ผลการเปรียบเทียบค่าความสว่างภายในระหว่างบ้านที่ติดตั้งผนังกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้ากับกระจกใสธรรมดา (29 /05/2548)

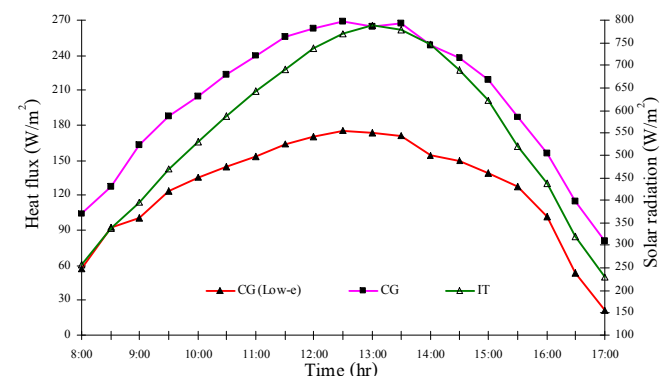
3.4 ผลการเปรียบเทียบค่าความร้อนผ่านกระจก

ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าความร้อนผ่านกระจก จากรูปที่ 8-9 ผลเปรียบเทียบระหว่างหน้าต่างกระจกใสธรรมดากับหน้าต่างกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ (30/05/2548) และหน้าต่างกระจกใสกับหน้าต่างกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์และกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ สามารถลดค่าความร้อนผ่านกระจกได้ถึงประมาณ 51.1% และ 38.5% เมื่อเทียบค่าความร้อนกับกระจกใสธรรมดาของภายในวันที่ทำการทดสอบ จากผลทดสอบแสดงให้เห็นศักยภาพของกระจกที่มีคุณสมบัติพิเศษทั้งสอง

ชนิด มีคุณสมบัติในการใช้งานที่สามารถลดการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศได้เมื่อเปรียบเทียบกับกระจกใสธรรมดา



รูปที่ 8 ผลการเปรียบเทียบค่าความร้อนผ่านกระจกระหว่างบ้านที่ติดตั้งผนังกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำกับกระจกใสธรรมดา (30/05/2548)



รูปที่ 9 ผลการเปรียบเทียบค่าความร้อนผ่านกระจกระหว่างบ้านที่ติดตั้งผนังกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้ากับกระจกใสธรรมดา (29 /05/2548)

3.5 ผลการเปรียบเทียบประหยัดพลังงานจากการใช้แสงสว่าง

ผลการเปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าต่อวันที่ได้จากการใช้แสงสว่างธรรมชาติของบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกทั้งสามแบบดังแสดงในตารางที่ 3 โดยจะนำค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์ของบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างวัสดุทึบทั่วไป มาเปรียบเทียบกับปริมาณไฟฟ้าที่ได้จากบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกแต่ละแบบสำหรับในช่วงเวลากลางวัน (9 ชั่วโมงต่อวัน) จากการศึกษา พบว่า หน้าต่างกระจกใสธรรมดาและกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ จะมีช่วงเวลาในการรับแสงธรรมชาติที่มากกว่า กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า เนื่องจากเป็นกระจกใสยอมให้แสงธรรมชาติผ่านได้โดยง่าย จึงส่งผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าและช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดประมาณร้อยละ 89 ต่อวัน และกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า เมื่อเปรียบเทียบกับหน้าต่างทึบแสงแล้วจะสามารถประหยัดไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 55 และ 33.33 ต่อวัน ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าการใช้

หน้าต่างกระจกในช่วงเวลากลางวัน จะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่งและการออกแบบอาคารเราสามารถที่จะประยุกต์ใช้ร่วมกันระหว่างแสงประดิษฐ์กับแสงสว่างที่ได้จากธรรมชาติ ทำให้สามารถช่วยประเทศไทยประหยัดพลังงานและลดมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อมจากการผลิตไฟฟ้าในภาวะปัจจุบันนี้

ตารางที่ 3 การประหยัดพลังงานจากการใช้แสงสว่างธรรมชาติ

(อัตราค่าไฟฟ้า 2.18 บาท / หน่วย)

ชนิดกระจก	ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อวัน (บาท / หน่วย)	ประหยัดไฟฟ้าร้อยละต่อวัน
กระจกใสธรรมดา	0.97664 บาท	89
กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า	0.6104 บาท	55.56
กระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ	0.97664 บาท	89

เปรียบเทียบกับหลอด Fluorescent และ Ballast (1 ชุด) จะใช้กำลังไฟฟ้า 56 W ใช้งานวันละ 9 ชั่วโมง

3.6 ผลการเปรียบเทียบประหยัดพลังงานจากการใช้เครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบการประหยัดค่าไฟฟ้าจากการใช้เครื่องปรับอากาศ

(อัตราค่าไฟฟ้า 2.18 บาท/ หน่วย)

ชนิดกระจก	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ไฟฟ้าต่อวัน (บาท / ม ² / วัน)	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ไฟฟ้าต่อวัน (กระจกใส) (บาท / ม ² / วัน)	ประหยัดไฟฟ้าร้อยละต่อวัน
กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า	1.99	4.5344	56
กระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ	3.44	5.2738	65.17

*เปรียบเทียบกับกระจกใสธรรมดาของแต่ละแบบการทดลอง

การเปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้จากการใช้งานของเครื่องปรับอากาศเพื่อระบายอากาศภายในบ้าน จะทำการศึกษากระจกที่มีคุณสมบัติพิเศษแต่ละชนิดดังแสดงในตารางที่ 4 โดยปกติค่าความร้อนผ่านหน้าต่างของกระจกใสธรรมดา หรือการระบายความร้อนของหน้าต่างกระจกจะสูงกว่า กระจกชนิดอื่นๆ ดังนั้น งานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบปริมาณที่ใช้ไฟฟ้าต่อวันของกระจกทั้งสองชนิดกับกระจกใสธรรมดา จาก

ผลการศึกษา พบว่า กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า จะใช้ปริมาณไฟฟ้าต่อพื้นที่สูงกว่ากระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ เนื่องจากกระจกสีฟ้าจะสามารถสะสมความร้อนได้ดีที่แผ่นกระจกและส่องผ่านน้อยกว่ากระจกชนิดอื่น ๆ และเมื่อเปรียบเทียบกับกระจกใสธรรมดา พบว่า กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้เครื่องปรับอากาศภายในบ้านได้สูงกว่าบ้านที่ใช้หน้าต่างกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ

3.7 ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของกระจกจากตารางที่ 5 พบว่า บ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า ช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศได้มากกว่าบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำและบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้าสามารถคืนทุนภายในได้ จะใช้เวลาน้อยกว่าหน้าต่างกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ ผลตอบแทนสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายในของบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ จะสูงกว่ากระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า เมื่อพิจารณาจากระยะเวลาการคืนทุนและผลตอบแทนสุทธิที่ได้กล่าว เราอาจกล่าวได้ว่าทางเลือกใช้กระจกให้เหมาะสมกับงานก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยประหยัดเงินค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของผู้อยู่อาศัยในบ้าน และยังช่วยประหยัดพลังงาน

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบ ระยะเวลาคืนทุน ผลตอบแทนสุทธิ และ

อัตราผลการตอบแทนภายใน

ชนิดของกระจก	กระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ	กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า
Ao (บาท)	1,569	1,819
As (บาท)	642.4	891.42
PBP (ปี)	2.5	2
NPV (บาท)	23,418.6	11,259.1
IRR (%)	40	18

4.สรุป

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาและทดสอบหน้าต่างกระจกของบ้านจำลองสองหลังที่หันไปทางทิศใต้ หน้าต่างกระจกมีขนาดพื้นที่ประมาณ 0.5 m² โดยจะเปรียบเทียบระหว่างหน้าต่างกระจกใสธรรมดามีราคาถูก กับหน้าต่างกระจกคุณสมบัติพิเศษและมีราคาแพง เช่น กระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า พบว่า หน้าต่างกระจกใสจะยอมให้แสงได้ง่าย แสงที่ตกกระทบบนวัตถุภายในบ้านเกิดการสะสมความร้อนของวัตถุและถ่ายเทให้อากาศภายในบ้าน ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในบ้านสูงกว่าบ้านที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกสีทึบ กระจกสีทึบจะสะสม

ความร้อนได้ดีที่กระจกและกรองแสงได้ดี ทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในต่ำ ช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศและช่วยประหยัดไฟฟ้าได้มากกว่ากระจกใสธรรมดา การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์กระจกที่มีคุณสมบัติพิเศษ แม้ว่าจะมีการลงทุนสูงแต่ในอนาคตแล้วจะสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงาน และสามารถคืนทุนให้ได้มาก เมื่อเทียบกับบ้านที่ติดตั้งกระจกใสธรรมดาทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

1. Pongsatirat, C., "Experiment performance of a partially glazed solar chimney wall", Master Thesis, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, 2000.
2. Chantawong, P., "Investigation of performance of glazed solar chimneys", Doctor of Philosophy Program, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2005.
3. Chirarattananon, S., Nooritanon, J., Brlaka, R. "Daylight for energy conservation in the tropics: the lumen method and the OTTV". J. Energy, 21, 505-510, 1996.
4. Harrison, S. J., Dubrous, F. M. "Determination of window thermal characteristics using solar simulation based test method". ASHRAE Transaction, Vol. 96 Part 1, pp. 912-918.
5. Karlsson, J., Karlsson, B., Roos, A., "A simple model for assessing the energy performance of window". J. Energy and Building, Vol. 33, pp. 641-651, 2001.
6. Cordoba, J., Macias, M., Espinosa, J. M. "Study of the potential savings on energy demand and HVAC energy consumption by using coated glazing for office building in Madrid". J. Energy and Building, Vol. 27, pp. 13-19, 1998.
7. Sekhar, S. C., Toon, K. L. C, "On the study of energy performance and life cycle cost of smart windows". J. Energy and Building, Vol. 28, pp. 307-316, 1998.

8. Carmody, J., et al., "Window systems for high-performance building". W. W. Norton & Company, New York, London, pp.17-76, 2004.
9. Maneewan, S., et al., "Economical comparative analysis between houses built using common and energy conserving materials". EGAT Journal 2, 36-45, 2003.
10. Ungkoon, Y, et al., "A field comparative analysis of properties of common wall construction materials in Thailand". Proceedings of the International Conference on Recent Advances in Mechanical & Materials Engineering, 30-31 May 2005, Kuala Lumpur, Malaysia, 2005.
11. Blank, T, L, et al., "Engineering economy", 4th edition, McGraw-Hill, London, 722 p, 1998.

รายการสัญลักษณ์

A_o	เงินลงทุนที่เพิ่มขึ้น, บาท
A_s	อัตราไฟฟ้าที่ประหยัดได้, บาท
Blue sky	กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์สีฟ้า (RG)
CG	กระจกใสธรรมดา
CG (Low-e)	กระจกใสเคลือบสารเปล่งรังสีต่ำ
i	อัตราดอกเบี้ย, %
IRR	อัตราผลตอบแทนภายใน, %
n	อายุการใช้งาน
NPV	ผลการตอบแทนสุทธิ, บาท
PBP	ระยะเวลาคืนทุน, ปี
Tamb	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม, °C
Tgo	อุณหภูมิบนผิวกระจกภายนอกของหน้าต่าง, °C
Tgi	อุณหภูมิบนผิวกระจกภายในของหน้าต่าง, °C
Tr	อุณหภูมิอากาศภายในบ้าน, °C
IT	ค่าความเข้มแสงรังสีอาทิตย์, W/m ²