

คำลั้มประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลมเหนือแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ



นาย ไชยยศ สิริเพาประดิษฐ์

ศูนย์วิทยพัทพยาบาล
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531

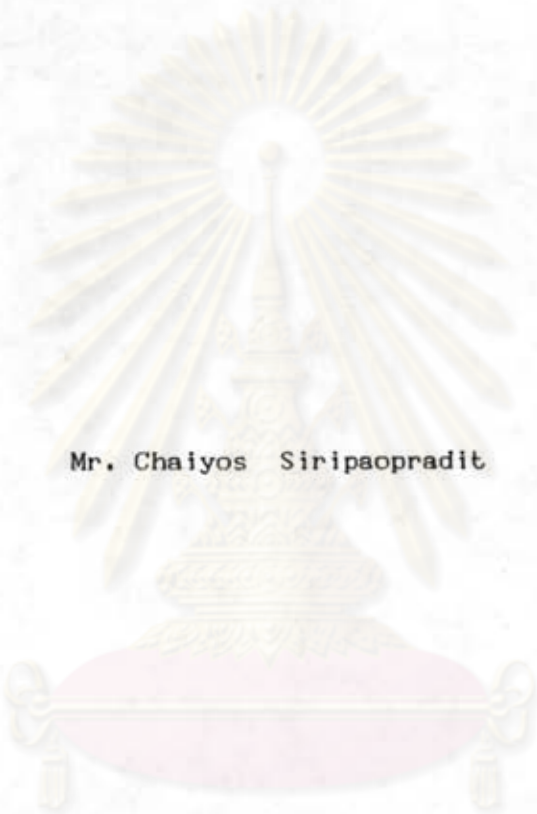
ISBN 974-569-368-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014314

I 195A816b

A WIND-HEAT TRANSFER COEFFICIENT OVER A FLAT PLATE SOLAR COLLECTOR



Mr. Chaiyos Siripaopradit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Mechanical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1988

ISBN 974-569-368-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์ คำสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลมเหนือแผงรับแสงอาทิตย์
ชนิดแผ่นราบ
โดย นาย ไชยยศ ลิริเพาประดิษฐ์
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรภักย์)
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์)

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

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

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมศรี จรุงเรือง)

ไวยยศ สิริเพาประดิษฐ์ : ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลมเหนือแผงรับ-
แสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ (A WIND-HEAT TRANSFER COEFFICIENT OVER A FLAT
PLATE SOLAR COLLECTOR) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.มานิจ ทองประเสริฐ, 86 หน้า

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการถ่ายเทความร้อนชนิดการพาความร้อนแบบบังคับที่เกิดขึ้นบนแผ่น
กระจกปิดหน้าของแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ โดยมีสาเหตุเนื่องมาจากลมที่พัดผ่านแผงรับแสงอาทิตย์
ซึ่งคุณสมบัติสำคัญที่จะทำให้ทราบถึงปริมาณการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นนี้ ได้แก่ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเท
ความร้อนเนื่องจากลม (h_w)

ผลการทดลองพบว่า ในช่วงของมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ตั้งแต่ 0 ถึง 20 องศา อัน
เป็นช่วงของมุมเอียงที่ใช้ในประเทศไทย และความเร็วลมที่พัดผ่านด้านหน้าของแผงรับแสงอาทิตย์มีค่าไม่เกิน
3 เมตรต่อวินาที จะได้สมการสำหรับใช้คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลมดังนี้

$$h_w = j(\rho_a C_{p_a})/Pr^{2/3}$$

โดยที่ j คือค่า j -Factor มีค่าเท่ากับ $2.47Re^{-0.58}$

จากการเปรียบเทียบสมการข้างบนกับสมการของ Sparrow พบว่าสมการที่ได้จากการทดลอง
นี้ มีความใกล้เคียงและเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับแผงรับแสงอาทิตย์มากกว่าสมการของ Sparrow

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา เครื่องกล
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ

CHAIYOS SIRIPAOPRADIT : A WIND-HEAT TRANSFER COEFFICIENT OVER A
FLAT PLATE SOLAR COLLECTOR : ASSO. PROF. MANIT THONGPRASERT, Ph.D.
86 pp.

This Thesis is a study of force-convective heat transfer occurring on a flat plate solar collector due to wind. Wind heat transfer coefficient (h_w) is the main characteristic to determine the amount of heat transfer from such collector.

Experiment was found that, for collector's slope angle from zero degree up to 20 degree which are the range mostly used in Thailand and frontal wind velocity is not exceed 3 m/s, the empirical formula for calculating wind heat transfer coefficient was

$$h_w = j(\rho_a C_{p_a}) / Pr^{2/3}$$

Where j is j -Factor equal to $2.47Re^{-0.58}$

By comparison the above expression with Sparrow's equation, it has been found out that the expression is very similar and much more suitable to used with solar collector than the Sparrow's equation.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา เครื่องกล
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อผู้สมัคร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา นาย นศท.เสนา

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี ก็ด้วยคำแนะนำปรึกษาและกำลังใจ จากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คือ รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ ตลอดจนคณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ทุกท่านคือ ศาสตราจารย์ ดร.วริทธิ์ อิงภากรณ์ ประธานกรรมการ, รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ กรรมการ, รองศาสตราจารย์ ดร.สมศรี จรุงรุ่งเรือง กรรมการ ที่ได้ร่วมร่วมให้คำแนะนำแก้ไข ที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านสถานที่และเงินทุนที่ใช้ในการวิจัย บุคคลที่ขอขอบคุณไว้ ณ. ที่นี้ด้วย คือ คุณโสภณ นาคยงค์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกคนในห้องปฏิบัติการเครื่องกล รวมถึงเพื่อนร่วมเรียนคือ คุณเสาวโรช พรวิจิตรจินดา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุกด้านเป็นอย่างดี ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดาของผู้วิจัย ซึ่งคอยให้การสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษาตามจุดหมาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

| | หน้า |
|---------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| กิตติกรรมประกาศ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญภาพ | ฅ |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ | ฎ |
| บทที่ | |
| 1 บทนำ | 1 |
| 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย | 9 |
| 3 เครื่องมือทดลอง | 22 |
| 4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการทดลอง | 33 |
| 5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง | 36 |
| 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | 53 |
| เอกสารอ้างอิง | 56 |
| ภาคผนวก | 57 |
| ประวัติผู้เขียน | 86 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 5.1 | ผลการคำนวณหาค่า h_w กับ v โดยใช้ข้อมูลจากตาราง ค.1 | 42 |
| 5.2 | ผลการคำนวณหาค่า h_w กับค่า J -Factor โดยใช้ข้อมูลจากตาราง ค.2 | 44 |
| 5.3 | ผลการคำนวณหาค่า h_w กับค่า J -Factor โดยใช้ข้อมูลจากตาราง ค.3 | 46 |
| 5.4 | ผลการคำนวณหาค่า h_w เมื่อมุมเอียงของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ เท่ากับ 5 องศา | 48 |
| 5.5 | ผลการคำนวณหาค่า h_w เมื่อมุมเอียงของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ เท่ากับ 10 องศา | 48 |
| 5.6 | ผลการคำนวณหาค่า h_w เมื่อมุมเอียงของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ เท่ากับ 15 องศา | 49 |
| 5.7 | ผลการคำนวณหาค่า h_w เมื่อมุมเอียงของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ เท่ากับ 20 องศา | 49 |



 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 1.1 | การสูญเสียความร้อนออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ | 2 |
| 2.1 | การเกิดBoundary Layerเมื่อของไหลไหลผ่านวัตถุชนิดที่มีผิวราบ | 9 |
| 2.2 | VelocityและThermal boundary-layerที่เกิดขึ้นเนื่องจากของไหลไหลผ่านแผ่นราบ | 10 |
| 2.3 | การเกิดLaminarและTurbulent boundary-layerเนื่องจากของไหลไหลผ่านแผ่นราบที่มีความยาวมาก | 10 |
| 2.4 | โคออร์ดิเนตของความเร็วยกของไหลภายในVelocity boundary-layer ที่เกิดขึ้นบนแผ่นราบ | 11 |
| 2.5 | โคออร์ดิเนตของอุณหภูมิของของไหลภายในThermal boundary-layerที่เกิดขึ้นบนแผ่นราบ | 14 |
| 3.1 | ภาพตัดขวางตามแนวยาวของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ | 24 |
| 3.2 | ภาพถ่ายของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์พร้อมขาตั้ง | 24 |
| 3.3 | วงจรควบคุมอุณหภูมิของชุดอีทเทอร์ภายในแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ | 25 |
| 3.4 | รายละเอียดของฝาผนังด้านบนและด้านข้างของแบบจำลองห้องฟ้า | 26 |
| 3.5 | รายละเอียดของระบบท่อน้ำร้อน | 27 |
| 3.6 | แบบจำลองห้องฟ้าที่ประกอบเรียบร้อยแล้ว | 27 |
| 3.7 | การลดพื้นที่หน้าตัดของแบบจำลองห้องฟ้าเพื่อเพิ่มความเร็วลม | 28 |
| 3.8 | ภาพถ่ายอุโมงค์ลมซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองห้องฟ้า, เครื่องเป่าลมและระบบท่อน้ำร้อน | 29 |
| 3.9 | ตำแหน่งที่ตั้งของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ภายในแบบจำลองห้องฟ้า | 29 |
| 3.10 | ตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิบนแผ่นกระจก | 30 |
| 3.11 | เครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดตัวเลขและSelector switch | 32 |
| 3.12 | อุปกรณ์มัลติมิเตอร์และเครื่องวัดความเร็วลม | 32 |
| 5.1 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า h_w กับ v ที่ได้จากการทดลอง | 43 |
| 5.2 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า j -Factorกับค่า Re ที่ได้จากการทดลอง และจากสมการของSparrow | 45 |
| 5.3 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า h_w กับ v โดยที่แผ่นกระจกได้รับปริมาณความร้อนเป็น 14.94 และ 22.16 W ตามลำดับ | 47 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| 5.4 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า j -Factor กับ Re เมื่อแบบจำลองแผง-รับแสงอาทิตย์วางทำมุมเอียง 0, 5, 10, 15 และ 20 องศา กับแนวราบ | 50 |
| 5.5 | กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่า j -Factor กับ Re ที่ได้จากการทดลองนี้ กับสมการของ Sparrow | 51 |



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

| สัญลักษณ์ | ความหมาย |
|--------------------|--|
| θ | มุมเอียงของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ , องศา |
| ϵ | คุณสมบัติการปล่อยออกรังสีความร้อน(Emissivity)ของกระจก |
| σ | ค่าคงที่ของ Stefan-Boltzmann มีค่าเท่ากับ $5.6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{-K}^4$ |
| ρ_a | คุณสมบัติความหนาแน่นของอากาศ , kg/m^3 |
| μ_a | คุณสมบัติความหนืดสัมบูรณ์(Absolute Viscosity) , kg/m-s |
| δ | ความหนา(Thickness)ของBoundary Layer |
| δ_t | ความหนาของ Thermal Boundary-Layer |
| ν | คุณสมบัติความหนืดพลศาสตร์(Dynamic Viscosity)ของอากาศ , m^2/s |
| α | คุณสมบัติการกระจายความร้อน(Thermal Diffusivity) |
| ΔT | ค่าแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวแผ่นกระจกกับอุณหภูมิอากาศเหนือแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ หรือ $(T_g - T_a)$, $^{\circ}\text{C}$ |
| A | พื้นที่ผิวของแผ่นกระจกปิดหน้าแผงรับแสงอาทิตย์ , ตารางเมตร(m^2) |
| C_p | ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ , J/kg-K |
| D | ความสูงของอุโมงค์ลม , นิ้ว(in) |
| F_{total} | ค่า Shape Factor รวมจากแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ไปยังแบบจำลองท้องฟ้า |
| h_w | ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลมเหนือแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ , $\text{W/m}^2\text{-C}$ |
| I | ค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ฮีตเตอร์จ่ายความร้อนหลัก , แอมป์(Amp.) |
| k_a | สภาพความนำความร้อนของอากาศ , W/m-K |
| L | Characteristic Length ของแผ่นกระจกปิดหน้าแผงรับแสงอาทิตย์ , m |
| Nu | ค่า Nusselt Number |
| P | ความยาวเส้นรอบรูปของแผ่นกระจกปิดหน้าแผงรับแสงอาทิตย์ , m |
| Pr | ค่า Prandtl Number |
| Q_{conv} | ปริมาณการพาความร้อนที่ถ่ายเทออกจากแผ่นกระจก , วัตต์(W) |
| Q_{net} | ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่แผ่นกระจกได้รับจากฮีตเตอร์จ่ายความร้อนหลัก , วัตต์ |
| Q_{rad} | ปริมาณการแผ่รังสีความร้อนออกจากแผ่นกระจก , วัตต์ |
| Re | ค่า Reynold Number |
| T_a | อุณหภูมิของอากาศเหนือแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ , $^{\circ}\text{C}$ |

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์

ความหมาย

| | |
|-----------|--|
| T_u | อุณหภูมิเฉลี่ยผิวของแผ่นกระจก , °C |
| T_{ab} | อุณหภูมิผิวด้านล่างของกล่องทองแดง , °C |
| T_{MH} | อุณหภูมิผิวของฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลัก , °C |
| T_{sky} | อุณหภูมิต้องฟ้า(อุณหภูมิผิวของแบบจำลองท้องฟ้า) , °C |
| T_w | อุณหภูมิน้ำร้อนภายในถังเก็บน้ำร้อน , °C |
| V | แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายให้แก่ฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลัก , Volt |
| v | ความเร็วลมเหนือแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ , เมตรต่อวินาที(m/s) |



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย