

โซล่าคูลลิ่งchimney SOLAR COOLING CHIMNEY

อัครเดช สินธุภัก, วัชรพงศ์ พันธุ์เพชร

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทร 326-9987, โทรสาร 326-9053, E-Mail: WM_Tong@hotmail.com

บทคัดย่อ

Solar Cooling Chimney เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยหลักการการทำงานของ Passive Solar Cooling เพื่อทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในบ้าน โดยอากาศเย็นจากภายนอกบ้านจะไหลเข้ามาแทนที่อากาศร้อนภายในบ้านและทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในบ้าน ในงานวิจัยนี้จะเป็นการสร้างแบบจำลองบ้านในสัดส่วน 1:20 ของสัดส่วนจริง พร้อมกับนำแสงอาทิตย์เทียมมาใช้ในการทดลอง ซึ่งผลจากการนำอุปกรณ์ Solar Cooling Chimney มาติดตั้งภายในบ้านซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในบ้านลดลงประมาณ 1.5 องศาเซลเซียส สำหรับการศึกษารูปแบบ Solar Cooling Chimney จะเป็นการศึกษาภายใต้สภาวะอากาศของประเทศไทย เท่านั้น

ABSTRACT

Solar cooling chimney is a device operating under Passive Solar Cooling principle which results in Natural – air Circulation in the house. Cool air is induced into the house replacing hot air which moving upwards due to buoyancy effect, thus recirculation occurs. This project aimed at creating an appropriate model house At the same time Pseudo-Solar is made using electric lamp. From experimental results, this recirculation leads to a decrease in room temperature by approximately 1.5 degrees. This study has been carried out under a climate in Thailand.

1. บทนำ

การศึกษาเกี่ยวกับ Solar Cooling ได้มีการศึกษากันมาตลอดจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากพลังงานที่ใช้อยู่ปัจจุบันเริ่มลดน้อยลง สิ่งหนึ่งที่นักวิจัยมองหาค้นมากคือพลังงานที่หาได้ตามธรรมชาติ ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์เท่านั้น ซึ่งเป็นพลังงานที่หาได้ง่ายดังนั้นจึงมีการศึกษาวิจัยกันอย่างกว้างขวางส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับ Solar Cooling ซึ่งเป็นการนำเอาความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์เข้ากับระบบการทำความเย็น ทั้งระบบการปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น นอกจากนี้ยังมีการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับระบบ Solar Cooling แบบอื่น ๆ อีกมากมาย ส่วนการ-

ศึกษาวิจัยครั้งนี้จะเป็นการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยในการลดอุณหภูมิภายในที่อยู่อาศัยซึ่งเรียกว่า Solar Cooling Chimney โดยส่วนใหญ่แล้วในประเทศแถบเมืองร้อนจะให้ความสนใจอย่างกว้างขวางเป็นพิเศษโดยเฉพาะประเทศในแถบเมืองร้อนจะมีอุณหภูมิในตอนกลางวันค่อนข้างสูงมากและประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่ตั้งอยู่บนเส้นศูนย์สูตรและก็เป็นประเทศในแถบร้อน จะเห็นว่าอุปกรณ์ Solar Cooling Chimney จึงเหมาะสมและเป็นไปได้มากที่จะนำอุปกรณ์ดังกล่าวมาใช้ในประเทศไทย เพราะปัจจุบันประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีสูงมาก, จากสถิติ เดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2539 มีอุณหภูมิเฉลี่ยถึง 34.37 C°, และจากสถิติเดือน มีนาคม – มิถุนายน พ.ศ. 2540 มีอุณหภูมิเฉลี่ยถึง 35.13 C°, และเห็นว่าช่วงเดือนดังกล่าวจะเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงมากที่สุดในประเทศไทย การติดตั้งอุปกรณ์ Solar Cooling Chimney จึงเหมาะสมกับสภาวะอากาศในแถบเมืองร้อนเป็นอย่างมาก

ดังนั้นจึงสามารถนำรูปแบบของการวิจัยนี้ไปใช้ในการสร้างบ้านเรือน ซึ่งเหมาะสำหรับบ้านเรือนแถบชนบทในเมืองไทยซึ่งจะไม่นิยมติดเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นอากาศภายในบ้านจะร้อนและอบอ้าว การนำรูปแบบของการวิจัยนี้ในส่วนการลดอุณหภูมิภายในบ้านเรือนจึงเหมาะสมและมีประโยชน์ต่อคนไทยมากที่สุด ซึ่งผลพลอยได้ก็ตามมาก็จะเป็นการช่วยประเทศประหยัดพลังงานอีกส่วนหนึ่ง

2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีการนำความร้อน (Conduction heat transfer)

การนำความร้อนจะเป็นการพิจารณาในตัวกลางเนื้อเดียวกัน ซึ่งการกระจายของอุณหภูมิ $T(x, y, z)$ จะถูกกำหนดในพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinates) ดังสมการ

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1)$$

2.2 ทฤษฎีการพาความร้อน (Convection heat transfer)

การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นก่อนโดยอาศัยความแตกต่างของ

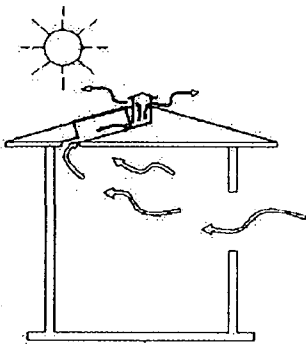
อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในของไหล การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิภายในของไหลนี้จะทำให้เกิดความแตกต่างของความหนาแน่นในสนามความโน้มถ่วงผลคืออุณหภูมิที่สูงซึ่งมีความหนาแน่นต่ำจะพยายามลอยตัวสูงขึ้น ในขณะที่เดียวกันการไหลที่อุณหภูมิต่ำซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าก็จะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ ซึ่งแรงที่ทำให้ของไหลเคลื่อนที่พาความร้อนได้นี้เรียกว่า แรงลอยตัว (Buoyancy force) สถานการณ์การเคลื่อนที่ของของไหลโดยการพาความร้อนที่เกิดขึ้นภายในของไหล โดยไม่มีการบังคับให้มีการเคลื่อนที่ซึ่งการเคลื่อนที่ของของไหลแบบนี้เรียกว่า เป็นการพาความร้อนแบบอิสระหรือการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Free or natural convection)

2.3 ทฤษฎีการแผ่รังสีความร้อน (Thermal radiation)

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยจะถูกส่งออกไปโดยวัตถุ โดยวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาสมบูรณ์จะสามารถแผ่รังสีความร้อนได้ การแผ่รังสีความร้อนเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีการแผ่รังสีจากวัตถุใด ๆ ที่อุณหภูมิ T_s ซึ่งจะเป็นการพิจารณาการปล่อยออกทุกความยาวคลื่นจาก $\lambda = 0$ ถึง $\lambda = \infty$ ซึ่งจะพบมากที่สุดทางวิศวกรรม โดยพลังงานความร้อนที่ปล่อยออกจะอยู่ในช่วง $\lambda = 0.1$ ถึง $\lambda = 100 \mu m$ ที่แถบช่วงความยาวคลื่นสเปกตรัมระหว่าง $\lambda = 0.1$ ถึง $\lambda = 100 \mu m$ จึงถูกอ้างว่าเป็นช่วง "การแผ่รังสีความร้อน"

2.4 หลักการทำงานของ Solar Cooling Chimney

Solar Cooling Chimney จะเป็นการอาศัยหลักการการเคลื่อนที่ของอากาศจากภายนอกบ้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าภายใน เข้ามาหมุนเวียนภายในบ้าน ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในบ้านลดลง โดยการเคลื่อนที่ของอากาศภายนอกบ้านเข้ามาภายในบ้านนั้นจะไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยเหลือ เช่น เครื่องดูดอากาศ หรือ พัดลมดูดอากาศ เป็นต้น แต่จะเป็นเพียงการประยุกต์หลักการของ Passive Solar Cooling ซึ่งเป็นการดึงดูดอากาศให้มีการเคลื่อนที่ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงซึ่งมีความหนาแน่นต่ำจะพยายามลอยตัวสูงขึ้น ในขณะที่เดียวกันของไหลที่มีอุณหภูมิต่ำซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าจะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ โดยอาศัยแรงลอยตัว



รูปที่ 1 Solar Cooling Chimney

ของของไหล (Buoyancy force) ในกรณีของ Solar Cooling Chimney นี้จะเป็นการทำให้อากาศร้อนโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ ในสถาน-

การณ์การเคลื่อนที่ของอากาศที่เกิดขึ้นจะไม่มีการบังคับให้อากาศเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นการอาศัยหลักการพาความร้อนแบบอิสระหรือการพาความร้อนแบบธรรมชาติ

2.5 วิธีการปริมาตรสับเนื่อง (Finite volume method)

วิธีการปริมาตรสับเนื่องนั้นได้ถูกพัฒนามาจากวิธีผลต่างสับเนื่อง (Finite difference method) โดยจะใช้การวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Numerical) ศึกษาถึงการไหลของของไหลภายในปริมาตรควบคุม จะหาได้จากสมการการเคลื่อนย้าย (General transport equation)

$$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} + \text{div}(\rho\phi u) = \text{div}(\Gamma \text{grad} \phi) + S_\phi \quad (2)$$

2.5.1 การจัดการของผลต่างตรงกลาง (Central differencing scheme)

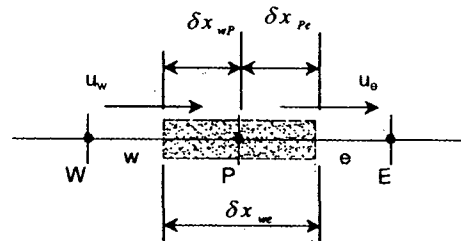
การประมาณของผลต่างตรงกลาง (Central differencing approximation) จะเป็นการแสดงถึงเทอมของการแพร่หรือกระจายที่เกิดขึ้น ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการพาและการกระจายในสภาวะไม่ขึ้นกับเวลาแบบหนึ่งและสองมิติ (Steady one and two-dimensional convection and diffusion) ดังนั้นคุณสมบัติของ ϕ (เทอมของการกระจาย) ในลักษณะการไหลแบบหนึ่งมิติในสมการ 2 โดยตัดเทอมที่ขึ้นอยู่กับการเวลาและ source เทอมออกจะได้

$$\frac{d}{dx}(\rho u \phi) = \frac{d}{dx}\left(\Gamma \frac{d\phi}{dx}\right) \quad (3)$$

การไหลเป็นการไหลแบบต่อเนื่องดังนั้นจะได้

$$\frac{d}{dx}(\rho u) = 0 \quad (4)$$

พิจารณาในปริมาตรควบคุมหนึ่งมิติแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ปริมาตรควบคุมรอบจุด P

อินทิเกรตสมการ Transport (3) ภายในปริมาตรควบคุมตามรูปที่ 2 จะได้

$$(\rho u A \phi)_e - (\rho u A \phi)_w = \left(\Gamma A \frac{\partial \phi}{\partial x} \right)_e - \left(\Gamma A \frac{\partial \phi}{\partial x} \right)_w \quad (5)$$

อินทิเกรตสมการ (4) จะได้

$$(\rho u A)_e - (\rho u A)_w = 0 \quad (6)$$

Discretised สมการสำหรับปัญหาการพาและการกระจายซึ่งจำเป็นต้องประมาณในเทอมของสมการ (5) เพื่อความเหมาะสมจึงกำหนดตัวแปร F และ D ซึ่งแสดงถึง mass flux ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่และการกระจายที่หน้าตัดเซลล์ตามลำดับ ดังนั้นจะได้

$$F = \rho u \quad \text{และ} \quad D = \frac{\Gamma}{\delta x} \quad (7)$$

ดังนั้นค่า F และ D ที่หน้าตัดเซลล์จะเท่ากับ

$$F_e = (\rho u)_w \quad \text{และ} \quad D_w = \frac{\Gamma_w}{\delta x_{wp}} \quad (8.1)$$

$$F_e = (\rho u)_e \quad \text{และ} \quad D_e = \frac{\Gamma_e}{\delta x_{pe}} \quad (8.2)$$

ซึ่งสามารถเขียนสมการการพาและการกระจายใหม่ดังนี้

$$F_e \phi_e - F_w \phi_w = D_e (\phi_e - \phi_p) - D_w (\phi_p - \phi_w) \quad (9)$$

อินทิเกรตสมการ Continuity สมการ (6) จะได้

$$F_e - F_w = 0 \quad (10)$$

สำหรับ Uniform grid จะสามารถเขียนค่าของ cell face ได้จากคุณสมบัติของ ϕ ดังนั้นจะได้

$$\phi_e = (\phi_p + \phi_E) / 2 \quad (11)$$

$$\phi_w = (\phi_w + \phi_P) / 2 \quad (12)$$

ดังนั้นแทนค่าลงในสมการ (9) จะได้

$$\frac{F_e}{2} (\phi_p + \phi_E) - \frac{F_w}{2} (\phi_w + \phi_P) = D_e (\phi_e - \phi_p) - D_w (\phi_p - \phi_w) \quad (13)$$

แทนค่าสมการ (8.1) และ (8.2) และ discretised สมการสุดท้ายแล้วจะได้

$$a_p \phi_p = a_w \phi_w + a_e \phi_e \quad (14)$$

$$a_p = a_w + a_e + (F_e - F_w) \quad (15)$$

โดยที่

$$a_w = D_w + \frac{F_w}{2} \quad a_e = D_e + \frac{F_e}{2} \quad (16)$$

ถ้ากรณีที่มี Source term เข้ามาเกี่ยวข้องในสมการที่ (14) จะต้องบวก S_p และในสมการที่ (15) จะต้องลบออกด้วย S_p สำหรับการพาและการกระจายแบบสองมิติสามารถพิจารณาได้จากหนึ่งมิติแล้วทำการ discretised สมการจะได้

$$a_p \phi_p = a_w \phi_w + a_e \phi_e + a_n \phi_n + a_s \phi_s \quad (17)$$

$$a_p = a_w + a_e + a_n + a_s + (F_e - F_w) + (F_n - F_s) \quad (18)$$

โดยที่

$$a_w = D_w + \frac{F_w}{2} \quad a_e = D_e + \frac{F_e}{2} \quad (19)$$

$$a_s = D_s + \frac{F_s}{2} \quad a_n = D_n + \frac{F_n}{2} \quad (20)$$

3. การวิเคราะห์ปัญหาโดยวิธี Finite Volume

ใช้วิธีการ TDMA (Tri-Diagonal Matrix Algorithm) [1] สามารถแก้ปัญหาระบบสมการในสองมิติ โดยใช้แบบ Point By Point Solve [2] สำหรับปัญหาการพาและการกระจายนั้นจะใช้วิธีการ Simple algorithm [1] เพื่อต้องการหา ความดัน, ความเร็วและอุณหภูมิที่กระจัดกระจายภายในบ้านในสภาวะคงที่ (Steady) โดยโครงสร้างของ algorithm, โปรแกรมการคำนวณแสดงดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: Initial guess p^*, u^*, v^*, ϕ^*

ขั้นตอนที่ 2: Solve discretised momentum equations

$$a_{i,j} u^*_{i,j} = \sum a_{nb} u^*_{nb} + (p^*_{i-1,j} - p^*_{i,j}) A_{i,j} + b_{i,j}$$

$$a_{i,j} v^*_{i,j} = \sum a_{nb} v^*_{nb} + (p^*_{i,j-1} - p^*_{i,j}) A_{i,j} + b_{i,j}$$

ขั้นตอนที่ 3: Solve pressure correction equations

$$a_{i,j} p'_{i,j} = a_{i-1,j} p'_{i-1,j} + a_{i+1,j} p'_{i+1,j} + a_{i,j-1} p'_{i,j-1} + a_{i,j+1} p'_{i,j+1} + b'_{i,j}$$

ขั้นตอนที่ 4: Correct pressure and velocity

$$p_{i,j} = p^*_{i,j} + p'_{i,j}$$

$$u_{i,j} = u^*_{i,j} + d_{i,j} (p'_{i-1,j} - p'_{i,j})$$

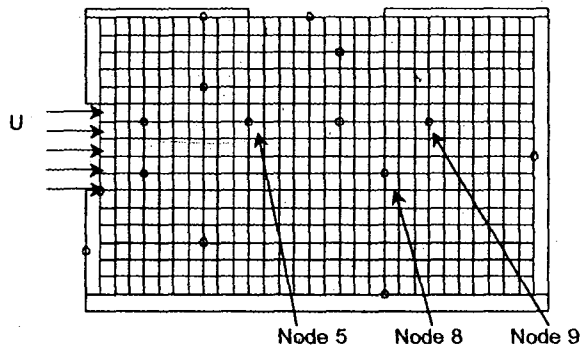
$$v_{i,j} = v^*_{i,j} + d_{i,j} (p'_{i,j-1} - p'_{i,j})$$

ขั้นตอนที่ 5: Solve all other discretised transport equation

$$a_{1,j}\phi_{1,j} = a_{1-1,j}\phi_{1-1,j} + a_{1+1,j}\phi_{1+1,j} + a_{1,j-1}\phi_{1,j-1} + a_{1,j+1}\phi_{1,j+1} + b\phi_{1,j}$$

ขั้นตอนที่ 6: Check convergence ถ้าไม่ Convergence ให้กำหนด $p^* = p, u^* = u, v^* = v, \phi^* = \phi$ และแทนค่าลงในขั้นตอนที่ 2 เพื่อหาค่าใหม่จนกว่าจะ Convergence และจบโปรแกรม

ส่วนเงื่อนไขที่บริเวณขอบ (Boundary condition) ของโปรแกรม แสดงดังรูปที่ 3

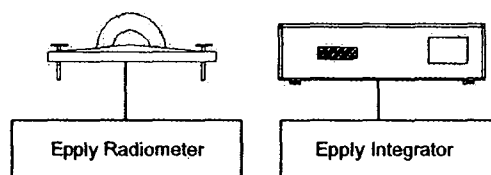


รูปที่ 3 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิภายในบ้านเมื่อติด Chimney

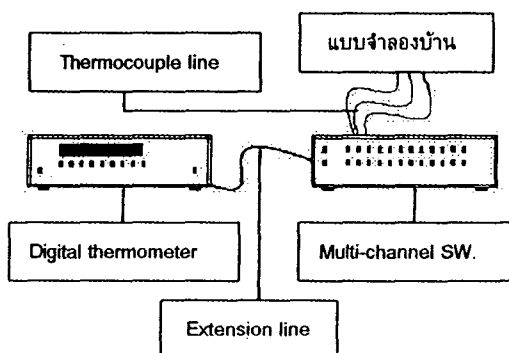
4. การวิเคราะห์ปัญหาโดยวิธีทดลอง

สำหรับการทดลองนี้จะเป็นการนำเอาแสงอาทิตย์เทียมมาใช้ในการทดลองเพื่อต้องการศึกษาการลดลงของอุณหภูมิภายในบ้าน โดยอาศัยอุปกรณ์ Solar Cooling Chimney ซึ่งจะนำมาใช้ในการทดลองสำหรับการทดลองเป็นการจำลอง Model ของบ้านเป็นอัตราส่วน 1: 20

4.1 อุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 4 อุปกรณ์วัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์



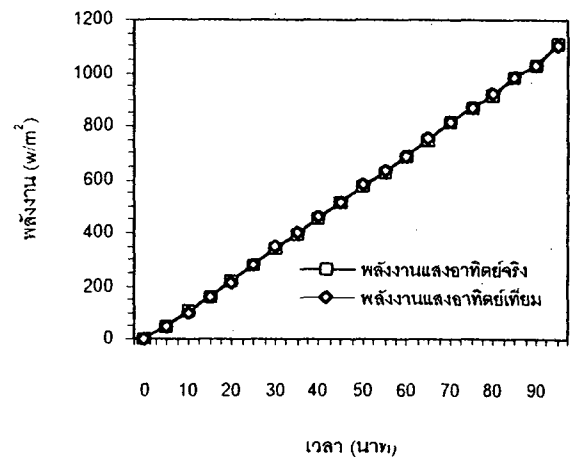
รูปที่ 5 อุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิในบ้าน

4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 การสอบเทียบพลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 6 แสดงผลการทดลองของพลังงานแสงอาทิตย์เทียมเปรียบเทียบกับพลังงานแสงอาทิตย์จริงที่ใช้ระยะห่างระหว่างแผ่นทดสอบกับพลังงานแสงอาทิตย์เทียมเท่ากับ 90 mm. สำหรับพลังงานแสงอาทิตย์จริงนั้นได้ทำการเก็บข้อมูลในวันที่ 18 เมษายน 2542

จากผลการวัดค่าจะพบว่าค่าของของพลังงานแสงอาทิตย์เทียมมีค่าใกล้เคียงกับค่าพลังงานแสงอาทิตย์จริงซึ่งจากการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันอยู่ 2.22 เปอร์เซ็นต์

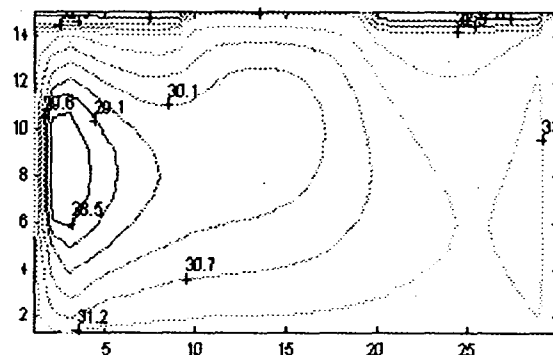


รูปที่ 6 แสดงพลังงานแสงอาทิตย์เทียมกับพลังงานแสงอาทิตย์จริง

4.2.2 Temperature Contour

รูปที่ 7 แสดงการคำนวณการกระจายอุณหภูมิภายในบ้านโดยวิธี Finite Volume ในสภาวะ steady. เมื่อถูกแสงอาทิตย์เทียมส่องแสงเป็นเวลาจนถึง 150 นาทีและทำการติด Solar Cooling Chimney ในอัตราส่วน 1: 20

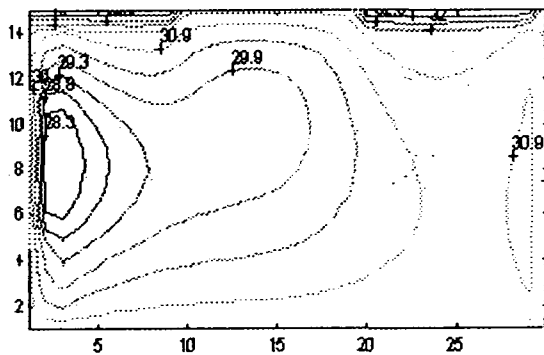
จากผลการคำนวณจะพบว่ามีการกระจายของอุณหภูมิภายในบ้านจะมีกระจายตัวได้ดีและพบว่ามีการพัดพาอุณหภูมิส่วนหนึ่งซึ่งที่อยู่บริเวณปล่องด้านบนออก นอกจากนี้แล้วยังทำให้การสะสมของความร้อนที่บริเวณด้านบนน้อย



รูปที่ 7 แสดงผลคำนวณ Temperature contour

รูปที่ 8 แสดงการคำนวณการกระจายอุณหภูมิภายในบ้านโดยวิธี Finite Volume ในสภาวะ steady เมื่อถูกแสงอาทิตย์เทียมส่องแสงเป็นเวลานานถึง 200 นาทีและทำการติดตั้ง Solar Cooling Chimney ในอัตราส่วน 1 : 20

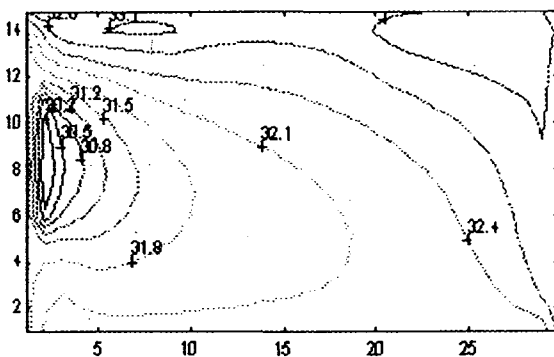
จากการคำนวณพบว่ามีลักษณะคล้ายกับในรูปที่ 7 แต่จะแตกต่างกันตรงเงื่อนไขที่ขอบต่างกัน ซึ่งจะมีผลทำให้การกระจายของอุณหภูมิมีค่าต่างกัน และจะพบว่าค่าอุณหภูมิมีค่าน้อยกว่าในรูปที่ 7 เนื่องมาจากเงื่อนไขที่ขอบมีค่าน้อยกว่านั่นเอง



รูปที่ 8 แสดงผลคำนวณ Temperature contour

รูปที่ 9 แสดงการคำนวณการกระจายอุณหภูมิภายในบ้านโดยวิธี Finite Volume ในสภาวะ steady เมื่อถูกแสงอาทิตย์เทียมส่องแสงเป็นเวลานานถึง 150 นาทีและไม่มีการติดตั้ง Solar Cooling Chimney ในอัตราส่วน 1 : 20

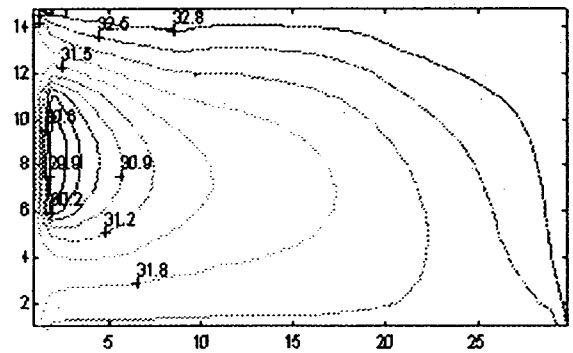
จากผลการคำนวณในลักษณะนี้ พบว่าอุณหภูมิภายในบ้านจะสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีติดตั้งกล่าว โดยมีการสะสมของความร้อนที่บริเวณด้านบน ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิสูงกว่าบ้านที่ติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว



รูปที่ 9 แสดงผลคำนวณ Temperature contour

รูปที่ 10 แสดงการคำนวณการกระจายอุณหภูมิภายในบ้านโดยวิธี Finite Volume ในสภาวะ steady เมื่อถูกแสงอาทิตย์เทียมส่องแสงเป็นเวลานานถึง 200 นาทีและไม่มีการติดตั้ง Solar Cooling Chimney ในอัตราส่วน 1 : 20

จากผลคำนวณมีลักษณะคล้ายกับรูปที่ 9 จะแตกต่างกันที่เงื่อนไขที่ขอบซึ่งจะมีค่าสูงกว่า และจะพบว่าการกระจายอุณหภูมิจะมีลักษณะใกล้เคียงกันแต่อุณหภูมิจะมีค่าสูงกว่า เนื่องมาจากเมื่อเวลาเปลี่ยนไปความร้อนก็จะมีสะสมอยู่แต่จะมีส่วนหนึ่งที่ถูกลมพัดออกทางหน้าต่าง แต่อย่างไรก็ตามความร้อนสะสมที่บริเวณด้านบนก็ยังมีค่าสูงซึ่งจะส่งผลให้อากาศภายในบ้านร้อน

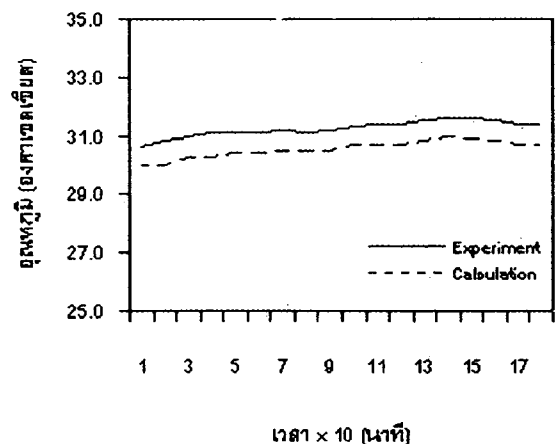


รูปที่ 10 แสดงผลคำนวณ Temperature contour

4.2.3 เปรียบเทียบผลการทดลองและการคำนวณ

รูปที่ 11 แสดงผลการคำนวณของการกระจายอุณหภูมิที่ Node 5 เปรียบเทียบกับการทดลองวัดอุณหภูมิภายในบ้านขณะที่มีการติดตั้ง Solar Cooling Chimney เมื่อเวลาเปลี่ยนไป ในอัตราส่วน 1 : 20

จากผลการคำนวณเทียบกับผลการทดลองพบว่าค่าที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่าการทดลอง ซึ่งเนื่องมาจากในการคำนวณไม่คิดการแปรเปลี่ยนของตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับเวลา ซึ่งจะพบว่าการคำนวณจะเกิดความผิดพลาดขึ้น ส่วนการทดลองนั้นจะทำการวัดตามสภาวะอากาศจริงซึ่งจะพบว่าอากาศจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและจะทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่า

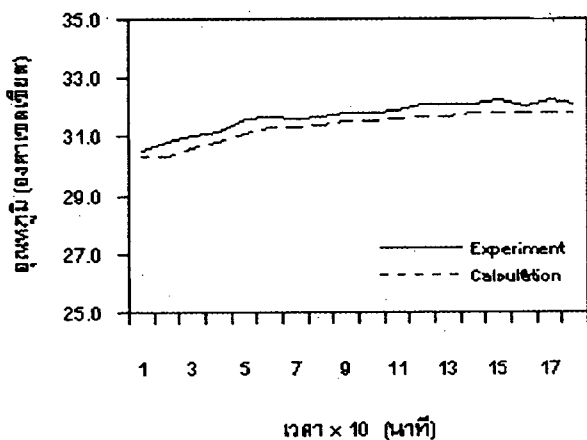


รูปที่ 11 แสดงการกระจายอุณหภูมิที่ Node 5

รูปที่ 12 แสดงผลการคำนวณของการกระจายอุณหภูมิที่ Node 5 เปรียบเทียบกับการทดลองวัดอุณหภูมิภายในบ้านขณะที่ไม่มีการติดตั้ง

Solar Cooling Chimney เมื่อเวลาเปลี่ยนไป ในอัตราส่วน 1 : 20

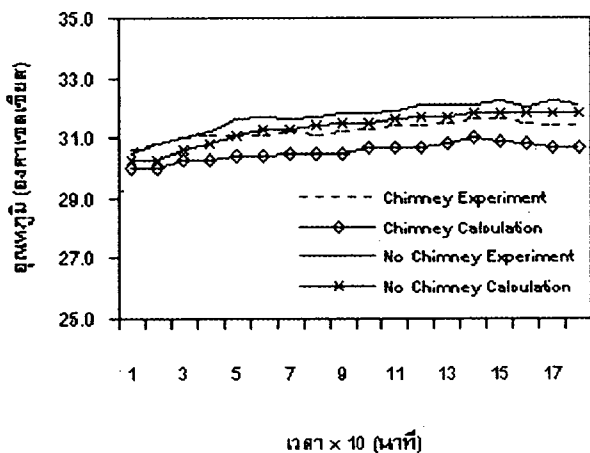
จากผลการคำนวณเทียบกับผลการทดลองพบว่าค่าที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่าการทดลอง ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงนั้นจะเหมือนกันกับรูปที่ 11 ซึ่งจะได้รับผลกระทบเช่นเดียวกันและจะมีผลต่อความผิดพลาดของการคำนวณเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้ทำการวัด



รูปที่ 12 แสดงการกระจายอุณหภูมิที่ Node 5

รูปที่ 13 แสดงผลการคำนวณและผลการทดลองการกระจายอุณหภูมิที่ Node 5 เมื่อมีการติดตั้ง Solar Cooling Chimney และไม่มี การติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว ที่เวลาเปลี่ยนไป ในอัตราส่วน 1 : 20

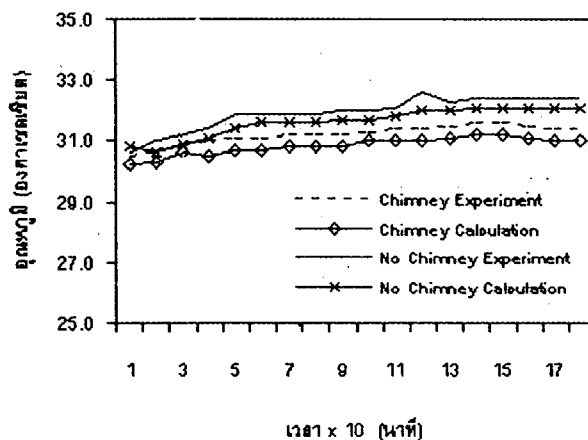
จากการทดลองและผลการคำนวณพบว่าความแตกต่างของ อุณหภูมิระหว่างการติดตั้ง Solar Cooling Chimney กับไม่ติดตั้งนั้นจะแตกต่างประมาณ 1.3 องศาเซลเซียส ส่วนผลการคำนวณนั้นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิทั้งสองจะแตกต่างประมาณ 1.5 องศาเซลเซียส



รูปที่ 13 แสดงผลการคำนวณและการทดลองการกระจายอุณหภูมิที่ Node 5

รูปที่ 14 แสดงผลการคำนวณและผลการทดลองการกระจายอุณหภูมิที่ Node 8 เมื่อมีการติดตั้ง Solar Cooling Chimney และไม่มี การติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว ที่เวลาเปลี่ยนไป ในอัตราส่วน 1 : 20

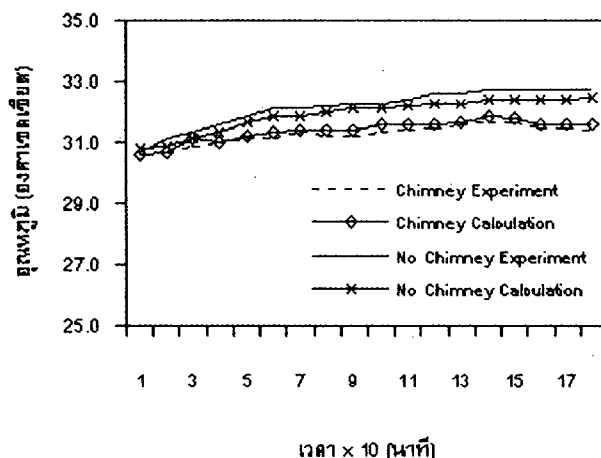
จากการทดลองและผลการคำนวณพบว่าความแตกต่างของ อุณหภูมิระหว่างการติดตั้ง Solar Cooling Chimney กับไม่ติดตั้งนั้นจะแตกต่างประมาณ 1.5 องศาเซลเซียส ส่วนผลการคำนวณนั้นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิทั้งสองจะแตกต่างประมาณ 1.8 องศาเซลเซียส



รูปที่ 14 แสดงผลการคำนวณและการทดลองการกระจายอุณหภูมิที่ Node 8

รูปที่ 15 แสดงผลการคำนวณและผลการทดลองการกระจายอุณหภูมิที่ Node 9 เมื่อมีการติดตั้ง Solar Cooling Chimney และไม่มี การติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว ที่เวลาเปลี่ยนไป ในอัตราส่วน 1 : 20

จากการทดลองและผลการคำนวณพบว่าความแตกต่างของ อุณหภูมิระหว่างการติดตั้ง Solar Cooling Chimney กับไม่ติดตั้งนั้นจะแตกต่างประมาณ 1.2 องศาเซลเซียส ส่วนผลการคำนวณนั้นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิทั้งสองจะแตกต่างประมาณ 1.4 องศาเซลเซียส



รูปที่ 15 แสดงผลการคำนวณและการทดลองการกระจายอุณหภูมิที่ Node 9

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองของการใช้ Solar Cooling Chimney สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การคำนวณการกระจายอุณหภูมินั้น เป็นการคำนวณที่สภาวะ Steady ซึ่งพบว่าเมื่อมีการติดตั้ง Solar Cooling Chimney ปริมาณของความร้อนที่สะสมอยู่ภายในบ้านจะถูกระบายออกที่บริเวณ Chimney ตลอดเวลาทำให้อุณหภูมิภายในบ้านลดลง ซึ่งก็เป็นผลมาจากการหมุนเวียนของอากาศจากภายนอกเข้ามาแทนที่อากาศภายในบ้าน เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวจะพบว่าปริมาณของความร้อนจะถูกสะสมอยู่ภายในบ้านซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในบ้านสูงขึ้น โดยสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 7 ถึงรูปที่ 10 แต่ลักษณะของการกระจายอุณหภูมิจะแตกต่างกัน ส่วนการกระจายอุณหภูมิของบ้านที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวจะพบว่าความร้อนที่เกิดการสะสมที่บริเวณด้านบน จะเกิดการกระจายลงมาสู่ภายในบ้านและก็จะเกิดเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอากาศร้อนภายในบ้าน โดยในรูปได้แสดงตัวอย่างการคำนวณเฉพาะในช่วงเวลา 150 และ 200 นาที เท่านั้น

2. การคำนวณการกระจายอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงตามเวลานั้น จะพบว่าเมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์ Solar Cooling Chimney แล้วจะทำให้อุณหภูมิภายในบ้านลดลงประมาณ 2 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวสังเกตได้จากรูปที่ 13 ถึงรูปที่ 15 จากรูปที่ 15 จะพบว่าความแตกต่างระหว่างผลการทดลองและการคำนวณการกระจายอุณหภูมิของการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวกับการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวแล้วจะมีค่าแตกต่างกันน้อยมาก เนื่องมาจากที่ Node ดังกล่าวอยู่ใกล้กับทางออกของอากาศ ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะมีทั้งอากาศร้อนและอากาศเย็นเกิดการผสมกันและไหลผ่านนั้นก็แสดงว่าการกำหนดขอบเขตช่วง Node ดังกล่าวนี้นี้จะให้ค่าเข้าใกล้จริงมากที่สุด

3. การทดลองการวัดการกระจายอุณหภูมิภายในบ้านโดยติดตั้ง Solar Cooling Chimney จะพบว่าอุณหภูมิจะลดลง 1.5 องศาเซลเซียส ซึ่งก็เป็นผลมาจากการหมุนเวียนของอากาศจากภายนอกเข้ามาแทนที่อากาศภายในบ้านสังเกตได้จากรูปที่ 13 ถึงรูปที่ 15

4. จากผลการทดลองและผลการคำนวณพบว่าอุณหภูมิจะแตกต่างกัน 0.5 องศาเซลเซียสก็เป็นผลมาจากการทดลองจะได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น การรั่วของอากาศที่บริเวณรอยต่อต่าง ๆ เป็นต้น ส่วนการคำนวณนั้นจะเกิดความผิดพลาด เนื่องจากการกำหนดค่าเงื่อนไขบางตัวแปรให้อยู่ในสภาวะคงที่ เช่น ค่าความหนาแน่นของอากาศและการคำนวณนั้นถือว่าอากาศไม่เกิดการรั่วไหลออกจากแบบจำลอง ซึ่งผลกระทบที่กล่าวมาก็จะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในแบบจำลอง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ. อัครเดช สินธุภักดิ์ ที่ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีและท่านอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ให้คำปรึกษาการเขียนโปรแกรมและอนุเคราะห์ในส่วนของผู้ประกอบการทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] H. K. Versteeg and W. Malalasekera, "An Introduction to Computation Fluid Dynamics The Finite Volume Method", Longman Scientific & Technical, Inc., 1995.
- [2] D. Poulikakos, "Conduction Heat Transfer", Prentice Hall, Inc., 1994.
- [3] Steven C. Chapra Raymond P. Canale, "Numerical Methods for Engineering", Second Edition, McGraw-Hill, Inc., 1988.
- [4] Frank P. Incropera and David P. DeWitt, "Fundamental of Heat Transfer and Mass Transfer", Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1996.
- [5] Frank M. White, "Fluid Mechanics", Second Edition McGraw-Hill, Inc., 1986
- [6] Steven C. Chapra and Raymond P. Canale, "Numerical Methods for Engineering", Second Edition, McGraw-Hill, Inc., 1990