สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม วิทยานิพนธ์ งานวิจัย

รายงานการวิจัย
เรื่อง

การศึกษาความเป็นไปได้ของเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลมโคจร เพื่อความสบายเชิงความร้อนและประหยัดพลังงาน

Feasibility study of air conditioner integrated with cycle fan for thermal comfort and energy saving

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วิทธวัช ทิพย์แสนพรหม
สำเร็จ สารมาคม

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
วันรับ.....
วันลงทะเบียน..... 16 พ.ค. 2560
เลขทะเบียน..... 249945
เลขเรียกหนังสือ..... ว. 697.93 จ3ม ก 2558
ฉบ.2

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีงบประมาณ 2554)

หัวข้อวิจัย การศึกษาความเป็นไปได้ของเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลมโคจรเพื่อความสบายเชิงความร้อนและประหยัดพลังงาน
ผู้ดำเนินการวิจัย วิทธวัช ทิพย์แสนพรหม
สำเร็จ สารมาคม
หน่วยงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ปี พ.ศ. 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ของเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลมโคจรเพื่อความสบายเชิงความร้อนและประหยัดพลังงาน โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน เข้าไปนั่งในห้องทดสอบที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ในการทดลองทำการปรับตั้งอุณหภูมิในห้องทดสอบเป็น 26 27 และ 28 °C ปรับความเร็วลมของพัดลมโคจรเป็น 1.0 1.5 และ 2.0 m/s ในระหว่างนั้นให้ผู้ทดสอบกรอกแบบสอบถามและโหวตความรู้สึกสบายเชิงความร้อน จากการศึกษาพบว่า สามารถปรับอุณหภูมิอากาศภายในห้องได้สูงถึง 28 °C โดยเปิดพัลมโคจรช่วยที่ระดับความเร็วลมตั้งแต่ 1.0-2.0 m/s ตามความชอบของแต่ละบุคคล เงื่อนไขที่เหมาะสมในการทดสอบคือ การปรับตั้งอุณหภูมิในห้องทดสอบเป็น 28 °C และปรับระดับความเร็วของพัดลมโคจร 1.5 m/s ซึ่งสามารถทำให้คนในห้องปรับอากาศรู้สึกสบายได้และสามารถช่วยลดการใช้พลังงานจากการปรับตั้งอุณหภูมิที่ 25 °C ได้ถึงร้อยละ 30

คำสำคัญ; ความสบายเชิงความร้อน, ความเร็วลม, ประหยัดพลังงาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Research Title Feasibility study of air conditioner integrated with cycle fan for thermal comfort and energy saving
Researcher Wittawat Tipsaenprom
Samrej Saramakom
Organization Faculty of Engineering Rajabhat Mahasarakham University
Year 2015

ABSTRACT

The research study of air conditioner integrated with cycle fan for thermal comfort and energy saving. In the study, 30 students in total were tested in a room equipped with air-conditioner. Room air temperature was varied from 25, 26, 27 and 28 °C, the speed of the cycle fan was varied to supply air velocity from 0.0 1.0 1.5 and 2 m/s. During each condition, the subjects were asked to vote for their thermal sensation. The results showed that the temperature set point could increase to 28 °C and when cycle fan was used to supply air velocity from 0.0-2.0 m/s. The suitable condition occurred at 28 °C, air velocity at 1.5 m/s. This would reduce the electricity consumption of the air-conditioning unit by about 30%.

Keywords; Thermal comfort, Air velocity, Energy saving

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากคณะกรรมการพิจารณาทุนอุดหนุน

ขอบคุณ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆ ทั้งด้านวิชาการ และการวิจัย

ขอบคุณนักศึกษาปริญญาตรี ที่ช่วยตอบแบบสอบถาม ขอขอบคุณ อาจารย์มลฤดี บุญยะศรี ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล ในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้

คณะผู้วิจัย

2558

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญ 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
ขอบเขตการวิจัย 2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับความสบายเชิงความร้อน 3
องค์ประกอบที่มีผลกระทบต่อสภาวะสบาย 4
ดัชนีทำนายการโหวดเฉลี่ย 7
ระบบปรับอากาศ 9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 13
ห้องทดสอบ 13
ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ 14
เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 15
การดำเนินการวิจัย 18

บทที่ 4 ผลการวิจัย 20
ลักษณะทั่วไปของผู้ทดสอบ 20
ผลการโหวดความรู้สึกสบายเชิงความร้อนของเพศชาย 20
ผลการโหวดความรู้สึกสบายเชิงความร้อนของเพศหญิง 21
ผลการโหวดความรู้สึกสบายเชิงความร้อนรวม 22
ผลของความเร็วลมต่อความรู้สึกสบายรวม 25
ผลการวิเคราะห์การประหยัดพลังงาน 26

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 27
สรุปผลการวิจัย 27

บรรณานุกรม 28

ภาคผนวก 29
ภาคผนวก ก แบบฟอร์มการทดสอบภาวะความสบาย..... 30

ประวัติผู้วิจัย 32

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ประเทศไทยมีการใช้และการนำเข้าพลังงานเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี จากการสำรวจการใช้พลังงานพบว่าปริมาณพลังงานที่ใช้เชิงพาณิชย์เกิดจากสามส่วน คือ การขนส่ง อุตสาหกรรม และที่พักอาศัย การใช้พลังงานของประเทศเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงมีการดำเนินการประหยัดพลังงานในปี พ.ศ. 2540-2544 อาคารสำนักงานจัดเป็นกลุ่มที่ใช้ไฟฟ้าสูงที่สุดในภาคธุรกิจการค้า [1] โดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นทางเลือกหนึ่งที่จะลดการใช้พลังงานได้เป็นอย่างดี คือการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศ

โดยปกติแล้วหน้าที่หลักของระบบปรับอากาศ คือการปรับสภาพอากาศภายในห้องเพื่อให้คนในอาคารรู้สึกสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort) คือรู้สึกไม่ร้อนหรือเย็นจนเกินไป ซึ่งความรู้สึกสบายเชิงความร้อนนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยเชิงปริมาณ 7 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วของอากาศอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน ความหนาของเสื้อผ้าที่สวมใส่ และกิจกรรมของคนในอาคาร [2] นอกจากนั้น ความรู้สึกสบายเชิงความร้อนยังขึ้นอยู่กับปัจจัยเชิงคุณภาพ ได้แก่ ความชอบของแต่ละบุคคล ความเคยชินกับสภาพอากาศ นิสัย การศึกษา [3] นั่นหมายถึงคนที่อยู่ในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น จะสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่ากลุ่มคนที่อยู่ในที่อากาศเย็น ดังนั้น คนไทยจึงทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นจากตัวแปรเชิงปริมาณที่มีผลต่อความรู้สึกสบายนั้น หากตัวแปรใดเปลี่ยน สามารถปรับเปลี่ยนตัวแปรอื่นๆเป็นการชดเชยได้ เพื่อให้คงความรู้สึกสบายเช่นเดิม เช่นที่อุณหภูมิสูงขึ้น สามารถปรับเพิ่มความเร็วลมรอบๆ ตัวคนเพื่อช่วยให้รู้สึกสบายได้ อย่างเช่นในประเทศไทย ตามบ้านเรือนต่างๆ ที่ไม่มีการปรับอากาศจะใช้วิธีการเปิดพัดลม เพื่อช่วยให้รู้สึกเย็นสบายขึ้นได้ ดังนั้น ความเร็วลมจึงเป็นตัวแปรหนึ่งที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ง่ายที่ช่วยให้คนรู้สึกสบายเชิงความร้อนได้ และเป็นตัวแปรที่ปรับเปลี่ยนด้วยค่าใช้จ่ายที่ต่ำ จึงมีการศึกษาผลของความเร็วลมต่อความรู้สึกสบาย [4] แต่การศึกษาเหล่านี้ทดลองที่อุณหภูมิสูงกว่าช่วงอุณหภูมิในประเทศไทย ต่อมาได้มีการศึกษาผลของความเร็วลมต่อความรู้สึกสบายของคนไทย [5] โดยทำการศึกษาในอาคารเปิดโล่งที่ไม่มีการปรับอากาศ อุณหภูมิอากาศที่ศึกษาระหว่าง 26 ถึง 36 °C และใช้พัดลมขนาดที่ใช้ตามบ้านเรือนพัดให้ความเร็วลมระหว่าง 0.2-3.0 เมตรต่อวินาที อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวไม่ได้ศึกษาในห้องปรับอากาศ ต่อมาได้มีการศึกษาความรู้สึกสบายของคนในอาคารปรับอากาศทั่วประเทศไทย [3] พบว่า ที่ความเร็วลมในบริเวณปรับอากาศเป็น 0.2 เมตรต่อวินาทีและที่อุณหภูมิ 25 °C คนส่วนใหญ่รู้สึกเย็น ขณะที่ที่อุณหภูมิ 26 °C คนกลับรู้สึกสบายกว่า และมีการศึกษาถึงการนำพัดลมขนาดเล็กมาใช้ร่วมกับเครื่องปรับอากาศ [6] พบว่าสามารถปรับอุณหภูมิของอากาศภายในห้องได้สูงถึง 28 °C โดยเปิดพัดลมเล็กช่วยที่ระดับความเร็วลมตั้งแต่ 0.5-2.0 เมตร/วินาที ตามความชอบของแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถทำให้คนในห้องปรับอากาศรู้สึกสบายได้

จากข้อมูลที่ผ่านมาพบว่า ยังไม่มีการศึกษาถึงการนำพัดลมโคจรมาใช้ร่วมกับระบบปรับอากาศ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำข้อดีของความเคยชินในการใช้พัดลม และความเคยชินต่ออุณหภูมิสูงของคนไทยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วลมและอุณหภูมิ ต่อความรู้สึกสบายของคนไทยในอาคารปรับอากาศ โดยการนำพัดลมโคจรมาใช้ร่วมกับเครื่องปรับอากาศในห้องเรียนในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เพื่อเป็นแนวทางในการเสนอแนะให้ทางมหาวิทยาลัย นำไปประยุกต์ใช้ เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อศึกษาการใช้พัดลมโคจรร่วมกับการปรับอากาศเพื่อความสบายและเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า
2. เพื่อประเมินการประหยัดพลังงานจากวิธีการที่นำเสนอ
3.เพื่อให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

ขอบเขตการวิจัย

1. ห้องเรียน ขนาด 8×8 ตารางเมตร
2. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและพัดลมโคจร
3. ผู้ทดสอบกรอกแบบสอบถามความรู้สึกสบายเชิงความร้อน
4. ลักษณะเสื้อผ้าที่สวมใส่โดยให้สวมชุดนักศึกษาหรือชุดลำลอง
5. กิจกรรมขณะทดสอบ คือ นั่งเรียน นั่งทำงาน
6. ความเร็วลมของพัดลมโคจรมี 3 ระดับ
7. ความเร็วลมของเครื่องปรับอากาศระดับ 3
8. อุณหภูมิห้องมี 3 ระดับ คือ 26 27 28 °C

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการออกแบบระบบปรับอากาศในอนาคตเพื่อความสบายและเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศในอนาคต
2. เสนอแนวทางเพื่ออนุรักษ์พลังงานและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
3. เพื่อเป็นแนวทางในการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับความสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort)

โดยปกติแล้วมนุษย์เราต้องการอาศัยอยู่ในสภาวะที่มีความสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort) ซึ่งหมายถึงความรู้สึกที่ไม่ร้อนหรือไม่เย็นจนเกินไป ตามมาตรฐาน ISO 7730, สภาวะสบาย คือ ความรู้สึกพึงพอใจต่อสภาวะความร้อน หรือระดับความร้อนที่แวดล้อมบริเวณที่เราอาศัยอยู่

ความสบายเชิงความร้อนของคนหนึ่งคนนั้น ได้รับการนิยามจากสมาคมวิศวกรรม การปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ตามมาตรฐาน ASHRAE 55-92 [7] ว่าหมายถึง "สภาวะของจิตใจที่แสดงถึงความพึงพอใจต่อสภาวะอากาศแวดล้อม" อย่างไรก็ตาม สภาวะอากาศหนึ่งๆ ไม่สามารถทำให้คนทุกคนรู้สึกชอบใจได้ เช่น บางคนรู้สึกร้อน บางคนรู้สึกเย็น บางคนรู้สึกพอดี

ภาวะความสบายเชิงความร้อนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง อาทิเช่น อุณหภูมิของอากาศ ความเร็วลมที่พัดผ่าน และปริมาณความชื้นในอากาศ รวมทั้งผลกระทบอื่นๆ อาทิเช่น คุณภาพของอากาศ แสงสว่าง ระดับความดังเสียง ร่างกายของมนุษย์จะพยายามรักษาอุณหภูมิของร่างกาย (Body 's Core Temperature) ไว้ที่ 37 °C โดยเราจะรู้สึกร้อน และมีเหงื่อออกเมื่ออุณหภูมิของร่างกายสูงเกินกว่า 37 °C และจะรู้สึกหนาวเมื่ออุณหภูมิของร่างกายต่ำกว่า 34 °C โดยที่อุณหภูมิของผิวหนัง (Skin Temperature) และอุณหภูมิของร่างกายจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ที่จะบอกถึงสภาวะสบายของแต่ละคน

ความรู้สึกสบายเชิงความร้อนของคนขึ้นอยู่กับปัจจัยเชิงปริมาณ 6 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิความชื้นและความเร็วของอากาศ อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน ความหนาของเสื้อผ้าที่สวมใส่ และกิจกรรมของคน [2] นอกจากนั้นความรู้สึกสบายเชิงความร้อนยังขึ้นอยู่กับปัจจัยเชิงคุณภาพ ได้แก่ ความชอบของแต่ละบุคคล ความเคยชินกับสภาพอากาศ นิสัย การศึกษา เพศ [3]

สมการเชิงความร้อนที่ได้รับการยอมรับ และถูกนำมาประยุกต์ใช้มากที่สุด คือ สมการที่ศึกษาและพัฒนาโดย Fanger [2] ซึ่งได้จากการทำสมดุลความร้อนระหว่างร่างกายคนกับสิ่งแวดล้อม สมการนี้จะแสดงถึงปริมาณความร้อนสุทธิที่แลกเปลี่ยนระหว่างคนกับสิ่งแวดล้อม โดยความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายคน จะถ่ายเทสู่ภายนอกร่างกายผ่านการระเหยทางเหงื่อและการถ่ายเทความร้อนทางผิวหนังและเสื้อผ้า รวมถึงการถ่ายเทความร้อนออกสู่ภายนอกร่างกายโดยการหายใจ สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมที่ทำให้คนเรารู้สึกสบาย คือ สภาวะที่ทำให้ปริมาณความร้อนสุทธิในการแลกเปลี่ยนระหว่างคนกับสิ่งแวดล้อมเป็นศูนย์ นั่นหมายถึงความร้อนที่เกิดขึ้นในร่างกายเท่ากับความร้อนที่ระบายออกนอกร่างกาย แต่ถ้าปริมาณความร้อนสุทธิที่แลกเปลี่ยนไม่เป็นศูนย์หรือไม่สมดุล จะก่อให้เกิดความรู้สึกร้อนหรือหนาว เช่น ถ้าความร้อนที่สร้างขึ้นภายในร่างกายน้อยกว่าความร้อนที่ถ่ายเทออกสู่ภายนอกร่างกาย นั่นคือคนสูญเสียความร้อนมากเกินไปคนจะรู้สึกเย็นหรือถึงขั้นหนาวในทางตรงกันข้าม หากความร้อนที่สร้างขึ้นภายในร่างกายมากกว่าความร้อนที่ถ่ายเทออกนอกร่างกาย จะเกิดความร้อนสะสม ส่งผลให้คนจะรู้สึกร้อนถึงร้อนจัด ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกาย ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม ณ ขณะนั้นและระดับกิจกรรมของคนรวมถึงความหนาของเสื้อผ้าที่สวมใส่

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

องค์ประกอบที่มีผลกระทบต่อสภาวะสบาย (Parameters Influencing Thermal Comfort)

1. การเผาผลาญอาหารของร่างกาย (Metabolism, MET)

การเผาผลาญอาหารของร่างกาย (Metabolism) ขึ้นอยู่กับการทำงานของกล้ามเนื้อ (Muscular Activity) ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นในร่างกาย โดยวัดค่าในรูปของ MET (1 MET = 58.15 W/m^2 ของพื้นที่ผิวหนังของร่างกาย)

ตาราง 2.1 ค่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในร่างกายของกิจกรรมแต่ละประเภท (Met value table)

Activity	Metabolic Rates [M]	
	W/m^2	Met
Reclining	46	0.8
Seated relaxed	58	1.0
Clock and watch repairer	65	1.1
Standing relaxed	70	1.2
Sedentary activity (office, dwelling, school, laboratory)	70	1.2
Car driving	80	1.4
Graphic profession – Book Binder	85	1.5
Standing, light activity (shopping, laboratory, light industry)	93	1.6
Teacher	95	1.6
Domestic work – shaving, washing and dressing	100	1.7
Walking on level, 2km/h	110	1.9
Standing, medium activity (shop assistant, domestic work)	116	2.0
Building industry – brick laying (Block of 15.3 kg)	125	2.2
Washing dishes standing	145	2.5
Domestic work – raking leaves on the lawn	170	2.9
Domestic work – washing by hand and ironing (120-220 W/m^2)	170	2.9
Iron and steel – ramming the mould with a pneumatic hammer	175	3.0
Building industry –forming the mould	180	3.1
Walking on the level, 5 km/h	200	3.4
Forestry – cutting across the grain with a one-man power saw	205	3.5
Agriculture- Ploughing with a team of horses	235	4.0
Building industry-loading a wheelbarrow with stones and mortar	275	4.7
Sports – Ice skating, 18 km/h	360	6.2
Agriculture – digging with a spade (24 lifts/min)	380	6.5
Sports – Skiing on level, good snow, 9 km/h	405	7.0
Forestry – working with an axe (weight 2 k. 33 blows/min)	500	8.6
Sports – Running, 15 km/h	550	9.5

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม MAHASARAKHAM UNIVERSITY

โดยปกติผู้ใหญ่จะมีพื้นที่ผิวหนังเท่ากับ 1.7 m^2 และคนที่อยู่ในสภาวะสบายที่มีค่า MET เท่ากับ 1.0 MET จะมีค่าความร้อนออกจากร่างกายเท่ากับ 100 W การเผาผลาญอาหารของร่างกายจะต่ำที่สุดในเวลาที่เราหลับ มีค่าเท่ากับ 0.8 MET และมีค่าสูงสุดขณะที่เล่นกีฬา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.0 MET

2. ค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้า (Clothing Level, Clo)

การสวมเสื้อผ้าช่วยลดความร้อนที่สูญเสียออกจากร่างกาย ดังนั้น เสื้อผ้าจึงจัดแบ่งตามค่าการเป็นฉนวน โดยวัดเป็นหน่วย Clo (1 Clo = 0.155 m^2 °C /W) กิจกรรมแต่ละประเภทจะให้ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายที่แตกต่างกันกิจกรรมหนักๆ จะก่อให้เกิดความร้อนในร่างกายสูงเนื่องจากร่างกายต้องใช้พลังงานมาก ดังนั้นจึงต้องมีการเผาผลาญอาหารมากเพื่อให้เกิดพลังงานขึ้น จึงส่งผลให้เกิดความร้อนในร่างกายสูงซึ่งจำเป็นต้องระบายออกจากร่างกายหากการระบายความร้อนไม่ทันนั่นคือ สภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น อากาศรอบตัวร้อนเกินไปเราจะรู้สึกร้อนและหากไม่สามารถระบายความร้อนได้อีกจะรู้สึกร้อนมากขึ้นอีก ร่างกายจะทำการขับเหงื่อออกมาเพื่อเป็นการเร่งระบายความร้อนและเสื้อผ้าแต่ละชนิดมีค่าฉนวนความร้อนที่แตกต่างกัน ชุดเสื้อผ้าที่บางจะมีค่าเป็นฉนวนกันความร้อนต่ำกว่ากรณี ชุดเสื้อผ้าหนา ดังนั้นหากสวมใส่ที่พอดีกับสภาวะอากาศและระดับของกิจกรรมที่ทำก็จะทำให้รู้สึกสบายได้ แต่หากสวมใส่เสื้อผ้าที่ไม่พอดีก็จะส่งผลให้รู้สึกร้อนหรือหนาวได้เช่นเดียวกัน

ตาราง 2.2 ค่าฉนวนความร้อนของเสื้อผ้าชุดต่างๆ (Clo values table)

Garment description	Iclu	
	Clo	$M^2°C/W$
Underwear, pants Pantyhose	0.02	0.003
Panties	0.03	0.005
Briefs	0.04	0.006
Pants long legs	0.1	0.016
Underwear, shirt Bra	0.01	0.002
Shirt sleeveless	0.06	0.009
T-shirt	0.09	0.014
Shirt with long sleeves	0.12	0.019
Half-slip, nylon	0.14	0.022
Shirt Tube top	0.06	0.009
Short sleeve	0.09	0.029
Light weight blouse, long sleeves	0.15	0.023
Light weight, long sleeves	0.20	0.031
Normal, long sleeves	0.25	0.039
Long sleeves, turtleneck blouse	0.3	0.047
Trousers Shorts	0.34	0.053
Walking shorts	0.06	0.009
Light-weight trousers	0.11	0.017

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Normal trousers	0.20	0.031
Flannel trousers	0.25	0.039
Overalls	0.28	0.043
Coveralls Daily wear, belted	0.28	0.043
Work	0.49	0.076
Highly-insulating Multi-component, filling	0.50	0.078
Coveralls Fiber-pelt	1.03	0.160
Sweaters Sleeveless vest	1.13	0.175
Tin sweater	0.12	0.019
Long sleeves, turtleneck (thin)	0.20	0.031
Sweater 0.28 0.043 Thick sweater	0.26	0.040
Long sleeves, turtleneck (thick)	0.35	0.054
Jacket Vest	0.37	0.057
Light summer jacket	0.13	0.020
Jacket	0.25	0.039
Smock	0.35	0.054
Coats and Coat	0.30	0.047
Overjackets Down jacket	0.6	0.093
And overtrousers Parka	0.55	0.085
Overalls multi- component	0.7	0.109
Sundries Socks	0.02	0.003
Thick, ankle socks	0.05	0.008
Thick, long socks	0.10	0.016
Slippers, quilted fleece	0.03	0.005
Shoes (thin soled)	0.02	0.003
Shoes (thick soled)	0.04	0.006
Boots 0.1 0.016 Gloves	0.05	0.008
Skirts, dresses Light skirt, 15 cm. above knee	0.10	0.016
Light skirt, 15 cm. below knee	0.18	0.028
Heavy skirt, knee-length	0.25	0.039
Light dress, long sleeves	0.25	0.039
Winter dress, long sleeves	0.4 0	0.062
Sleepwear Long sleeve, long gown	0.30	0.047
Thin strap, short gown	0.15	0.023
Hospital gown	0.31	0.048
Long sleeve, long pyjamas	0.50	0.078
Body sleep, with feet	0.72	0.112

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Undershorts	0.10	0.016
Robes Long sleeve, wrap, long	0.53	0.082
Long sleeve, wrap, shot	0.41	0.064
Chairs Wooden or metal	0.00	0.000
Fabric- covered, cushioned, swivel	0.10	0.016
Armchair	0.20	0.032

3. อุณหภูมิของอากาศ (Air Temperature)

อุณหภูมิของอากาศโดยรอบของผู้อยู่อาศัยและยังมีค่าอุณหภูมิอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งต้องนำมาพิจารณาประกอบด้วย 3 ค่า คือ Operative Temperature (t_0) คือ ผลรวมของอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย Equivalent Temperature (t_{cq}) คือ ผลรวมของอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยรวมถึงค่าความเร็วของลมที่ไหลผ่าน Effective Temperature (t_c) คือ ผลรวมของอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิ ของการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ยรวมถึงค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

4. อุณหภูมิของการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature: MRT)

อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย คือ ค่าอุณหภูมิของสภาวะที่อาศัยมาตรฐานที่มีค่าเท่ากับการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนของคนในสภาวะหรือห้องที่อยู่อาศัยจริง

5. ความเร็วของลมที่พัดผ่านร่างกาย (Air Velocity)

ความเร็วของลมที่พัดผ่านร่างกายเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่ต้องควบคุม, ASHARE Standard 55-2004 กำหนดความเร็วของลมขั้นต่ำเท่ากับ 0.20 m/s (40 fpm)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

6. ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Humidity)

ASHARE Standard 55-2004 ได้กำหนดค่าความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐานไว้ระหว่าง 30% ถึง 60%

ดัชนีทำนายการโหวดเฉลี่ย (Predicted Mean Vote; PMV) [9]

สมการสบายเชิงความร้อนเป็นสมการที่แสดงถึงสมดุลความร้อน ซึ่งสามารถบอกได้เพียงว่าจะต้องปรับเปลี่ยนตัวแปรอย่างไรเพื่อให้คนรู้สึกสบาย แต่ไม่สามารถทำนายได้ว่าถ้าคนทำกิจกรรมใดๆ โดยสวมใส่เสื้อผ้าแต่ละชนิดและอยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมต่างๆ นั้นจะรู้สึกอย่างไร คือ ร้อน เย็น หรือกำลังพอดี ดังนั้น Fanger จึงเสนอสมการเพื่อคำนวณค่าดัชนีทำนายโหวตเฉลี่ยที่เรียกว่า Predicted Mean Vote; (PMV) ดังแสดงในสมการที่ (1)-(4)

$$PMV = (0.325e^{-0.042M} + 0.032)\,[M-0.35(43-0.061M - P_v) - 0.42(M - 50) - 0.0023M\,(44 - P_v) - 0.0014M\,(34 - T_a) - 3.4 \times 10^{-8} f_{cl}\,[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4\,] - f_{cl}\,h_c\,(T_{cl} - T_a) \quad (1)$$

$$T_{cl} = 35.7 - 0.032M - 0.18\,I_{cl}\,[\,3.4 \times 10^{-8} f_{cl}\,[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273\,)^4] - f_{cl}\,h_c\,(T_{cl} - T_a\,) \quad (2)$$

$$P_v = P_s r_h / 100 \quad (3)$$

เมื่อ M = อัตราเมตาบอริซึม, (kcal/h)

P_v = ความดันไอน้ำในอากาศ, (mmHg)

T_a = อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม, (°C)

f_{cl} = Clothing factor

T_{cl} = อุณหภูมิผิวเสื้อผ้า, (°C)

T_{mrt} = อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย, (°C)

h_c = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน, [W (m^{-2} °C)]

I_{cl} = ค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้า, clo(1clo = 0.155 m^2 °C W^{-1})

r_h = ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ, (%)

P_s = ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิใดๆ, (mmHg)]

ค่า PMV ที่คำนวณได้จากสมการที่ (1)–(4) จะมีค่าอยู่ระหว่าง -3 ถึง +3 โดยสเกล และความหมายที่นิยมใช้กันจะมีอยู่ 7 ระดับ ดังแสดงในตาราง 2.3

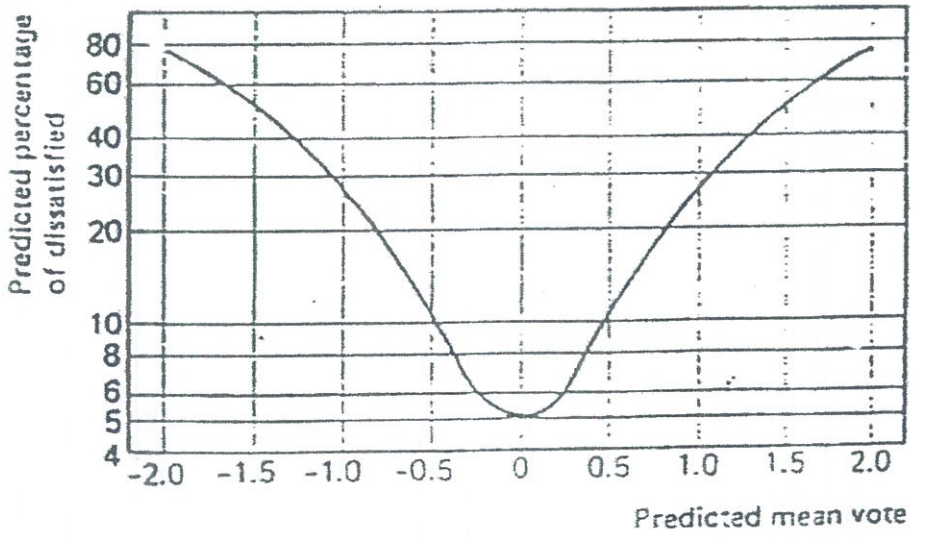
ตาราง 2.3 สเกลแสดงค่าและความหมายของค่า PMV

ค่า PMV	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
ความหมาย	หนาว	เย็น	ค่อนข้างเย็น	กำลังดี	ค่อนข้างอุ่น	อุ่น	ร้อน

PMV (Predicted Mean Vote) เป็นดัชนีที่ใช้ทำนายความรู้สึกของคนส่วนใหญ่ว่ามีความรู้สึกร้อนหนาวอย่างไร ภายใต้ตัวแปรสิ่งแวดล้อมซึ่งได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นอากาศ ความเร็วลม และอุณหภูมิการแผ่รังสี และยังขึ้นอยู่กับภายใต้ตัวแปรที่เกี่ยวกับคน ซึ่งได้แก่ ชนิดของกิจกรรม และความหนาของเสื้อผ้าที่สวมใส่

ตามปกติค่า PMV จะบอกเพียงค่าเฉลี่ยการโหวตของคนส่วนใหญ่ที่อยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมเดียวกันเท่านั้นแต่ไม่สามารถบอกได้ว่าจะมีคนกี่เปอร์เซ็นต์ที่รู้สึกไม่สบาย ดังนั้น Fanger จึงได้หาความสัมพันธ์ระหว่างค่า PMV กับค่าเปอร์เซ็นต์ความรู้สึกไม่สบาย (Predicted Percentage of Dissatisfied, PPD) ดังภาพประกอบ 1 ซึ่งจะพบว่าแม้ว่าค่า PMV จะเป็น 0 แต่ก็มีเปอร์เซ็นต์ของคนที่รู้สึกไม่ชอบใจอยู่ประมาณ 5 %และพบว่าค่า PMV ระหว่าง –0.5 ถึง +0.5 มีคนที่รู้สึกไม่สบายอยู่ประมาณ 10 % หรือมีคนรู้สึกสบายอยู่ประมาณ 90 % ซึ่งการรักษาสภาพแวดล้อมที่ทำให้ค่าเฉลี่ยการโหวตอยู่ในช่วงดังกล่าว เป็นช่วงที่เหมาะสมและได้รับการแนะนำตามมาตรฐาน ISO 7730 [8]

RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพประกอบ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PMV และค่า PPD

หรือเขียนในรูปสมการคณิตศาสตร์ได้ว่า

$$PPD = 100 - 95e^{[-(0.03353PMV4 + 0.1297PMV2)]} \quad (4)$$

เมื่อ PPD = เปอร์เซ็นต์ทำนายความรู้สึกไม่สบาย
PMV = ดัชนีทำนายการโหวตเฉลี่ย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากภาพประกอบ 1 ค่า PMV = 0 เป็นค่าที่รู้สึกสบายที่สุดจะมีค่า PPD = 5 % ซึ่งเป็นที่คนกลุ่มน้อยรู้สึกไม่สบาย ส่วนค่า PMV ที่เปลี่ยนไปจากนี้ กลุ่มของคนที่ไม่รู้สึกสบายจะมีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้น

ระบบปรับอากาศ [10]

การปรับอากาศสามารถแบ่งตามวัตถุประสงค์การใช้งานได้เป็น 2 ประเภท

1. การปรับอากาศเพื่อความเย็นสบาย เป็นการปรับอากาศที่มุ่งส่งเสริมความเย็นสบาย และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของผู้คนที่อาศัยหรือทำงานอยู่ในที่บริเวณนั้นๆ เช่น การปรับอากาศภายในบ้าน สำนักงาน ร้านอาหาร โรงเรียน โรงพยาบาล ฯลฯ

2. การปรับอากาศเพื่อการอุตสาหกรรม เป็นการปรับอากาศเพื่อควบคุมภาวะบรรยากาศในกระบวนการผลิต การทำงานวิจัยและการเก็บรักษาผลผลิตต่างๆ เช่น การปรับอากาศในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ โรงงานทอผ้า โรงงานผลิต อาหาร ฯลฯ

ดังนั้น จึงต้องมีการเลือกระบบการปรับอากาศให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งานซึ่งในปัจจุบันระบบปรับอากาศที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีอยู่ 3 ระบบ โดยแบ่งตามลักษณะการส่งความเย็นดังนี้

1. ระบบอากาศทั้งหมด (All-air system) คือระบบที่ส่งเฉพาะอากาศที่ถูกทำความเย็นแล้วไปยังบริเวณที่ต้องการปรับอากาศ ระบบนี้เหมาะสำหรับระบบเล็กๆ เช่น บ้านพักอาศัย หรือสำนักงานขนาดเล็ก

2. ระบบน้ำทั้งหมด (All-water system) คือระบบที่ส่งเฉพาะน้ำที่ถูกทำความเย็นจากส่วนกลางไปยังบริเวณที่ต้องการปรับอากาศแต่ละแห่ง ระบบนี้เหมาะกับการใช้งานในเชิงพาณิชย์เกือบทุกประเภท เนื่องจากมีต้นทุนที่ถูกกว่า และใช้พื้นที่ติดตั้งน้อยกว่าระบบอากาศล้วน

3. ระบบน้ำและอากาศ (Water-air system) คือระบบที่ส่งทั้งน้ำเย็นและอากาศจากส่วนกลางไปยังพื้นที่ปลายทางแต่ละห้อง โดยการนำเอาข้อดีของระบบน้ำที่สามารถนำพาความเย็นส่วนใหญ่ไปได้ดีกว่า และข้อดีของอากาศที่สามารถส่งด้วยความเร็วสูงกว่า จึงทำให้ใช้เนื้อที่ปล่องและเพดานไม่มากนัก แต่ต้นทุนในการของระบบนี้ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ

ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบการทำการความเย็น (Refrigeration Cycle) มีดังนี้

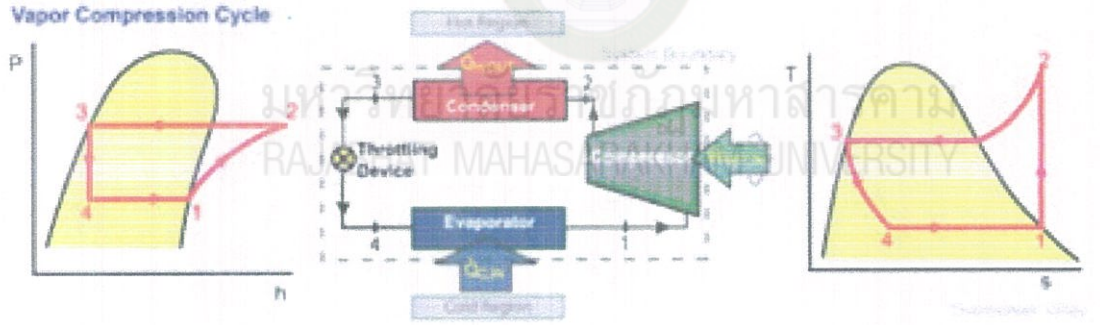
1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ขับเคลื่อนสารทำความเย็น หรือน้ำ (Refrigerant) ในระบบ โดย ทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิ และความดันสูงขึ้น

2. คอยล์ร้อน (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนของสารทำความเย็น

3. คอยล์เย็น (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดซับความร้อนภายในห้องมาสู่สารทำความเย็น

4. อุปกรณ์ลดความดัน (Throttling Device) ทำหน้าที่ลดความดันและอุณหภูมิของสารที่ความเย็นโดยทั่วไปจะใช้เป็น แค็ปพิลลารี่ทิ้วบ์ (Capillary tube) หรือ เอ็กสแปนชั่นวาล์ว (Expansion Valve)

ระบบการทำความเย็นที่เรากำลังกล่าวถึงคือระบบอัดไอ (Vapor-Compression Cycle) ซึ่งมีหลักการทำงานง่ายๆ คือ การทำให้สารทำความเย็น (น้ำยา) ไหลวนไปตามระบบ โดยผ่านส่วนประกอบหลักทั้ง 4 อย่างต่อเนื่องเป็น วัฏจักรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) โดยมีกระบวนการดังนี้



ภาพประกอบ 2.2 วัฏจักรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle)
ที่มา http://www.air-thai.com

1. เริ่มต้นโดยคอมเพรสเซอร์ทำหน้าที่ดูดและอัดสารทำความเย็นเพื่อเพิ่มความดันและอุณหภูมิของน้ำยาแล้วส่งต่อเข้าคอยล์ร้อน

2. น้ำยาจะไหลวนผ่านแผงคอยล์ร้อนโดยมีพัดลมเป่าเพื่อช่วยระบายความร้อน ทำให้น้ำยาจะที่ออกจากคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิลดลง (ความดันคงที่) จากนั้นจะถูกส่งต่อให้อุปกรณ์ลดความดัน

3. น้ำยาที่ไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดันจะมีความดันและอุณหภูมิที่ต่ำมาก แล้วไหลเข้าสู่คอยล์เย็น (หรือที่นิยมเรียกกันว่าการฉีดน้ำยา)

4. จากนั้นน้ำยาจะไหลวนผ่านแผงคอยล์เย็นโดยมีพัดลมเป่าเพื่อช่วยดูดซับความร้อนจากภายในห้อง เพื่อทำให้อุณหภูมิห้องลดลง ซึ่งทำให้น้ำยาที่ออกจากคอยล์เย็นมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น (ความดันคงที่) จากนั้นจะถูกส่งกลับเข้าคอมเพรสเซอร์เพื่อทำการหมุนเวียนน้ำยาต่อไป

หลังจากที่รู้การทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแล้วก็พอจะสรุปได้ดังนี้ สารทำความเย็นหรือน้ำยาทำหน้าที่เป็นตัวกลางดูดเอาความร้อนภายในห้อง (Indoor) ออกมานอกห้อง (Outdoor) จากนั้นน้ำยาจะถูกทำให้เย็นอีกครั้งแล้วส่งกลับเข้าห้องเพื่อดูดซับความร้อนอีก โดยกระบวนการนี้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตลอดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ คอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์ชนิดเดียวในระบบที่ทำหน้าที่ขับเคลื่อนน้ำยาผ่านส่วนประกอบหลัก คือคอยล์ร้อน อุปกรณ์ลดความดัน และคอยล์เย็น โดยจะเริ่มทำงานเมื่ออุณหภูมิภายในห้องสูงเกินอุณหภูมิที่เราตั้งไว้ และจะหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่าอุณหภูมิที่เราตั้งไว้ ดังนั้นคอมเพรสเซอร์จะเริ่ม และหยุดทำงานอยู่ตลอดเวลาเป็นระยะๆ เพื่อรักษาอุณหภูมิห้องให้สม่ำเสมอตามที่เราต้องการ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Yamtraipat et al. [1] ได้ทำการศึกษาหามาตรฐานสภาวะสบายสำหรับห้องปรับอากาศในประเทศไทย โดยทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ และความชื้นอากาศภายในอาคาร และให้คนในอาคารสำนักงานทั่วประเทศ กรอกแบบสอบถามความรู้สึกสบายและให้ข้อมูลทางเพศ การศึกษา และการใช้เครื่องปรับอากาศในบ้านพัก พบว่า ความเร็วลมในการปรับอากาศทั่วไปมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.2-0.25 m/s และอุณหภูมิภายในอาคารปรับอาคารมีค่าอยู่ระหว่าง 20-27 °C มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 40-70 % และจากการวิเคราะห์ที่คนส่วนใหญ่รู้สึกสบายพบว่าอยู่ที่ประมาณ 26 °C และพบว่า คนที่มีเครื่องปรับอากาศที่บ้านและเปิดใช้เป็นประจำจะรู้สึกสบายที่อุณหภูมิ 25.4 °C ซึ่งต่ำกว่าคนที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศที่บ้านซึ่งรู้สึกสบายที่ 26.3 °C นอกจากนี้ยังพบว่าผู้หญิงจะรู้สึกสบายที่อุณหภูมิ 26.2 °C ซึ่งพบว่าสูงกว่าเพศชายที่รู้สึกสบายที่อุณหภูมิ 25.7 °C และจากการวิเคราะห์ผลของการศึกษาต่ออุณหภูมิความสบาย พบว่า คนที่เรียนสูงกว่า ระดับปริญญาตรีจะรู้สึกสบายที่อุณหภูมิ 25.3 °C ซึ่งต่ำกว่าคนที่เรียนระดับที่ต่ำกว่าอยู่ 0.8 °C

Yamtraipat et al. [3] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสำรวจอุณหภูมิที่เย็นสบายของคนส่วนมาก โดยใช้อาสาสมัครของคนไทย 1520 คน จากสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันของประเทศไทย การสำรวจถูกนำไปใช้ในการเป็นรูปแบบการก่อสร้างการควบคุมอากาศที่แตกต่างกันจากพื้นที่ที่เป็นส่วนตัวและเป็นที่สารธารณะโดยพิจารณาจากอุณหภูมิที่สบายทั่วไปโดยมีปัจจัยจากอุณหภูมิกระเปาะแห้งโดยเทียบกับความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วของอากาศ 2 อย่างเป็นปัจจัยที่นำมาพิจารณา ทำให้ได้ผลของการใช้เครื่องปรับอากาศภายในบ้านและระดับการศึกษาอื่นๆ ทั้งบัณฑิตและนักเรียน พื้นฐานข้อมูลทั่วไปที่ใช้สำหรับศึกษาการก่อสร้างในประเทศไทยและ ความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละที่ ทำให้ได้ข้อสรุปออกมาคืออุณหภูมิภายในที่ก่อสร้างที่ทำให้เย็นสบายมาตรฐานคือ 26°C และมีความชื้น 50-60 % และถูกใช้เป็นอุณหภูมิมาตรฐานของประเทศและทำให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการก่อสร้างโดยไม่ให้มีเครื่องปรับอากาศในที่ก่อสร้างต่อไป

Khedari J. et al. [5] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการระบายอากาศที่ทำให้เกิดความสบายซึ่งทำการศึกษาในประเทศไทย โดยใช้อาสาสมัครคนไทยเป็นชาย 183 คน หญิง 105 คน ซึ่งเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยซึ่งให้อยู่ในพื้นที่ที่มีสภาวะของสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันและมีการสอบถามเกี่ยวกับการระบายของอากาศที่ทำให้เกิดความเย็นสบายโดยไม่มีเงื่อนไขไม่ให้มีที่ว่าง ผลสุดท้ายที่ได้คือ พัดลมไฟฟ้าเป็นสิ่งที่ควบคุมความเร็วของลมและทำให้ เกิดอุณหภูมิที่เย็นสบายได้ใกล้เคียงที่สุด เมื่อความเร็วของอากาศแตกต่างกันระหว่าง 0.2 และ 3.0 m/s ห้องที่มีอุณหภูมิต่างกัน 2 ห้องคือ 26 °C กับ 36 °C (D.B.T.) และมี

ความชื้นสัมพัทธ์ 50–80 % จะสบายที่สุดโดยการสอบถามจะจะถูกบันทึกโดยแบบสอบถาม ทำให้เกิดการทำนายหรือการโหวตอุณหภูมิที่เป็นกลางภายในที่ร่มได้ นี่คือการนำไปสู่การพัฒนาการออกแบบระบบการระบายของลมภายในที่ทำงานหรือภายในห้อง

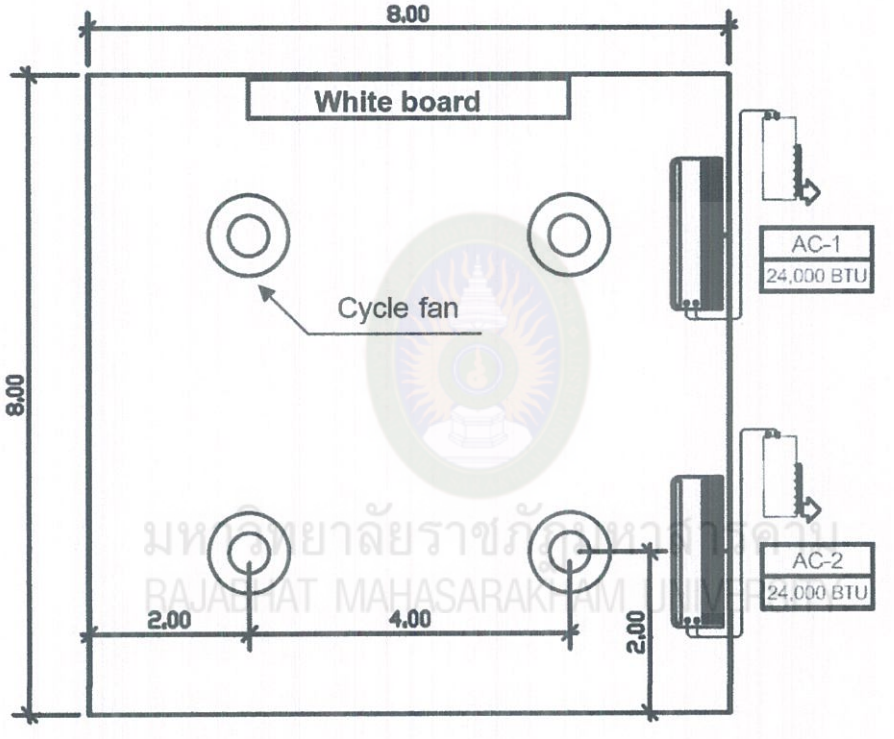
สุรัตน์ อัตถจริยกุล [6] ได้ทำการศึกษาเพื่อเสนอเทคนิคในการใช้พัดลมขนาดเล็กร่วมกับเครื่องปรับอากาศสำหรับประเทศไทยและพบว่าสามารถปรับอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศได้สูงถึง 28 °C โดยเปิดพัดลมเล็กช่วยที่ระดับความเร็วลมตั้งแต่ 0.5 ถึง 2.0 m/s ตามความชอบของแต่ละคน ซึ่งสมารถทำให้คนในห้องปรับอากาศรู้สึกเย็นสบายได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ห้องทดสอบ

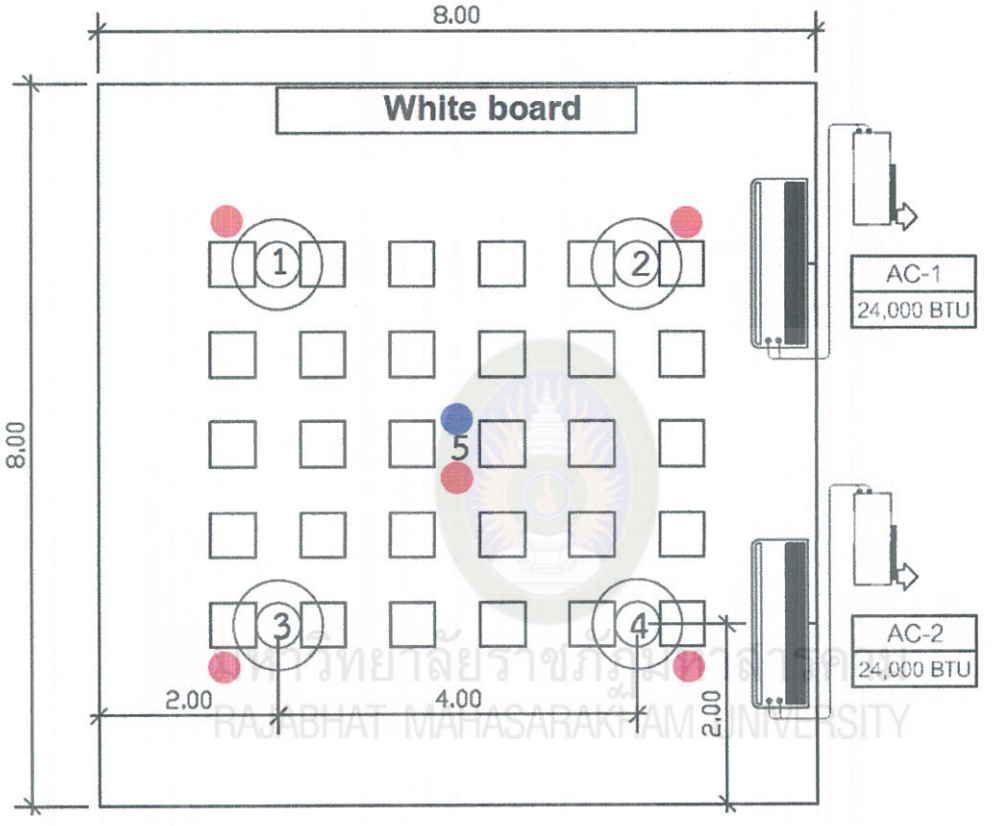
ห้องที่ใช้ทดสอบเป็นห้องเรียนของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาคาร 12 ห้อง 1208 มีขนาด 8 m x 8 m x 3 m (กว้าง x ยาว x สูง) ภายในห้องเรียนติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ชนิดแขวนใต้ฝ้าเพดาน (Ceiling Type) ขนาด 24,000 BTU จำนวน 2 เครื่อง และติดตั้งพัดลมโคจร (Cycle fan) จำนวน 4 เครื่อง ดังภาพประกอบ 3.1



ภาพประกอบ 3.1 ห้องสำหรับทดสอบสภาวะความสบายเชิงความร้อน (ภาพฉายมุมบน)

ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

เครื่องมือวัดที่ใช้การทดลองประกอบไปด้วย ในการทลองนี้ใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K โดยต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (MX 100) เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศ (Thermo-hygrometer) ตำแหน่งการติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ แสดงดังภาพประกอบ 3.2 โดยมีจุดวัดอุณหภูมิทั้งหมด 5 จุด แต่ละจุดมีความสูงจากพื้น 1 เมตร และวัดความชื้นสัมพัทธ์ที่จุดวัดที่ 5



ภาพประกอบ 3.2 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ห้องทดสอบความสบายเชิงความร้อน

เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data acquisition)

ในการทดลองนี้ใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data acquisition) ยี่ห้อ YOKOGAWA Model IM MX 100 มีจุดวัดอุณหภูมิ 30 ช่องสัญญาณ มีช่วงวัดอุณหภูมิ -200°C ถึง 1100°C

ภาพประกอบ 3.3 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ

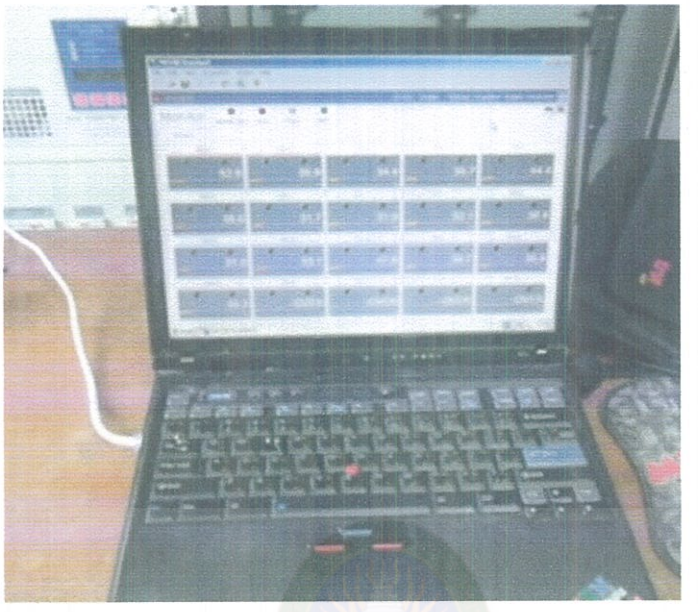
2. เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

ในการทดลองนี้ใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ช่วงวัดอุณหภูมิ -100°C ถึง 400°C โดยต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ YOKOGAWA Model IM MX 100

ภาพประกอบ 3.4 สายเทอร์โมคัปเปิล

3. คอมพิวเตอร์ (Computer)

ในการทดลองใช้คอมพิวเตอร์ในการเก็บบันทึกข้อมูลและแสดงผลอุณหภูมิซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (MX 100)



ภาพประกอบ 3.5 คอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกและแสดงผลอุณหภูมิ

4. เครื่องวัดความเร็วลม

วัดความเร็วลมโดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วลมแบบ M WAVETER Meterman รุ่น TMA 10 ใช้วัดบริเวณช่องลมที่อากาศเย็นออกจากคอยด์เย็น (Evaporator) และใช้วัดความเร็วลมที่ด้านหน้าพัดลมโคจร ค่าความผิดพลาด ±0.27 m/s

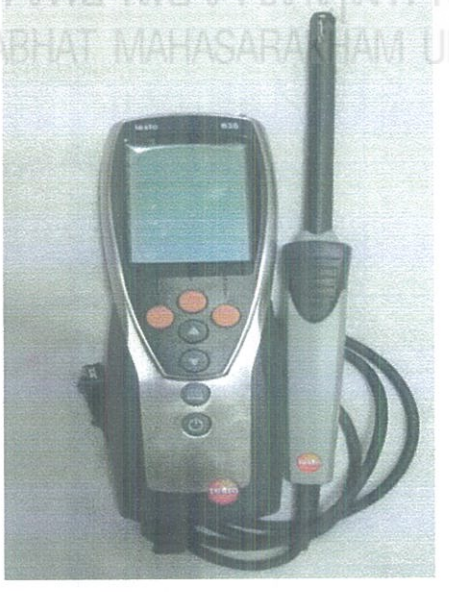
ภาพประกอบ 3.6 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด

5. เครื่องวัดทางไฟฟ้าแบบดิจิตอล (Digital multimeter)
ยี่ห้อ FUKE : model DT 9205 ซึ่งในการทดลองนี้สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า

ภาพประกอบ 3.7 เครื่องวัดทางไฟฟ้าแบบดิจิตอล

6. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity Temperature Meter)
ในการทดลองนี้โดยใช้เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ยี่ห้อ TESTO Model 635-2 ค่าอุณหภูมิความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน ± 0.5°C (ช่วงวัดอุณหภูมิ – 20 ถึง 70°C) และค่าความชื้นสัมพัทธ์ ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 3% (ช่วงวัดความชื้นสัมพัทธ์ 0 ถึง 100 %RH) ใช้วัดอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์บริเวณหลังผ่านชุดทำระเหย (Cooling Pad)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพประกอบ 3.8 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์

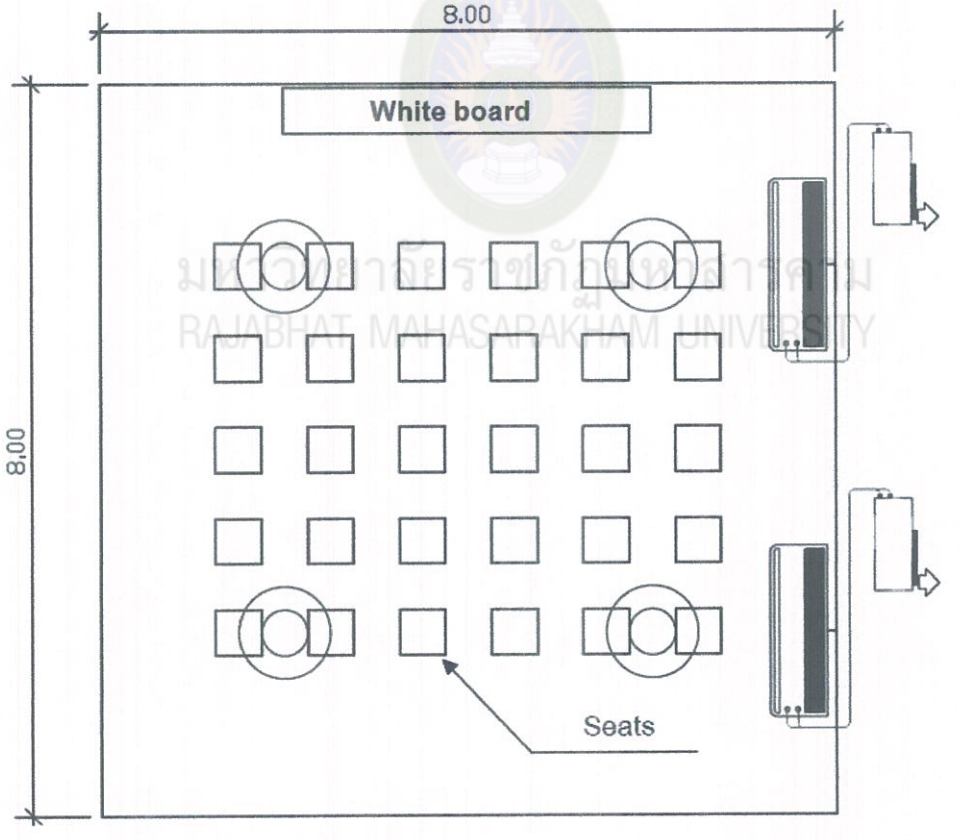
การดำเนินการวิจัย

ก่อนการดำเนินการทดสอบความสบายเชิงความร้อน ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศของห้องทดสอบ ดังนี้

1. ล้างทำความสะอาดส่วนคอยล์ร้อน (Condenser) และคอยล์เย็น (Evaporator)
2. ตรวจสอบการทำงานคอมเพรสเซอร์และระบบสารทำความเย็น
3. ตรวจสอบการทำงานพัดลมคอยล์ร้อน
4. ตรวจสอบการทำงานพัดลมคอยล์เย็น
5. ตรวจสอบการทำงานพัดลมโคจรที่อยู่ในห้องทดสอบ

ซึ่งได้ปรับปรุงให้อุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

การศึกษาความเป็นไปได้ของเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลมโคจรเพื่อความสบายเชิงความร้อนและประหยัดพลังงาน ซึ่งวัดจากระดับของความรู้สึกจากผู้ทดสอบทั้งหมดจำนวน 30 คน แบ่งเป็น ผู้ทดสอบเพศชายจำนวน 15 คน และผู้ทดสอบเพศหญิงจำนวน 15 คน ผู้ทดสอบแต่งการชุดนักศึกษาของสถาบัน ในการทดสอบครั้งนี้ให้ผู้ทดสอบนั่งทดสอบตามที่นั่งตามภาพประกอบ 3.9



ภาพประกอบ 3.9 ผังการนั่งของผู้ทดสอบความสบายเชิงความร้อน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นตอนดำเนินการทดสอบ

1. ในการทดสอบกำหนดความเร็วลมของพัดลมคอยล์เย็น ที่ระดับ 3 ซึ่งมีความเร็วลม 3.0 m/s (บริเวณทางออกคอยล์เย็น)

2. เมื่อเริ่มทดสอบตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 26°C และปรับความเร็วลมพัดลมโคจร ที่ระดับ 1 (ความเร็วลม 1.0 m/s) แล้วให้ผู้ทดสอบนั่งประมาณ 5 นาที หลังจากนั้นให้ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถาม โดยแบบสอบถามจะแบ่งระดับความรู้สึกออกเป็น 7 ระดับ คือ หนาว (-3) เย็น (-2) ค่อนข้างเย็น (-1) กำลังดี (0) ค่อนข้างอุ่น (1) อุ่น (2) ร้อน (3) ตามลำดับ ขณะเดียวกับผู้วิจัยทำการจดบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องทดสอบ หลังจากนั้นปรับความเร็วลมพัดลมโคจร ที่ระดับ 2 และ 3 ตามลำดับ (1.5 และ 2.0 m/s)

3. เมื่อเริ่มทดสอบตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 27°C และปรับความเร็วลมพัดลมโคจร ที่ระดับ 1 (ความเร็วลม 1.0 m/s) แล้วให้ผู้ทดสอบนั่งประมาณ 5 นาที หลังจากนั้นให้ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถาม โดยแบบสอบถามจะแบ่งระดับความรู้สึกออกเป็น 7 ระดับ คือ หนาว (-3) เย็น (-2) ค่อนข้างเย็น (-1) กำลังดี (0) ค่อนข้างอุ่น (1) อุ่น (2) ร้อน (3) ตามลำดับ ขณะเดียวกับผู้วิจัยทำการจดบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องทดสอบ หลังจากนั้นปรับความเร็วลมพัดลมโคจร ที่ระดับ 2 และ 3 ตามลำดับ (1.5 และ 2.0 m/s)

4. เมื่อเริ่มทดสอบตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 28°C และปรับความเร็วลมพัดลมโคจร ที่ระดับ 1 (ความเร็วลม 1.0 m/s) แล้วให้ผู้ทดสอบนั่งประมาณ 5 นาที หลังจากนั้นให้ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถาม โดยแบบสอบถามจะแบ่งระดับความรู้สึกออกเป็น 7 ระดับ คือ หนาว (-3) เย็น (-2) ค่อนข้างเย็น (-1) กำลังดี (0) ค่อนข้างอุ่น (1) อุ่น (2) ร้อน (3) ตามลำดับ ขณะเดียวกับผู้วิจัยทำการจดบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องทดสอบ หลังจากนั้นปรับความเร็วลมพัดลมโคจร ที่ระดับ 2 และ 3 ตามลำดับ (1.5 และ 2.0 m/s)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การวิเคราะห์ผล

- ผลการโหวดความรู้สึกสบายเชิงความร้อนเพศชาย
- ผลการโหวดความรู้สึกสบายเชิงความร้อนเพศหญิง
- ผลการโหวดความรู้สึกสบายเชิงความร้อนรวม
- ผลของความเร็วลมต่อความรู้สึกสบาย
- ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระดับความรู้สึกสบายเชิงความร้อนที่ระดับความเร็วลมพัดลมโคจร
- วิเคราะห์การประหยัดพลังงานในการใช้งานเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิที่คนส่วนใหญ่รู้สึกสบายเชิงความร้อน

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ลักษณะทั่วไปของผู้ทดสอบ

รายละเอียดของผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาทั้งสิ้นจำนวน 30 คน เป็นผู้ชาย 15 คน เป็นผู้หญิง 15 คน นักศึกษาชาย อายุเฉลี่ย 21.80 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 62.40 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 169.07 เซนติเมตร นักศึกษาหญิง อายุเฉลี่ย 21.47 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 47.87 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 157.60 เซนติเมตร การแต่งกายของผู้ทดสอบชายและหญิงสวมใส่ชุดนักศึกษาสถาบัน

ตาราง 4.1 ลักษณะทั่วไปของผู้ทดสอบ

ข้อมูล	ชาย	หญิง	รวม
จำนวน (People)	15	15	30
อายุสูงสุด (Years)	24	22	24
อายุต่ำสุด (Years)	20	20	20
อายุเฉลี่ย (Years)	21.8	21.47	21.63
น้ำหนักสูงสุด (kg)	90	60	90
น้ำหนักต่ำสุด (kg)	48	38	38
น้ำหนักเฉลี่ย (kg)	62.4	47.87	55.13
ส่วนสูงสูงสุด (cm)	175	165	175
ส่วนสูงต่ำสุด (cm)	160	150	150
ส่วนสูงเฉลี่ย (cm)	169.07	157.6	163.33

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผลการโหวดความรู้สึกสบายเชิงความร้อนของเพศชาย

จากตารางผลการโหวตความรู้สึกสบายเชิงความร้อนของเพศชาย ที่อุณหภูมิห้องทดสอบ 26 °C ความเร็วลมในห้องปรับอากาศประมาณ 0.3 m/s โดยไม่เปิดพัดลมโคจร พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและรู้สึกค่อนข้างเย็น (ค่าดัชนีทำนายการโหวดเฉลี่ย, PMV= -0.5) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและรู้สึกค่อนข้างเย็น (PMV= -0.4) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.5 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกค่อนข้างเย็น (PMV= -1.1) และเมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 2.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกค่อนข้างเย็นและรู้สึกเย็น (PMV= -1.5)

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม วิทยานิพนธ์ งานวิจัย

ตาราง 4.2 การโหวตความรู้สึกสบายเชิงความร้อนของเพศชาย

อุณหภูมิทดสอบ (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (m/s)	ผลโหวตระดับความรู้สึกสบายเชิงความร้อน							เปอร์เซนต์การโหวตระดับ 0	PMV
				-3	-2	-1	0	1	2	3		
26	26.7	63	0.0			5	9	1			60.00	-0.5
	26.5	64	1.0			6	9				60.00	-0.4
	26.8	63	1.5		2	12	1				6.67	-1.1
	26.6	64	2.0		7	8					0.00	-1.5
27	27.6	67	0.0			1	6	6	2		40.00	0.5
	27.4	67	1.0			6	6	3			40.00	-0.2
	27.7	68	1.5			7	8				53.33	-0.5
	27.5	68	2.0		1	12	2				13.33	-1.0
28	28.5	71	0.0				6	7	2		40.00	0.5
	28.7	72	1.0			5	7	3			46.67	-0.2
	28.6	72	1.5			6	8	1			53.33	-0.4
	28.7	71	2.0			8	7				46.67	-0.7

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิห้องทดสอบ 27 °C โดยไม่เปิดพัดลมโคจร พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและบางส่วนรู้สึกค่อนข้างอุ่น (PMV= 0.5) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและรู้สึกค่อนข้างเย็น (PMV= -0.2) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.5 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและรู้สึกค่อนข้างเย็น และมีผู้ทดสอบรู้สึกสบายเพิ่มขึ้น (PMV= -0.5) และเมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 2.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบรู้สึกค่อนข้างเย็นและรู้สึกเย็น (PMV= -1.0)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิห้องทดสอบ 28 °C โดยไม่เปิดพัดลมโคจร พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบาย รู้สึกค่อนข้างอุ่นและบางส่วนรู้สึกอุ่น (PMV= 0.5) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและรู้สึกค่อนข้างเย็น (PMV= -0.2) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.5 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและรู้สึกค่อนข้างเย็น (PMV= -0.4) และเมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 2.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบรู้สึกค่อนข้างเย็นและรู้สึกเย็น (PMV= -0.7)

จากการทดสอบ เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นทิศทางการโหวตของผู้ทดสอบจะเปลี่ยนมาในแนวทางรู้สึกเย็นขึ้น แม้ว่าอุณหภูมิห้องทดสอบจะเพิ่มขึ้นแต่เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นก็ทำให้ค่า PMV มีค่าน้อยกว่าศูนย์

ผลการโหวดความรู้สึกสบายเชิงความร้อนของเพศหญิง

จากตารางผลการโหวตความรู้สึกสบายเชิงความร้อนของเพศหญิง ที่อุณหภูมิห้องทดสอบ 26 °C ความเร็วลมในห้องปรับอากาศประมาณ 0.3 m/s โดยไม่เปิดพัดลมโคจร พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและบางส่วนรู้สึกค่อนข้างเย็น (ค่าดัชนีทำนายการโหวดเฉลี่ย, PMV= -0.2) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและบางส่วนรู้สึกค่อนข้างเย็น (PMV= -0.2) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.5 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกค่อนข้างเย็นและบางส่วนรู้สึกสบาย

249945

(PMV= -0.6) และเมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 2.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกค่อนข้างเย็นและรู้สึกเย็น (PMV= -1.2)

ตาราง 4.3 การโหวตความรู้สึกสบายเชิงความร้อนของเพศหญิง

อุณหภูมิทดสอบ (^{O}C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (^{O}C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (m/s)	ผลโหวตระดับความรู้สึกสบายเชิงความร้อน							เปอร์เซนต์การโหวตระดับ 0	ค่าเฉลี่ยการโหวต
				-3	-2	-1	0	1	2	3		
26	26.7	63	0.0			3	12				80.00	-0.2
	26.5	64	1.0			3	12				80.00	-0.2
	26.8	63	1.5			9	6				40.00	-0.6
	26.6	64	2.0		3	12					0.00	-1.2
27	27.6	67	0.0				12	3			80.00	0.2
	27.4	67	1.0				15				100.00	0.0
	27.7	68	1.5			3	12				80.00	-0.2
	27.5	68	2.0			6	9				60.00	-0.4
28	28.5	71	0.0				3	6	6		20.00	1.2
	28.7	72	1.0				9	6			60.00	0.4
	28.6	72	1.5			6	3	6			20.00	0.0
	28.7	71	2.0			6	6	3			40.00	-0.2

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิห้องทดสอบ 27 °C โดยไม่เปิดพัดลมโคจร พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและบางส่วนรู้สึกค่อนข้างอุ่น (PMV= 0.2) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบทั้งหมดรู้สึกสบาย (PMV= 0.0) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.5 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและบางส่วนรู้สึกค่อนข้างเย็น (PMV= -0.2) และเมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 2.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบรู้สึกค่อนข้างเย็นและผู้ทดสอบรู้สึกเย็น (PMV= -0.4)

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิห้องทดสอบ 28 °C โดยไม่เปิดพัดลมโคจร พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกค่อนข้างอุ่นและรู้สึกอุ่น (PMV= 1.2) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและรู้สึกค่อนข้างอุ่น (PMV= 0.4) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.5 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนหนึ่งรู้สึกค่อนข้างเย็นและมีอีกส่วนรู้สึกค่อนข้างอุ่น (PMV= 0.0) และเมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 2.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบรู้สึกค่อนข้างเย็นและรู้สึกสบาย (PMV= -0.2)

จากการทดสอบ เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นทิศทางการโหวตของผู้ทดสอบจะเปลี่ยนมาในแนวทางรู้สึกเย็นขึ้น แม้ว่าอุณหภูมิห้องทดสอบจะเพิ่มขึ้นแต่เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นก็ทำให้ค่า PMV มีค่าน้อยกว่าศูนย์

ผลการโหวดความรู้สึกสบายเชิงความร้อนรวม

จากตารางผลการโหวตความรู้สึกสบายเชิงความร้อนรวมทั้งเพศชายและหญิง ที่อุณหภูมิห้องทดสอบ 26 °C ความเร็วลมในห้องปรับอากาศประมาณ 0.3 m/s โดยไม่เปิดพัดลมโคจร พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและบางส่วนรู้สึกค่อนข้างเย็น (ค่าดัชนีทำนายการโหวดเฉลี่ย, PMV= -0.2) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัด

ลมโคจรขึ้นเป็น 1.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและรู้สึกค่อนข้างเย็น (PMV= -0.3) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.5 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกค่อนข้างเย็น บางส่วนรู้สึกสบายและรู้สึกเย็น (PMV= -0.9) และเมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 2.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกค่อนข้างเย็นและรู้สึกเย็น (PMV= -1.4)

ตาราง 4.4 ผลโหวตความรู้สึกสบายเชิงความร้อนรวม

อุณหภูมิทดสอบ (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลมพัดลม (m/s)	ผลโหวตระดับความรู้สึกสบายเชิงความร้อน							ค่าเฉลี่ยการโหวต
				-3	-2	-1	0	1	2	3	
26	26.7	63	0.0			8	21	1			-0.2
	26.5	64	1.0			9	21				-0.3
	26.8	63	1.5		2	21	7				-0.9
	26.6	64	2.0		10	20					-1.4
27	27.6	67	0.0			1	18	9	2		0.3
	27.4	67	1.0			6	21	3			-0.1
	27.7	68	1.5			10	20				-0.4
	27.5	68	2.0		1	18	11				-0.8
28	28.5	71	0.0			1	9	12	8		0.7
	28.7	72	1.0			5	16	9			0.1
	28.6	72	1.5			12	11	7			-0.2
	28.7	71	2.0			14	13	3			-0.5

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิห้องทดสอบ 27 °C โดยไม่เปิดพัดลมโคจร พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและบางส่วนรู้สึกค่อนข้างอุ่น (PMV= 0.3) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบาย (PMV= -010) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.5 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและบางส่วนรู้สึกค่อนข้างเย็น (PMV= -0.4) และเมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 2.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบรู้สึกค่อนข้างเย็นและรู้สึกสบาย (PMV= -0.8)

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิห้องทดสอบ 28 °C โดยไม่เปิดพัดลมโคจร พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกค่อนข้างอุ่นรู้สึกอุ่นและรู้สึกสบาย (PMV= 0.7) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่รู้สึกสบายและรู้สึกค่อนข้างอุ่น (PMV= 0.1) เมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.5 m/s พบว่าผู้ทดสอบส่วนหนึ่งรู้สึกค่อนข้างเย็นและรู้สึกสบาย (PMV= -0.2) และเมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 2.0 m/s พบว่าผู้ทดสอบรู้สึกค่อนข้างเย็นและรู้สึกสบาย (PMV= -0.5)

จากการทดสอบ เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นทิศทางการโหวตของผู้ทดสอบจะเปลี่ยนมาในแนวทางรู้สึกเย็นขึ้น แม้ว่าอุณหภูมิห้องทดสอบจะเพิ่มขึ้นแต่เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นก็ทำให้ค่า PMV มีค่าน้อยกว่าศูนย์

ตาราง 4.5 เปอร์เซนต์การโหวตความรู้สึกสบายเชิงความร้อนรวม

อุณหภูมิทดสอบ (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลมพัดลม (m/s)	เปอร์เซนต์การโหวตระดับความรู้สึกสบายเชิงความร้อน							ค่าเฉลี่ยการโหวต
				-3	-2	-1	0	1	2	3	
26	26.7	63	0.0			27	70	3			-0.2
	26.5	64	1.0			30	70				-0.3
	26.8	63	1.5		7	70	23				-0.9
	26.6	64	2.0		33	67					-1.4
27	27.6	67	0.0			3	60	30	7		0.3
	27.4	67	1.0			20	70	10			-0.1
	27.7	68	1.5			33	67				-0.4
	27.5	68	2.0		3	60	37				-0.8
28	28.5	71	0.0			3	30	40	27		0.7
	28.7	72	1.0			17	53	30			0.1
	28.6	72	1.5			40	37	23			-0.2
	28.7	71	2.0			47	43	10			-0.5

ตาราง 4.5 แสดงเปอน์เซนต์การโหวตความรู้สึกสบายเชิงความร้อนรวม ที่แต่ละอุณหภูมิและแต่ละระดับความเร็วลมจากพัดลมโคจร พบว่า ที่อุณหภูมิ 26°C และที่ความเร็วลมพัดลมโคจร 0.0 m/s (ไม่เปิดพัดลมโคจร) คนส่วนใหญ่รู้สึกสบายและบางส่วนรู้สึกเย็นเล็กน้อย มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่รู้สึกอุ่นเล็กน้อยซึ่งคิดเป็นเพียง 3% และเมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรขึ้นเป็น 1.0 m/s จนกระทั่งถึง 2 m/s พบว่าเปอร์เซ็นต์การโหวตจะค่อยๆ เลื่อนขึ้นไปที่ -2 ซึ่งหมายถึงคนรู้สึกเย็นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีพัดลมเข้ามาช่วย และเมื่อพิจารณาค่าการโหวตเฉลี่ย (PMV) จะพบว่า ค่าเฉลี่ยการโหวตที่ทุกระดับความเร็วลมของอุณหภูมิที่ 26°C นั้น น้อยกว่าศูนย์ทุกระดับความเร็วลม

เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 27°C โดยไม่เปิดพัดลมโคจร พบว่า เปอร์เซนต์การโหวตค่อนไปทางรู้สึกอุ่นเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับอุณหภูมิ 26°C ที่ความเร็วลมเดียวกัน และเมื่อเพิ่มความเร็วลมขึ้นเรื่อยๆ ทิศทางของการโหวตจะค่อนมาทิศทางที่เย็นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และเมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยการโหวต พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วลมของพัดลมโคจรตั้งแต่ 1.0 m/s เป็นต้นไป ค่าเฉลี่ยการโหวตน้อยกว่าศูนย์เช่นกัน

ที่อุณหภูมิ 28°C ทิศทางการโหวตเป็นเช่นเดียวกับ 27°C นั่นคือความเร็วลมเดียวกัน การโหวตที่อุณหภูมิสูงกว่าจะค่อนไปทางรู้สึกอุ่น แต่เมื่อเพิ่มความเร็วลม ทิศทางการโหวตจะเปลี่ยนมาทางรู้สึกเย็นเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการโหวตพบว่า แม้จะเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 28°C แต่เมื่อเพิ่มความเร็วลมเป็น 1.0 1.5 และ 2.0 m/s ก็ทำให้ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงและน้อยกว่าศูนย์ นั่นหมายถึงโดยเฉลี่ยความรู้สึกของคนค่อนไปทางรู้สึกเย็นเมื่อเปิดพัดลมความเร็วลมเพิ่มขึ้น

ดังนั้น หากทำการปรับตั้งอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศเป็น 28°C สามารถทำให้คนรู้สึกสบายขึ้นได้ด้วยการเปิดพัดลมโคจร โดยเปิดที่ระดับความเร็วลมตั้งแต่ความเร็วลม 1.0 ถึง 2.0 m/s อย่างไรก็ตามผลการโหวตเรื่องความชอบระดับความเร็วลมของพัดลมโคจร พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ชอบระดับความเร็วลม 1.5 และ 1.0 m/s ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
PIBULSONGKRAM RAJABHAT UNIVERSITY

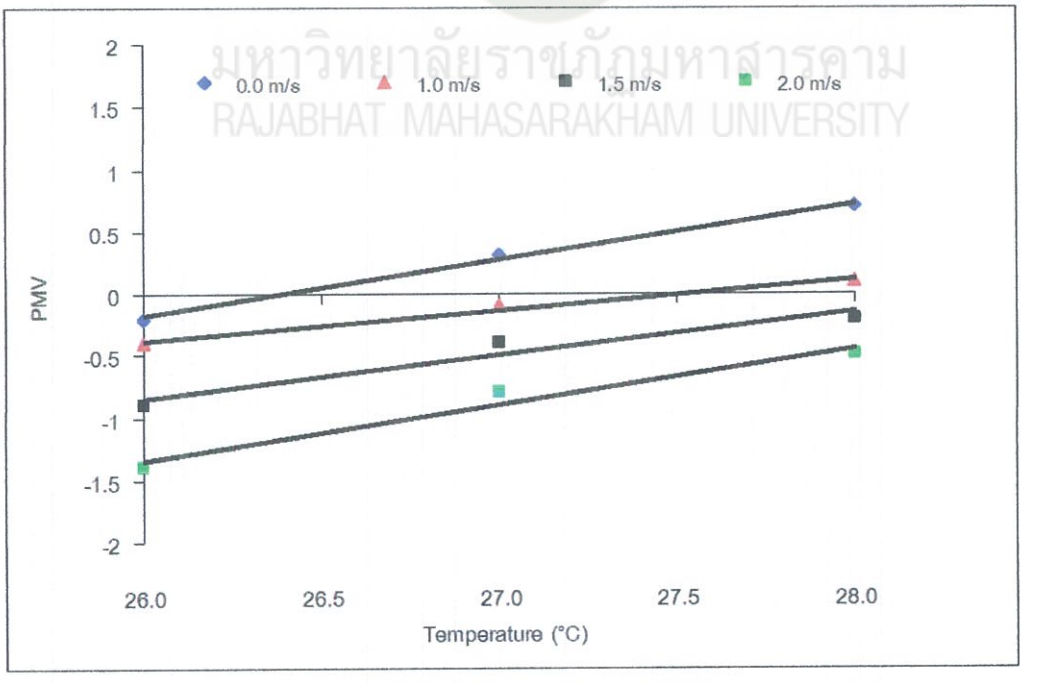
ตาราง 4.6 เปอร์เซ็นต์ความชอบระดับความเร็วลมของพัดลมโคจร

ระดับพัดลม (หมายเลข)	ความเร็วลม (m/s)	เปอร์เซนต์ความชอบระดับความเร็วลม
1	1.0	45%
2	1.5	55%
3	2.0	15%

ผลของความเร็วลมต่อความรู้สึกสบาย

เมื่อนำค่าเฉลี่ยการโหวตในตาราง 4.5 มาทำการพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับระดับความรู้สึกสบายเชิงความร้อน (PMV) ที่แต่ละระดับความเร็วลมได้แก่ 0.0 1.0 1.5 และ 2 m/s ได้ผลดังภาพประกอบ 4.1 และหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับระดับความรู้สึกสบาย โดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้น วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least square linear regression) ได้สมการความสัมพันธ์ ดังแสดงในตาราง 4.7 จากภาพประกอบ 4.1 เมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่เส้นกราฟแต่ละเส้นตัดแกนระดับความรู้สึกสบายเชิงความร้อนที่ระดับศูนย์ ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวคือ อุณหภูมิสบาย พบว่าที่ระดับความเร็วลมต่ำ อุณหภูมิสบายจะต่ำกว่าที่ระดับความเร็วลมสูง และจากตาราง 4.7 พบว่าอุณหภูมิสบายที่ความเร็วลม 0.0 m/s (ไม่เปิดพัดลมโคจร) เป็น 26.4°C ขณะที่เมื่อเปิดพัดลมโคจรให้มีความเร็วลมเพิ่มขึ้นเป็น 1.0 1.5 และ 2 m/s อุณหภูมิสบายเป็น 27.5 28.2 และ 28.8°C ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มอุณหภูมิอากาศได้สูงขึ้น แต่ความรู้สึกสบายเชิงความร้อนยังคงเดิม หรืออีกนัยหนึ่ง สามารถทำการปรับตั้งอุณหภูมิในห้องปรับอากาศให้สูงขึ้น และทำการเปิดพัดลมโคจรช่วยเพื่อทดแทนอุณหภูมิที่สูงขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพประกอบ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระดับความรู้สึกสบายเชิงความร้อน
ที่ระดับความเร็วลมพัดลมโคจร

ตาราง 4.7 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระดับความรู้สึกสบายเชิงความร้อนที่ระดับความเร็วลมพัดลมโคจร

ความเร็วลม (m/s)	สมการระดับความสบาย (PMV equation)	อุณหภูมิสบาย (°C)
0.0	PMV = 0.45T - 11.883	26.4
1.0	PMV = 0.25T - 6.883	27.5
1.5	PMV = 0.35T - 9.95	28.2
2.0	PMV = 0.45T - 13.05	28.8

ผลการวิเคราะห์การประหยัดพลังงาน

จากความจริงที่ว่าคนไทยคุ้นเคยกับสภาพอากาศที่ร้อน และสามารถทนอุณหภูมิได้สูง รวมทั้งคนไทยเองคุ้นเคยกับการใช้พัดลมในที่ไม่มีการปรับอากาศ และจากผลการศึกษา เราสามารถปรับตั้งอุณหภูมิในห้องปรับอากาศได้สูงถึง 28 °C หรือมากกว่านั้น และนำพัดลมโคจรมาช่วยเพื่อประหยัดพลังงานในห้องปรับอากาศ ทั้งนี้สามารถปรับระดับความเร็วลมตามความชอบของแต่ละบุคคล

จากรายงานการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ประจำปี 2557 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 168,656 Gwh (ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง) พบว่า ภาคอุตสาหกรรมการผลิตใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด 68,266 Gwh ขณะที่ภาคธุรกิจการค้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นอันดับสอง ซึ่งใช้ไฟฟ้าถึง 59,293 Gwh อันดับสามเป็นการใช้ไฟฟ้าภาคบ้านอยู่อาศัย 39,145 Gwh [11] และจากการทบทวนเอกสารของ นุภาพ แย้มไตรพัฒน์และคณะ พบว่าอาคารสำนักงานมีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในภาคธุรกิจการค้าคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 43.53 และการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศในอาคาร สำนักงานคิดเป็นสัดส่วนสูงสุดคือ ร้อยละ 59.09 [1] ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [12] รายงานว่าระบบปรับอากาศเป็นส่วนที่ใช้พลังงานมากที่สุดในภาคธุรกิจการค้า ซึ่งในสภาพอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทย ระบบปรับอากาศมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าถึงประมาณ 60% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร ดังนั้น การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสำนักงานเพื่อการปรับอากาศจึงคิดเป็นประมาณ 15,486.15 Gwh ซึ่งจากการเก็บข้อมูลของ นุภาพ แย้มไตรพัฒน์และคณะ [1] พบว่าอาคารสำนักงานส่วนใหญ่ปรับอุณหภูมิภายในอาคารต่ำกว่าหรือเท่ากับ 25 °C คิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 78.09 ที่เหลือคือการปรับตั้งอุณหภูมิเป็น 26 และ 27 °C

นอกจากนั้นจากการศึกษาเอกสารการประหยัดพลังงานในสถานที่ทำงานของกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ [13] พบว่า การปรับอุณหภูมิเพิ่มทุกๆ 1 °C จะช่วยประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศร้อยละ 10 ดังนั้น สมมติว่าอาคารสำนักงานทั้งหมดปรับอุณหภูมิปกติเป็น 25 °C และหากทุกอาคารทำการเปลี่ยนอุณหภูมิภายในอาคารเป็น 28 °C และนำพัดลมโคจรมาช่วย จะทำให้ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึง 15,486.15 x 0.10 x 3 = 4,645.85 Gwh หรือคิดเป็นร้อยละ 30 โดยประมาณ และหากคิดค่าไฟฟ้าเป็น 3 Bath/Kwh ดังนั้น จะทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดเป็นเงินถึง 13,937 ล้านบาททั่วประเทศ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ของเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลมโคจรเพื่อความสบายเชิงความร้อนและประหยัดพลังงานโดยเสนอเทคนิคในการใช้พัดลมโคจรร่วมกับเครื่องปรับอากาศ ในการศึกษาทำการปรับตั้งอุณหภูมิในห้องทดสอบเป็น 26, 27 และ 28 °C โดยในแต่ละระดับอุณหภูมิจะปรับระดับความเร็วของพัดลมโคจรให้ได้ระดับความเร็วลมดังนี้ 0.0, 1.0, 1.5 และ 2.0 m/s จากการศึกษาพบว่าสามารถปรับอุณหภูมิของอากาศภายในห้องได้สูงถึง 28 °C โดยเปิดพัดลมโคจรช่วยที่ระดับความเร็วลมตั้งแต่ 0.-2.0 m/s ตามความชอบของแต่ละบุคคล เงื่อนไขที่เหมาะสมในการทดสอบคือ การปรับตั้งอุณหภูมิในห้องทดสอบเป็น 28 °C และปรับระดับความเร็วของพัดลมโคจร 1.5 m/s ซึ่งสามารถทำให้คนในห้องปรับอากาศรู้สึกสบายได้ และสามารถช่วยลดการใช้พลังงานจากการปรับตั้งอุณหภูมิที่ 25 °C คิดเป็นเงินสูงถึง 13,937 ล้านบาททั่วประเทศ จากเทคนิคดังกล่าว สามารถนำไปปรับใช้ได้กับอาคาร สำนักงาน บ้านเรือน ที่มีการปรับอากาศ ซึ่งสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ประมาณร้อยละ 30 และเป็นวิธีที่ง่ายและลงทุนต่ำมาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

[1] Yamtraipat N, Khedari J, Hirunlabh J, Kunchornrat J. 2006. "Assessment of Thailand indoor set point impact on energy consumption and environment." Energy Policy. 34:765-770.

[2] Fanger PO. 1972. Thermal Comfort Analysis and Application in Environmental Engineering. McGraw-Hill, New York, p. 244.

[3] Yamtraipat N, Khedari J, Hirunlabh J. 2005. "Thermal comfort standards for air conditioned buildings in hot and humid Thailand considering additional factors of acclimatization and education level." Solar Energy. 78:504-517.

[4] Tanabe S, Kimura K. 1989. "Importance of air movement for thermal comfort under hot and humid conditions." ASHRAE F.E. Conf. on A.C. in hot climates. 95-103.

[5] Khedari J, Yamtraipat N, Pratintong N, Hirunlabh J. 2000. "Thailand ventilation comfort chart." Energy and Buildings. 32:245-249.

[6] สุรัตน์ อัตถจริยกุล. 2007. "ผลของความเร็วลมเฉพาะที่ต่อความรู้สึกสบายและการประหยัดพลังงานในห้องปรับอากาศ" วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 34 ฉบับที่ 1: 49-58

[7] ASHRAE, 1992, Standard 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, ASHRAE Inc.

[8] ISO 7730, 1994, Moderate thermal environments-Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. International standard.

[9] สุรัตน์ อัตถจริยกุล. 2007. "ความรู้สึกสบายเชิงความร้อนสำหรับการปรับอากาศในประเทศไทย" วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 34 ฉบับที่ 2: 141-150

[10] http://www.air-thai.com

[11] http://www4.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=1841%3A2010-09-22-07-02-07&catid=128&lang=th (ตารางดุลยภาพพลังงานของประเทศไทย กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน)

[12] http://www2.dede.go.th/bhrd/displaycenter/commercial-building.php?sub=2 (กลุ่มวิชาการและมาตรฐาน สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน)

[13] http://www.e-report.energy.go.th/EPPO_files/doc-16.pdf (กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ กระทรวงพลังงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

แบบฟอร์มการทดสอบภาวะความสบาย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แบบฟอร์มการทดสอบภาวะความสบาย

ชื่อ-สกุล

เพศ อายุ (Years) สูง (cm) น้ำหนัก (kg)

เสื้อผ้า :

โปรดขีดเครื่องหมายถูกเพื่อระบุความรู้สึกร้อนเย็นลงในช่องตามสเกลที่ให้ไว้

อุณหภูมิห้อง (°C)	ความเร็วลม (m/s)	ระดับความรู้สึกความสบายเชิงอุณหภาพ							ความเร็วลม		
		หนาว (-3)	เย็น (-2)	ค่อนข้างเย็น (-1)	กำลังดี (0)	ค่อนข้างอุ่น (1)	อุ่น (2)	ร้อน (3)	อ่อนไป	พอดี	แรงไป
26	0.0										
	1.0										
	1.5										
	2.0										
27	0.0										
	1.0										
	1.5										
	2.0										
28	0.0										
	1.0										
	1.5										
	2.0										

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายวิทธวัช ทิพย์แสนพรหม
ตำแหน่ง อาจารย์ (พนักงานในสถาบันอุดมศึกษา งบรายได้)
สถานที่ทำงาน สาขาวิชาวิศวกรรมระบบอาคาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เลขที่ 80 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000
โทรศัพท์ 043-742620 **โทรสาร** 043-742620 **มือถือ** 080-3259259
E-mail : tsp_witt@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	คุณวุฒิ	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษาที่สำเร็จการศึกษา	ปีที่จบการศึกษา
ปริญญาเอก	ปร.ด.	เทคโนโลยีพลังงาน	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	2556
ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	2550
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	2548

ประวัติการทำงาน

ปีที่ทำงาน	ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน
2552 - ปัจจุบัน	อาจารย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ประสบการณ์หรือความเชี่ยวชาญพิเศษ

การประยุกต์ใช้งานเธอร์โมอิเล็กทริก เทคโนโลยีการอบแห้ง เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ การทำความเย็นแบบระเหย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ทุนวิจัยที่ได้รับ

- ทุนสนับสนุน โครงการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554 ของสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม (โครงการ การศึกษาความเป็นไปได้ของเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลมโคจรเพื่อความสบายเชิงความร้อนและประหยัดพลังงาน)
- ทุนสนับสนุน โครงการส่งเสริมการวิจัยในสถาบันอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2554 ของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) (โครงการ การศึกษาการอบแห้งกกพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานแก๊สชีวมวล)
- ทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา (ปริญญาเอก) ปี 2555 ของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) (โครงการ การศึกษาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบเธอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย)
- ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประเภทพัฒนาชุมชนท้องถิ่น ประจำปีงบประมาณ 2559 (โครงการ การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าด้วยเธอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับใช้ในรถปิ้งย่าง)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายสำเร็จ สารมาคม
ตำแหน่ง อาจารย์ (ข้าราชการ)
สถานที่ทำงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เลขที่ 80 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000
โทรศัพท์ 043-742620 **โทรสาร** 043-742620 **มือถือ** 089-8269269
E-mail : -

ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	คุณวุฒิ	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษาที่สำเร็จการศึกษา	ปีที่จบการศึกษา
ปริญญาโท	วศ.ม.	การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2556
ปริญญาตรี	คอ.บ.	วิศวกรรมโยธา	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทเวศร์	2530

ประวัติการทำงาน

ปีที่ทำงาน	ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน
ปัจจุบัน	อาจารย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM RAJABHAT UNIVERSITY

งานวิจัยและบทความวิชาการ

- จีรพรรณ ดลรักษ์ **สำเร็จ สารมาคม** พุฒิพงศ์ สุดหล้า และ สุขสันติ์ หอพิบูลสุข. (2558). คุณสมบัติของดินลูกรังด้อยคุณภาพผสมเศษวัสดุจากอุตสาหกรรมผลิตภาชนะจากเมลามีนเพื่อใช้ในงานโครงสร้างทาง. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20 , 8-10 กรกฎาคม 2558, โรงแรมเดอะซายน์ พัทยาเหนือ จ.ชลบุรี.

- พุฒิพงศ์ สุดหล้า จีรพรรณ ดลรักษ์ **สำเร็จ สารมาคม** และ สุขสันติ์ หอพิบูลสุข. **(2558).** คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังด้อยคุณภาพผสมตะกรันเหล็กโม่สำหรับงานโครงสร้างชั้นทาง. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20, 8-10 กรกฎาคม 2558, โรงแรมเดอะซายน์ พัทยาเหนือ จ.ชลบุรี.