รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็น
กรณีศึกษา โครงการหมู่บ้านโมดิลวิลล่า
Calculation of the Cooling Load
Case Stady of Modil Villa Village Project

โดย

นาย เพราพงศ์พันธุ์ พูลมา 6123100005

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564

หัวข้อโครงงาน	การคำนวณค่าภาระการทำความเย็น กรณีศึกษา โครงการหมู่บ้านโมดิลวิลล่า Calculation of the Cooling Load Case Stady of Modil Villa Village Project
รายชื่อผู้จัดทำ	นาย เพราพงศ์พันธุ์ พูลมา 6123100005
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	1/2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ภาคการศึกษา 1 ปีการศึกษา 2564

คณะกรรมการสอบโครงงาน

….....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย)

.....พนักงานที่ปรึกษา

(นายธงชัย ลีนากนิษฐ์)

….....กรรมการกลาง

(อาจารย์สมบัติ หิรัญวรรณพงษ์)

..... ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิมปะวัฒนะ)

ชื่อโครงงาน : การคำนวณค่าภาระการทำความเย็น

หน่วยกิต : 5

ผู้จัดทำ : นายเพราพงศ์พันธุ์ พูลมา 6123100005

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

ระดับการศึกษา : ปริญญาตรี

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา: 1/2564

บทคัดย่อ

โครงการนี้ถูกดำเนินการเพื่อแสดงผลการคำนวณโหลดการทำความเย็นสำหรับโครงการ Modi Villa Petchkasem 69 ที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพฯ โดยใช้การคำนวณด้วยมือ ซึ่งได้ทำการคำนวณโหลดการทำความเย็นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ เวลา และทิศทาง โดยได้ทำการคำนวณโหลดการทำความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละวันและของเดือน เวลา 9:00 น. 12:00 น. และ 15:00 น. ตามนั้น เพื่อหาเวลาที่ใกล้เคียงกับโหลดสูงสุด เพื่อคำนวณโหลดการทำความเย็นจากภายในห้องที่ใช้เครื่องปรับอากาศ โดยเลือกใช้ในการเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศถูกคำนวณเป็น 2,468.40 วัตต์ หรือ 8,422 BTU/h ผลรวมของโหลดสองส่วนนี้คือโหลดการทำความเย็นที่ใช้ในการกำหนดขนาดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม โดยโหลดการทำความเย็นรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 2,137.15 วัตต์ ค่าที่ระบุนี้ถูกคำนวณโดยมีค่าสัดส่วนความปลอดภัย (Safety Factor) 5% สำหรับความร้อนที่เกิดขึ้นจากมอเตอร์ และส่วนเผื่อเพื่อความปลอดภัย (Margin of Safety) 10% ของกระบวนการสุดท้ายโหลดการทำความเย็น

คำสำคัญ : การทำความเย็น เครื่องปรับอากาศ คำนวณภาระการทำความเย็น

Project Title	: Calculation of the Cooling Load
Credits	: 5
By	: Mr. Paopongpun Poolma 6123100005
Advisor	: Dr. Chanchai Wiroonritichai
Degree	: Bachelor of Engineering
Major	: Mechanical Engineering
Faculty	: Engineering
Semester / Academic Year	: 1/2021

Abstract

This project was carried out to display the result of calculating cooling loads for the Modi Villa Petchkasem 69 project located in Bangkok using manual calculation, divided into two sections. The cooling loads due to the influence of the changing environment regarding temperature, time, and direction, were calculated. To obtain the highest cooling load, the cooling loads were determined to be calculated on each day of the month at 9:00 AM, 12:00 PM, and 3:00 PM. Following that, to determine the cooling load values at the actual peak load time, the time that was closest to the highest load was determined. Subsequently, the cooling loads were calculated from within the air-conditioned room. The sum of loads of the two sections was the cooling loads, which could be used to determine the appropriate size of the air conditioner accordingly. The total cooling load generated was 2,137.15 watts. The specified value was computed using a 5% safety factor for heat generated by the motor and a 10% margin of the safety factor of the end process. The overall cooling load utilized to choose the air conditioner size was afterward computed to be 2,468.40 watts or 8,422 BTU/h.

Keywords: refrigeration, air conditioner, cooling load calculation

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การที่ นาย เพราพงศ์พันธุ์ พูลมา คณะวิศวกรรมศาสตร์ได้มาปฏิบัติสหกิจศึกษาในตำแหน่ง ผู้ช่วยฝ่ายการสนับสนุนทางเทคนิค ณ บริษัท บี.กริม แคเรียร์ (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งแต่วันที่ 14 กันยายน พ.ศ.2564 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2564 ได้สำเร็จล่วงตามวัตถุประสงค์ด้วยดี ส่งผลให้ นาย เพราพงศ์พันธุ์ พูลมา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้รับความรู้ ประสบการทำงานต่าง ๆ และความเข้าใจในชีวิตการทำงานจริง ที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนและสามารถนำความรู้ประสบการณ์ที่ได้ไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก บริษัท บี.กริม แคเรียร์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้โอกาส นาย เพราพงศ์พันธุ์ พูลมา คณะวิศวกรรมศาสตร์ เข้ามาปฏิบัติสหกิจ กรุณาเสียสละเวลาอบรม สอนงาน และช่วยเหลือด้านต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษาในครั้งนี้ จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ จากการสนับสนุนหลายฝ่ายดังนี้

1.คุณ วรเศรษฐ์ ตันติศิริวัฒน์ ตำแหน่ง Managing Director

และบุคคลที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำในการจัดทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อ บริษัท บี.กริม แคเรียร์ (ประเทศไทย) จำกัด และผู้สนใจปฏิบัติสหกิจศึกษาของบริษัทเพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้นในการทำความเข้าใจและพัฒนาโครงงานต่อไป รวมทั้งในการค้นคว้าของผู้สนใจทั่วไปด้วย หากรายงานฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด นาย เพราพงศ์พันธุ์ พูลมา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ก็ขออภัยมา ณ ที่นี้

ผู้จัดทำ

นาย เพราพงศ์พันธุ์ พูลมา

31 ธันวาคม พ.ศ. 2564

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 การทบทวนเอกสาร/วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ภาระการทำความเย็น	3
2.2 วิธีการคำนวณหาภาระการทำความเย็นโดยวิธี CLTD/SCL/CLF	5
2.3 ทฤษฎี	6
2.4 การถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม	15
2.5 ขั้นตอนในการคำนวณภาระการทำความเย็น	16
2.6 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร	16
2.7 การหาค่า CLTD สำหรับหลังคาในกรุงเทพฯ	17
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	
3.1 ชื่อและที่ตั้งสถานประกอบการ	25
3.2 ลักษณะการประกอบการผลิตภัณฑ์การให้บริการหลักขององค์กร	25
3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร	26
3.4 บทบาทและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย	26
3.5 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา	27
3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	27
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	27

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.8 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ	28
3.9 วิธีการหาคูลลิ่งโหลดและอุปกรณ์ที่ใช้หาคูลลิ่งโหลด	28
3.10 ขั้นต้นในการหาโหลดความเย็นของห้อง	30
บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ	
4.1 ภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอก	33
4.2 ค่าภาระการทำความเย็นจากความร้อนที่เกิดจากไฟฟ้าสว่าง	50
4.3 ค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากความร้อนของคน	50
4.4 ความร้อนจากการรั่วผ่านช่องเปิดต่างๆหรือจากการระบายอากาศ (Ventilation)	50
4.5 ความร้อนจากหลังคา	50
4.6 ค่าภาระการทำความเย็นจากโหลดทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณสำหรับห้องนอนลูกค้าของเดือนมิถุนายน	52
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปและการวิเคราะห์ผลที่ได้	58
5.2 ข้อเสนอแนะ	59
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณภาระการทำความเย็น	62
ภาคผนวก ข ตารางที่ใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็น	74
ประวัติผู้จัดทำ	91

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ค่า OTTV และค่า RTTV สูงสุดสำหรับอาคารประเภทต่างๆ 17

ตารางที่ 3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 27

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังทางทิศเหนือ (N) 33

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังทางทิศตะวันออก (E) 34

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังทางทิศใต้ (S) 35

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังทางทิศตะวันตก (W) 36

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอกรวมทั้ง 4 ทิศ 37

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอกทางทิศเหนือ (N) 38

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอกทางทิศตะวันออก (E) 39

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอกทางทิศใต้ (S) 40

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอกทางทิศตะวันตก (W ; West) 41

ตารางที่ 4.10 แสดงผลรวมค่าภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอก ทั้ง 4 ทิศ (East , West , North , South) 42

ตารางที่ 4.11 แสดงภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทางทิศเหนือ (N) 43

ตารางที่ 4.12 แสดงภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทางทิศตะวันออก (E) 44

ตารางที่ 4.13 แสดงภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทางทิศใต้ (S) 45

ตารางที่ 4.14 แสดงภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของตวงอาทิตย์ทางทิศตะวันตก (W) 46

ตารางที่ 4.15 แสดงผลรวมค่าภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของตวงอาทิตย์ด้านนอกทั้ง 4 ทิศ (East , West , North , South) 47

ตารางที่ 4.16 แสดงผลรวมค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอก , ผ่านกระจกด้านนอก และ การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ด้านนอกทั้ง 4 ทิศ (East , West , North , South) 48

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงภาระการทำความเย็นที่ห้องได้รับจากแหล่งต่างๆ	4
รูปที่ 2.2 แสดงรูปทรงหลังคา	18
รูปที่ 2.3 แสดงรูปตัดขวางของหลังคา	19
รูปที่ 2.4 แสดงวัสดุมุงหลังคาชนิดต่าง ๆ	20
รูปที่ 2.5 แสดงฉนวนประเภทต่าง ๆ	20
รูปที่ 2.6 ภาพรวมขององค์ประกอบโดยทั่ว ๆ ไปของระบบหลังคา	21
รูปที่ 3.1 แผนผังด้านวิศวกรรมในบริษัท	25
รูปที่ 3.2 แผนผังด้านการบริหารงานในบริษัท	26
รูปที่ 3.3 ระดับน้ำ	28
รูปที่ 3.4 ตลับเมตร	29
รูปที่ 3.5 ตัววัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด	29
รูปที่ 4.1 แบบเวลาที่เกิดโหลดด้านสูงสุด	49
รูปที่ 4.2 แบบเวลาที่เกิดโหลดสูงสุดในเดือนมิถุนายน	49
รูปที่ 4.3 แบบ Top View	51

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การคำนวณภาระการทำความเย็นและการเลือกขนาดเครื่องทำความเย็นที่เหมาะสมนั้น จะทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าของอาคารได้มาก เพราะค่าไฟฟ้าส่วนใหญ่ของอาคารมาจากระบบปรับอากาศ วิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นจะต้องคำนวณได้ในทุกชั่วโมงของทุกวันในรอบปี เพื่อที่จะสามารถรู้ลักษณะภาระการทำความเย็นที่แท้จริงของอาคาร ซึ่ง Transfer Function Method เป็นวิธีที่เหมาะสมในการใช้งาน และมีการนำข้อมูลค่าการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่วัดได้จริง มาใช้ในการคำนวณเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณทางทฤษฎี เพื่อให้ได้ค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น การเลือกขนาดและการปิด-เปิดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าลงได้

การเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับห้องที่จะติดตั้งควรรู้ขนาดห้องเสียก่อน เพื่อให้ได้ความเย็นที่เหมาะสม กรณีซื้อ เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่เกินไป การทำความเย็นจะมากเกินไป การควบคุมความชื้นไม่ดี (เนื่องจากเครื่องต้องเดิน-หยุดบ่อย) ราคาเครื่อง และค่าติดตั้งก็จะสูงตามไปด้วย ถ้าซื้อเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเกินไป การทำความเย็นก็ไม่เพียงพอ และเครื่องก็ต้องทำงานตลอดเวลาอายุการใช้งานก็จะสั้นดังนั้นจึงควรเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีความสามารถในการทำความเย็นให้เหมาะสมกับพื้นที่ห้อง เพื่อให้สะดวกและรวดเร็ว สามารถหาขนาดของเครื่องปรับอากาศได้จากตาราง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 การคำนวณภาระการทำความเย็นเพื่อเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ใช้วิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธีคำนวณมือ (Manual Calculation)

1.3.2 คำนวณภาระการทำความเย็นในกรณีเพื่อเลือกเครื่องปรับอากาศโครงการโมดิวิลล่า เพชรเกษม 69

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถออกแบบกระบวนการติดตั้งเครื่องปรับอากาศได้

1.4.2 สามารถเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม

1.4.3 เข้าใจกระบวนการในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

1.4.4 ได้ข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศต่อไป

1.4.5 เป็นองค์ความรู้ให้กับพนักงานของบริษัทได้ศึกษา

บทที่ 2
การทบทวนเอกสาร/วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ภาระการทำความเย็น

ภาระการทำความเย็นคือ จำนวนความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นทั้งจากภายในห้องทำความเย็น และความร้อนจากภายนอกห้องที่ผ่านเข้ามาในห้องทำความเย็น ซึ่งเป็นภาระที่เครื่องทำความเย็นจะต้องนำออกไปเพื่อลดและ รักษาระดับอุณหภูมิในห้องให้ได้ตามที่ต้องการ

2.1.1 การแบ่งลักษณะความร้อน

ความร้อนเราแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และความร้อนแฝง (Latent Heat) ความร้อนสัมผัสนั้นแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ ลักษณะแรกคือการนำและการพาซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในห้องทันที ลักษณะที่สองคือการแผ่รังสี การแผ่รังสีนั้น เนื่องจากอากาศเป็นตัวกลางโปร่งใสจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในห้องโดยตรงแต่จะมีผลต่ออุณหภูมิของพื้น ผนัง เพดาน จากนั้นก็จะเปลี่ยนเป็นการพาความร้อนเข้าสู่อากาศในห้องภายหลัง นั่นคือเวลาที่ความร้อนจากการแผ่รังสีเข้าสู่อากาศในห้องจะช้าลงซึ่งขึ้นอยู่ กับความจุความร้อนของวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง นั่นย่อมหมายถึงว่าความร้อนที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศที่ เวลาหนึ่ง (Instantaneous Heat Gain) ก็ย่อมที่จะ ไม่เท่ากับภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Cooling load) เพราะการทำความเย็นคือการเอาความร้อนออกจากอากาศ ความร้อนแฝง จะเข้าสู่อากาศในห้องโดยตรง

2.1.2 ภาระการทำความเย็นที่ห้องได้รับ

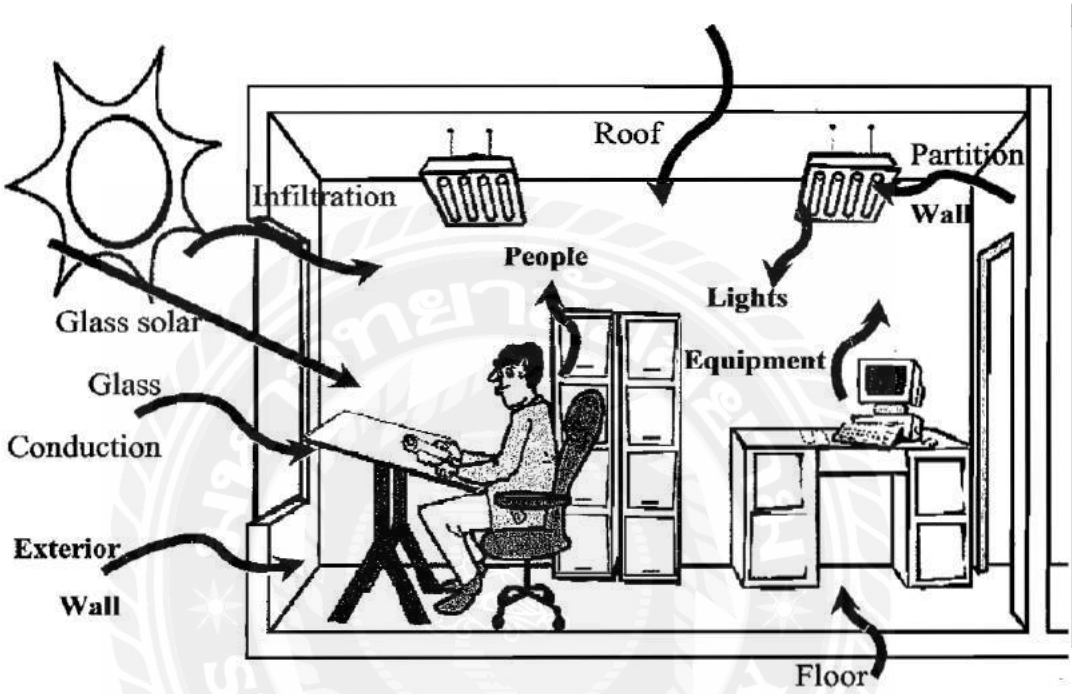
ห้องปรับอากาศได้รับความร้อนจากแหล่งต่าง ๆ หลายแหล่งด้วยกันดังแสดงในรูปที่ 2.1

1. ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านนอก หลังคาและกระจก
   (Conduction through Exterior Structure)
2. ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านใน เพดานและพื้นห้อง
   (Conduction through Interior Structure)
3. ความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านกระจก (Solar Radiation through Glass)
4. ความร้อนจากไฟฟ้า (Lighting)

5. ความร้อนจากคน (People)

6. ความร้อนจากเครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment and Appliances)

7. ความร้อนจากอากาศภายนอกรั่วผ่านช่องเปิดต่าง ๆ และการระบายอากาศ (Ventilation)



รูปที่ 2.1 แสดงภาระการทำความเย็นที่ห้องได้รับจากแหล่งต่างๆ

(ที่มา : Trane Air Conditioning Clinic, Trane Company)

ความร้อนจากแหล่งที่ 1 ถึง 3 เป็นความร้อนที่ได้รับจากแหล่งภายนอกเป็นความร้อนสัมผัสที่ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเพียงอย่างเดียว ความร้อนจากแหล่ง 4 ถึง 6 เป็นความร้อนที่ได้รับ จากแหล่งภายใน ส่วนความร้อนจากแหล่งที่ 7 เป็นความร้อนอีกประเภทหนึ่งต่างหากความร้อน จากแหล่งที่ 5 และ 7 เป็นทั้งแหล่งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงซึ่งจะทำให้ทั้งอุณหภูมิและความชื้นสูงขึ้น ความร้อนจากแหล่งที่ 6 จะขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ ส่วนความร้อนจากแหล่งที่ 4 จะเป็นแหล่งความร้อนสัมผัสอย่างเดียว

ความร้อนที่ห้องได้รับทั้งหมด คืออัตราความร้อนที่ห้องได้รับจากทุกแหล่งดังกล่าว ที่เวลาใดๆ ส่วนหนึ่งของความร้อนเท่านั้น

ที่จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นทันทีเนื่องจากอิทธิพลการอมความร้อนที่ห้องได้รับทั้งหมด ซึ่งผลบวกความร้อนสุทธิที่ห้องได้รับจากแหล่งต่างๆ ก็คือโหลดความเย็นหรือภาระในการทำความเย็นของห้องนั้นเอง

การคำนวณหาภาระการทำความเย็นก็เพื่อที่จะสามารถเลือกเครื่องปรับอากาศ ที่สามารถรักษาอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของห้องที่จะปรับอากาศตามที่ต้องการได้โหลดความเย็นสูงสุดจะเป็นตัวกำหนดขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ต้องการซึ่งเราต้องคำนวณ ณ เวลาที่ห้องมีโหลดความเย็นสูงสุด

2.2 วิธีการคำนวณหาภาระการทำความเย็นโดยวิธี CLTD/SCL/CLF

วิธีการคำนวณภาระความเย็นแบบนี้ ถูกพัฒนามาให้สามารถทำการคำนวณด้วยมือได้ (Manual Calculation) โดยนำผลจากการคำนวณค่าภาระความเย็นที่ผ่านผนังทึบและกระจกซึ่งอยู่ในรูปของการนำความร้อนที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธี Transfer Function มาใช้ในสมการผลคูณของค่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบหรือกระจกกับพื้นที่ผนังหรือกระจก และค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่เรียกว่าค่า CLTD (Cooling Load Temperature) ค่า CLTD ดังกล่าวนี้จะแทนผลของสภาพภูมิอากาศภายนอก Thermal Delay Effect ของผนังทึบ และผลการเปลี่ยนค่า Heat Gain เป็นค่า Cooling Load ที่แปรตามสภาพเฟอร์นิเจอร์ภายในห้อง ดังนั้นค่า CLTD จะขึ้นกับชนิดผนัง ทึบ เฟอร์นิเจอร์ภายในห้อง สภาพภูมิอากาศภายนอก และอุณหภูมิภายใน ส่วนค่า SCL (Solar Cooling Load) จะเป็นส่วนหนึ่งของการแปลงผลของภาระความเย็นที่เกิดจากการแผ่รังสีจากแสงอาทิตย์ผ่านกระจกที่คำนวณได้จากวิธี Transfer Functionให้อยู่ในรูปของผลคูณของพื้นที่ของกระจกกับค่า SC (Shading Coefficient) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของกระจกชนิดต่าง ๆ กับค่า SHGF(Solar Heat Gain Factor) คือค่าความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด และค่า CLF (Cooling Load Factor) จะเป็นตัวคูณลดภาระการทำความเย็นสำหรับการแปลงค่า Heat Gain เป็นค่า Cooling Load ASHRAE (American Society of Heating, Ventilating and Air Conditioning Engineers, Inc.) ได้ทำการพัฒนาชุดข้อมูลของค่า CLTD SCL และ CLF เหล่านี้แปรตามเวลา ชนิดของผนัง และ สภาพภูมิอากาศตามตำแหน่งต่างๆ ในโลกโดยกำหนดจากเส้นรุ้ง วิธีดังกล่าวนี้จะทำให้สามารถ คำนวณ

ภาระความเย็นได้โดยง่ายโดยแปลงผลของการสะสม และคายความร้อนจากผนังต่าง ๆ ที่ แปรตามเวลาและสภาพภายนอกและภายในให้อยู่ในรูปผลคูณโดยใช้ข้อมูล CLTD SCL และ CLF ที่กำหนดมาให้

2.3 ทฤษฎี

2.3.1 ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านนอก หลังคา และกระจก (Conduction through Exterior Structure)

คำนวณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังด้านนอก หลังคาและกระจกได้จากสมการ

$$Q = U \times A \times (CLTD_C) \quad (2.1)$$

โดยที่ Q = ความร้อนสุทธิที่ไหลผ่านหลังคา ผนังหรือกระจก (หน่วยเป็น W)

U = สัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา ผนังหรือกระจก (หน่วยเป็น $W/m^2.°C$)

A = พื้นที่หลังคา ผนังหรือกระจก (หน่วยเป็น m^2)

$(CLTD_C)$ = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (CLTD) ที่ปรับแก้ค่าแล้ว (มีหน่วยเป็น °C)

CLTD คือค่าความต่างอุณหภูมิโหลดความเย็น (มีหน่วยเป็น °C) ซึ่งได้รวมอิทธิพลการอมความร้อนของส่วนประกอบของอาคารไว้ด้วย หาค่าCLTD ได้จากตารางในสารบัญตารางสำหรับผนังทึบและหลังคาสีเข้มค่าในตารางจะแสดงรายละเอียดโครงสร้างผนังไว้ค่า CLTD ในตารางคำนวณจากอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศที่ 25.5 °C อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยที่ 29.4 °C สำหรับประเทศที่ตั้งอยู่ที่เส้นละติจูด40 เหนือ ส่วนสภาวะออกแบบที่ต่างไปจากนี้ต้องแก้ไขตามเส้นละติจูดและเดือน (LM) และสีของผนัง (K) ที่เป็นจริง รวมทั้งแก้ไขอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย (t_0) และอุณหภูมิภายในห้อง(t_R) ตามที่เป็นจริงโดยแก้ไขจากสมการดังนี้

$$CLTD_C = [(CLTD + LM) \times K + (25.5 - t_R) + (t_0 - 29.4)] \quad (2.2)$$

โดยที่ $(CLTD_C)$ = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (CLTD) ที่ปรับแก้ค่าแล้ว (มีหน่วยเป็น °C)

CLTD = ค่าความต่างอุณหภูมิโหลดความเย็น (มีหน่วยเป็น °C)

LM = ปรับค่าละติจูดและเดือน

K = ปรับค่าสีของพื้นผิว โดยที่ K มีค่าเท่ากับ 1.0 สำหรับผนังหรือหลังคาสีมืด 0.5 สำหรับหลังคาสีสว่าง และเท่ากับ 0.65 สำหรับผนังสีสว่าง

t_0 = อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย (มีหน่วยเป็น °C)

t_R = อุณหภูมิภายในห้อง (มีหน่วยเป็น °C)

f = ปรับค่าสำหรับการระบายอากาศในเพดาน (เฉพาะหลังคาเท่านั้น) โดยที่ f มีค่าเท่ากับ 0.75 สำหรับพัดลมใต้หลังคา และเท่ากับ 1.00 สำหรับกรณีอื่น ๆ

กรณีที่ผนังเป็นกระจก ความร้อนที่ผ่านเข้ามาทั้งหมดจะเกิดจากทั้งในรูปการนำความร้อนผ่านผนังโปร่งใสและการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ความร้อนจากการนำนั้นไม่ว่าจะมีแสงอาทิตย์หรือไม่ก็จะมีอยู่ถ้ามีความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายใน และอาจจะมีทิศทาง

การไหลตรงข้ามกับแสงอาทิตย์ก็ได้ เนื่องจากการนำนั้นเมื่อนำความร้อนผ่านเนื้อกระจกเข้ามาข้าง ใน ต่อจากนั้นก็จะเป็นการพาและการแผ่รังสีเมื่อมีการแผ่รังสีก็จะคล้ายกับผนังทึบแต่เนื่องจาก

โดยทั่วไปเนื้อกระจกไม่หนาทึบเหมือนผนังทั่วไปทิศจึงมีผลน้อย การใช้ Transfer Function Method ทำให้สามารถหาออกมาเป็นอุณหภูมิแตกต่างสำหรับคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load Temperature Difference = CLTD) โดยขึ้นกับเวลาเท่านั้น ดังนั้นภาระการทำความเย็นเนื่องมาจากการนำความร้อนของกระจกก็จะหาได้จากสมการที่ 2.1 โดยที่ค่า $CLTD_C$ จะหาได้จากสมการ

$$CLTD_C = CLTD + (25.5 - t_R) + (t_0 - 29.4) \quad (2.3)$$

2.3.2 ความร้อนถ่ายเทผ่านผนังด้านใน เพดานและพื้นห้อง (Conduction through Interior Structure)

หาความร้อนที่ถ่ายเทจากห้องไม่ปรับอากาศผ่านผนังพื้นหรือเพดานเข้าห้องปรับอากาศได้จากสมการ

$$Q = U \times A \times (TD) \quad (2.4)$$

โดยที่ Q = ความร้อนสุทธิที่ไหลผ่านผนังด้านใน พื้นหรือเพดาน (หน่วยเป็น W)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสำหรับผนังด้านใน พื้นหรือเพดาน (หน่วยเป็น $W/m^2 . °C$)

A = พื้นที่ผนังด้านใน พื้นหรือเพดาน (หน่วยเป็น m^2)

CLTD = ความต่างอุณหภูมิระหว่างห้องปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ (หน่วยเป็น °C)

ถ้าไม่ทราบอุณหภูมิของห้องไม่ปรับอากาศให้ประมาณว่าอุณหภูมิห้องไม่ปรับอากาศ ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 5 °F (2.78 °C) ถ้าห้องไม่ปรับอากาศมีแหล่งความร้อนอยู่ภายใน เช่น บอยเลอร์อุณหภูมิอาจสูงกว่าภายนอกมาก ถ้าห้องไม่ปรับอากาศมีขนาดเล็กมากอาจตัดทิ้งได้

2.3.3 ความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านกระจก (Solar Radiation through Glass)

ความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านกระจกอาจจะเขียนง่ายๆ ได้ว่าเท่ากับรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบทั้งหมดคูณด้วยค่า Factor ตัวหนึ่งที่น้อยกว่าหนึ่ง ซึ่งตัวคูณลดนี้จะขึ้นกับมุมตกกระทบที่กระจก ชนิดของกระจก ชนิดของอุปกรณ์ตัดแสง และอื่นๆ อีกมาก ASHRAE ได้พัฒนาวิธีง่าย ๆ โดยใช้ กระจกมาตรฐานหนา 3 mm (1/8") แล้วหาค่าความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด (Solar Heat Gain Factor = SHGF) ทุกเดือนที่อยู่บนเส้นรุ้ง ON ถึง 64N ทุกทิศทางสำหรับประเทศไทย ได้แสดงดังในตารางที่ 2.4 ส่วนความร้อนที่เข้าในแต่ละทิศในแต่ละเวลาใช้ตัวคูณลดภาระการทำ ความเย็น (Cooling Load Factor = CLF) โดยแบ่งเป็นตารางที่มีม่านหรือมู่ลี่ข้างในและตารางที่ไม่มีอุปกรณ์ตัดหรือกันแสงใดๆ ม่านหรือมู่ลี่จะรับความร้อนได้ไว และโครงสร้างก็ไม่หนาแน่นเหมือนโครงสร้างอาคาร ดังนั้นการหน่วงรังสีความร้อนจึงน้อยกว่า ส่วนความแตกต่างของโครงสร้างอาคารก็ไม่มีผลต่อการหน่วงเวลามากนัก และกรณีที่ไม่มีม่านมู่ลี่นั้นความแตกต่างของโครงสร้างอาคารจะมีผลพอสมควร เพื่อไม่ให้เกิดความยุ่งยากในการคำนวณ จึงได้นำค่ามาเฉลี่ย

การคำนวณภาระการทำความเย็นจากรังสีแสงอาทิตย์ได้จากสมการ

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF \quad (2.5)$$

โดยที่ Q = ความร้อนสุทธิที่ได้รับจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านกระจก (หน่วยเป็น W)

SHGF = ค่าแฟกเตอร์ความร้อนสูงสุดที่ได้รับจากรังสีแสงอาทิตย์ (มีหน่วยเป็น W/m^2)

SC = สัมประสิทธิ์การบังแสง (Shading Coefficient) สำหรับมู่ลี่ หรือ ม่านสีอ่อนจะประมาณ 0.64 การติดฟิล์มสะท้อนแสงหรือฉาบสารสะท้อนแสง หรือกระจกพิเศษจะอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 0.6 ค่าที่ ถูกต้องอาจหาได้จากผู้ผลิต

CLF = ตัวคูณลดภาระการทำความเย็น

A = พื้นที่กระจก (หน่วยเป็น m^2)

2.3.4 ความร้อนจากไฟฟ้า (Lighting)

ความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่างที่เข้าห้องปรับอากาศ ก็คือพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใส่ (Input) หลอดไฟฟ้าทั้งหมด แต่เนื่องจากหลอดไฟฟ้าส่วนใหญ่เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมักจะบอกเป็น วัตต์เช่นขนาด36 W จะต้องใช้กำลังไฟฟ้าส่วนหนึ่งให้กับบัลลาสต์ซึ่งถ้าเป็นบัลลาสต์แบบเก่าก็ต้อง ใช้ถึง 10 W ถ้าแบบใหม่ใช้เพียง 5.5W ความร้อนที่เข้าสู่ห้องก็ต้องเป็นพลังงานทั้งหมดรวมกัน เพื่อความสะดวกมักจะให้คูณกำลังวัตต์ของหลอดไฟด้วยแฟกซ์เตอร์ 1.25 สำหรับบัลลาสต์แบบเก่า และ 1.15 สำหรับบัลลาสต์แบบใหม่หาความร้อนที่ได้รับจากไฟแสงสว่างได้จาก

สมการ

$$Q = W \times F_B \times (CLF) \qquad (2.6)$$

โดยที่ Q = ความร้อนสุทธิที่ได้รับจากไฟแสงสว่าง (หน่วยเป็น W)

W = ขนาดของหลอดไฟ (หน่วยเป็น W)

FB = แฟคเตอร์บัลลาสต์

CLF = แฟคเตอร์ตัวคูณลดโหลดความเย็น

ไฟฟ้าแสงสว่างนั้น โดยทั่วไปประมาณว่าครึ่งหนึ่งเป็นความร้อนแบบการนำและการพา ซึ่งจะเข้าสู่อากาศในห้องทันที ส่วนอีกครึ่งที่เหลือจะเป็นรังสีความร้อนซึ่งจะทะลุผ่านอากาศไปอยู่ที่พื้น ผนังเพดาน ยังไม่ออกมาทันที ต้องรอจนมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศ คล้ายกับความร้อนที่ผ่านผนัง หลังคาหรือกระจกที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นก็ต้องมีการหน่วงเวลาคือต้องมีตัวคูณลดความร้อนส่วนที่มาจากการแผ่รังสีเพื่อเป็นภาระการทำความเย็น (Cooling Load Factor) ยกเว้นกรณีที่เราไม่ได้เปิดเครื่องปรับอากาศ 24 ชั่วโมง และเรามักจะปิดไฟฟ้าตามเครื่องปรับอากาศอยู่แล้วก็ไม่ต้องมีคูณลดนี้ เพราะรังสีความร้อนจากไฟฟ้าจะยังคงอยู่กับโครงสร้างอาคาร เมื่อเราเปิดเครื่องปรับอากาศในอีกวัน เปรียบเหมือนเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่ใส่ทั้งหมด

กรณีที่เป็นอาคารที่สร้างใหม่เราจะต้องเผื่อค่าไว้ โดยยึดตามกฎกระทรวงพลังงานคือถ้าเป็นสถานที่ทำงานและทั่วๆ ไปจะอนุญาตให้ติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างไม่เกิน 16 W ต่อตารางเมตร

ของพื้นที่ห้อง เช่นถ้าใช้แฟคเตอร์ 1.25 ก็จะได้ 20 W/m^2 ซึ่งส่วนใหญ่จะนิยมนำค่านี้ไปใช้ในการคำนวณสำหรับบางสถานที่ที่มีการติดตั้งหลอดไฟมากเกินก็อาจมีการปิดบางส่วน เราก็ควรคูณแฟคเตอร์ตัวลดตามความเป็นจริง เช่นเชื่อว่าเปิดใช้ไม่เกิน 80% เราก็ใช้แฟคเตอร์ 0.80 คูณ

2.3.5 ความร้อนจากคน (People)

คนคายความร้อนออกมาทั้งในรูปความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝงซึ่งสามารถดูค่าได้จากตารางที่แสดงค่าไว้ ความร้อนแฝงจะขึ้นอยู่กับอัตราการทำงานของแต่ละคนความร้อนจากคน นั้นส่วนที่เป็นความร้อนสัมผัสจะแบ่งเป็นการแผ่รังสีส่วนหนึ่ง ส่วนที่เหลือคือการพา ตัวอย่างเช่น คนนั่งชมภาพยนตร์ ความร้อนจากคนทั้งหมด 95 W จะแบ่งได้เป็นความร้อนสัมผัส 65 W ความ ร้อนแฝง 30 W ซึ่งความร้อนสัมผัส 65 W นี้จะมีส่วนที่เป็นการแผ่รังสี 60% ถ้าความเร็วลมในห้อง ไม่เกิน 0.2 m/s (40 ฟุต/นาที) นั่นคือการแผ่รังสี 65 × 0.6 = 39 W แต่ถ้าความเร็วลมเกิน 0.2 m/s(40 ฟุต/นาที) การแผ่รังสีจะมีเพียง 27% นั่นคือการแผ่รังสี 65x0.27 = 18 W เป็นต้น รังสีความร้อนเช่นเดียวกับที่ผ่านมาซึ่งมันจะทะลุผ่านอากาศไปอยู่ที่พื้น ผนัง เพดาน ยังไม่ออกมาทันทีต้องรอจนมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศ คล้ายกับความร้อนที่ผ่านผนัง หลังคา หรือกระจกที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นก็จะต้องมีการหน่วงเวลา คือต้องมีตัวคูณลดความร้อนส่วนที่มาจากการแผ่รังสีนี้เพื่อเป็นภาระการทำความเย็น (Cooling Load Factor) ยกเว้นกรณีที่เราไม่ได้เปิดเครื่องปรับอากาศ 24 ชั่วโมง ก็ไม่ต้องมีตัวคูณลดนี้ เพราะรังสีความร้อนจากคนจะยังคงอยู่กับโครงสร้างอาคารกลายเป็นโหลดความเย็นเมื่อเราเปิดเครื่องปรับอากาศในอีกวัน

หาความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงจากคนได้จากสมการ

$$Q_S = q_S \times n \times (CLF1) \quad (2.7)$$

$$Q_L = q_L \times n \quad (2.8)$$

โดยที่ Q_S, Q_L = ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงทั้งหมดที่ได้รับตามลำดับ (หน่วยเป็น W)

q_S, q_L = ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่ได้รับต่อคน (หน่วยเป็น W)

n = จำนวนคน

CLF1 = แฟคเตอร์โหลดความเย็นสำหรับคน

สำหรับแฟคเตอร์ CLF1 ใช้กับความร้อนสัมผัสที่ได้รับเท่านั้น หาค่าได้จากตารางที่ให้ไว้ในภาคผนวก กรณีปิดเครื่องปรับอากาศตอนกลางคืน CLF1 จะเท่ากับ 1.0

2.3.6 ความร้อนจากเครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment and Appliances)

ความร้อนจากเครื่องมือ และอุปกรณ์อาจเป็นทั้งแหล่งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ อาจหาความร้อนที่ได้รับจากเครื่องมือและอุปกรณ์ได้จากผู้ผลิต หรือข้อมูลที่ระบุอยู่ที่ตัวเครื่อง ภาระความเย็นของอุปกรณ์บางชนิดอาจหาได้ดังนี้

1. ความร้อนจากมอเตอร์ไฟฟ้า

ความร้อนที่เข้าห้องต้องเป็นกำลังไฟฟ้าที่ให้กับมอเตอร์ทั้งหมด เนื่องจากการซื้อขาย มอเตอร์นั้นจะบอกเป็นกิโลวัตต์หรือแรงม้า หมายถึงกำลังสูงสุดที่จะได้ออกมาที่เพลาดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่ใส่ย่อมมากกว่าที่เพลาเพราะประสิทธิภาพมอเตอร์ต้องต่ำกว่า 100%

ให้ W_E = กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ต้องใช้

W_B = กำลังที่เพลา

กรณีที่มอเตอร์ทำงานที่ภาระเต็มที่ (Full load) ก็คือขนาด kW ที่ระบุที่ตัวมอเตอร์ (Rated/Nominal kW) นั่นเอง ในทางปฏิบัติการเลือกกำลังมอเตอร์มักจะเผื่อความปลอดภัยไว้ 10 ถึง 20% ประกอบกับกำลังมาตรฐานก็เป็นช่วงๆ โอกาสที่จะเลือกพอดีจึงมีน้อย จึงกลายเป็นต้องเพิ่มขึ้นอีกโดยปริยาย ดังเช่น จากการคำนวณต้องการกำลังที่เพลา 1.1 kW ถ้าเผื่อความปลอดภัยไว้ 10 % ขนาดกำลังมอเตอร์ที่ต้องการคือ 1.1 × 1.1 = 1.21 kW แต่มอเตอร์มาตรฐานที่มีขายคือ 1.1 และ 1.5 kW จะเห็นว่าเราต้องเลือกที่ขนาด 1.5 kW ซึ่งเปรียบเหมือนเผื่อความปลอดภัยเป็น

(1.5- 1.1) × 100/1.1 = 36% ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่ามอเตอร์ที่ใช้งานจริงมักจะทำงานไม่เกิน 80%ของขนาด กำลังที่ระบุที่ตัวมอเตอร์

Q_{LOSS} = ความร้อนที่ถ่ายออก

EM = ประสิทธิภาพมอเตอร์

จะได้ว่า

$$E_M/100 = w_B / w_E \text{ หรือ } w_E = w_B / (E_M/100) \quad (2.9)$$

$$Q_{LOSS} = w_E - w_B = W_B (100/E_M - 1) \quad (2.10)$$

ในทางปฏิบัติ ถ้ามีข้อมูลเพียงแต่ขนาดกำลังมอเตอร์เป็น kw เราก็มักใช้ค่ากำลังที่เพลานี้เลย เพราะการทำงานจริงก็อาจจะประมาณ 80% ของกำลังที่เพลา แต่มอเตอร์ก็มีประสิทธิภาพ 80% ผลก็คือพลังงานที่เข้าใกล้เคียงกับกำลังที่เพลา

ความร้อนจากมอเตอร์ ถ้าแบ่งโดยประมาณแล้วส่วนที่แผ่รังสีก็จะใกล้เคียงกับส่วนที่เป็นการพาความร้อนของอากาศในห้อง

มอเตอร์ของเครื่องปรับอากาศเองก็เป็นภาระการทำความเย็นเช่นกัน เพียงแต่การคิดแบบละเอียดเพื่อหาอัตราส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศนั้น มีความจำเป็นต้องรู้ว่าความร้อนนั้นเข้าที่ห้องปรับอากาศหรือเข้าที่เครื่องปรับอากาศ หลักการก็คือถ้าเป็นเครื่องปรับอากาศขนาดกลางและใหญ่มอเตอร์พัดลมมักจะอยู่หลังคอล์ยเย็น (Draw through) จะถือว่าความร้อนเข้าที่ห้องปรับอากาศ ส่วนเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กพัดลมมักอยู่หน้าคอล์ยเย็น (Blow through) ซึ่งจะถือว่าลืมกลับเข้าที่ท่อลมกลับเครื่องปรับอากาศเลย ซึ่งจะไม่มีผลต่ออัตราส่งลมของเครื่องปรับอากาศแต่ยังเป็นภาระของเครื่องปรับอากาศเช่นกันต่างกันเพียงเล็กน้อย

2. ความร้อนจากอุปกรณ์อื่นๆ โดยประมาณ

คอมพิวเตอร์ขณะใช้งานตัวเครื่องจะให้ค่าความร้อนอยู่ที่ 55 W จอ 55 W ขณะพักตัวเครื่อง 20 W จอ 0 W เครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์ขนาดกลางขณะพิมพ์ 215 W ขณะหยุดพิมพ์ 35 W ใน สหรัฐอเมริกา ได้มีผู้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ จอเครื่องและพวกเครื่องแฟกซ์ รวมกันในสำนักงานต่าง ๆ พบว่ามีค่าความร้อนเข้าห้องอยู่ในช่วงประมาณ 5 W/m ถึง 12 W/m ซึ่งเฉลี่ยประมาณ 8.5 W/m ของพื้นที่ห้องสำหรับอุปกรณ์เหล่านี้ความร้อนส่วนใหญ่มักจะเป็นแบบการพาความร้อน ส่วนน้อยเท่านั้นที่เป็นแบบการแผ่รังสี

2.3.7 ความร้อนจากอากาศภายนอกรั่วผ่านช่องเปิดต่าง ๆ (Infiltration)

ความร้อนจากอากาศภายนอกรั่วไหลเข้านั้นจะเป็นภาระการทำความเย็นทันที ภาระการทำความเย็นในหน่วยวัตต์ทั้งหมดหาได้จาก

$$Q = m_{0a} (h_0 - h_R) = 1.23\ Vol_{OA} (h_0) - h_R) \text{ หรือ} \quad (2.11)$$

$$Q = 1.2\ Vol_{OA} [1.0244(t_0 - t_R) + 2501(W_0 - W_R)] \quad (2.12)$$

ซึ่งสามารถแบ่งเป็นความร้อนสัมผัส Q_S คือ

$$Q_S = 1.2\ Vol_{OA} [1.0244(t_0 - t_R)] = 1.23\ Vol_{OA}(t_0 - t_R) \quad (2.13)$$

และแบ่งเป็นความร้อนแฝงคือ

$$Q_L = 1.2\ Vol_{OA} [2501(W_0 - W_R)] = 3010 Vol_{OA}(W_0 - W_R) \quad (2.14)$$

โดยที่

Q_S = อัตราความร้อนสัมผัสเข้า (มีหน่วยเป็น kW)

Q_L = อัตราความร้อนแฝงเข้า (มีหน่วยเป็น kW)

m_{0a} = อัตรามวลอากาศภายนอกเข้า (มีหน่วยเป็น kg/s)

Vol_{OA} = อัตราปริมาตรอากาศภายนอกเข้า (มีหน่วยเป็น m^3/s) โดยใช้อากาศมาตรฐานคือ 1.2 kg/ m^3

t_R = อุณหภูมิอากาศภายในห้องปรับอากาศ (มีหน่วยเป็น °C)

t_0 = อุณหภูมิอากาศภายนอกที่เข้าห้องปรับอากาศ (มีหน่วยเป็น °C)

W_R = อัตราส่วนความชื้นของอากาศภายในห้องปรับอากาศ (มีหน่วยเป็น kg/kg)

W_0 = อัตราส่วนความชื้นของอากาศภายนอกที่เข้าห้องปรับอากาศ (มีหน่วยเป็น kg/kg)

ความร้อนจากการรั่วผ่านช่องเปิดต่างๆ หรือจากการระบายอากาศ (ในหน่วย Btu/hr.)

$$Q_S = 1.085 \times (t_0 - t_R) \times cfm \quad (2.15)$$

$$Q_L = 0.7 \times (W_0 - W_R) \times cfm \quad (2.16)$$

ตามมาตรฐานของ ASHRAE ใช้อัตราการระบายอากาศที่ 10 L/s ต่อคน หรือ 20 cfm ต่อคน ในทางปฏิบัตินิยมใช้อัตราปริมาตร Vol_{OA} ที่จะหาค่าการรั่วเข้าออกอาคารที่ถูกต้องค่อนข้างยุ่งยากมากที่ใช้กันอยู่จากประสบการณ์ถ้าห้องที่มีผนังติดอากาศภายนอกถึง 2 ถึง 4 ด้านมักจะใช้อย่างน้อย 1 เท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง ยกเว้นกรณีระบบปรับอากาศขนาดกลางและใหญ่ที่มักจะต้องมีการนำอากาศบริสุทธิ์เข้าที่เครื่องปรับอากาศ สามารถออกแบบให้ความดันภายในห้องสูงกว่าภายนอกได้ อากาศที่รั่วเข้ามาก็จะน้อยมากซึ่งไม่จำเป็นต้องคิดก็ได้

1. ความร้อนจากท่อส่งลม

ในระบบปรับอากาศขนาดกลาง และใหญ่มักจะมีการต่อท่อส่งลมเย็นท่อนี้เย็นมากมักจะมีความร้อนเข้าในรูปความร้อนสัมผัสผ่านท่อลมที่มีการหุ้มฉนวนหนาไม่เพียงพอ แต่ถ้าหุ้มฉนวน เพียงพอการรั่วก็จะน้อยมากความร้อนที่เป็นภาระการทำความเย็นอีกอย่าง คือมักจะมีการรั่วของลม เย็นออกจากท่อลมเพราะความดันภายในท่อส่งลมจะสูงกว่าภายนอกท่อ อัตราการรั่วค่อนข้าง กำหนดยาก เพราะขึ้นกับความยาวท่อลมฝีมือและความชำนาญของช่าง อย่างไรก็ตามไม่ควรเกิน 3% การรั่วที่นี่ก็เทียบเท่ากับต้องนำอากาศภายนอกมาทำให้ได้ภาวะลมเย็นที่รั่วไป ยกเว้นการรั่วนั้นเข้าสู่บริเวณปรับอากาศซึ่งเปรียบเสมือนส่งลมเข้าไปทำความเย็น

อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติการจะคำนวณได้ถูกต้องจริงๆ ยากมากจึงนิยมเผื่อไว้ในรูปค่าความปลอดภัย (Safety Factor) ในส่วนการคำนวณสุดท้าย

2. ความร้อนที่เข้าที่เครื่องปรับอากาศ

ความร้อนที่กล่าวมาทั้งหมดอาจเรียกได้ว่า เป็นภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นที่ห้องปรับ อากาศ หรือเรียกว่าความร้อนทั้งหมดที่ห้อง (Room/Space Total Heat) ซึ่งแบ่งแยกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นความร้อนสัมผัสที่ห้อง (Room/Space Sensible Heat) ส่วนที่สองคือความร้อนแฝงที่ห้อง (Room/Space Latent Heat)

ภาระการทำความเย็นกลุ่มที่สองคือ ภาระความร้อนที่เข้าที่ห้องปรับอากาศสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดกลาง และใหญ่ที่มักจะต้องนำอากาศบริสุทธิ์เข้าที่เครื่องปรับอากาศอย่างน้อยตามเทศบัญญัติ ซึ่งวิศวกรปรับอากาศส่วนใหญ่มักจะไม่นิยมใช้เพราะถือว่าค่อนข้างน้อยจึงมักใช้ตามมาตรฐาน ASHRAE โดยกว้างๆ มักจะกำหนดเป็นอัตราปริมาตรต่อคน เช่น สำนักงานทั่วไป 0.01 m^3/s ต่อคน (10 ลิตร/วินาที ต่อคน) (20CFM/คน) เป็นต้น การคำนวณภาระการทำความเย็นก็ใช้หลักการเดียวกับอากาศรั่วเข้าห้อง

3. ความร้อนจากท่อลมกลับ

แบ่งได้เป็นความร้อนสัมผัสที่ผ่านที่ผนังท่อลมกลับ สามารถคำนวณได้ไม่ยากแต่ในทาง ปฏิบัติท่อลมกลับมักหุ้มฉนวนและอุณหภูมิลมกลับไม่ต่ำมากความร้อนนี้จึงมีค่าน้อย ความร้อนส่วนที่สองคืออากาศรั่วเข้าตามรอยรั่ว เนื่องจากความดันในท่อลมกลับส่วนใหญ่จะมีค่าต่ำกว่าภายนอก ส่วนนี้ก็คิดเหมือนอากาศบริสุทธิ์เข้าที่เครื่อง แต่ในทางปฏิบัติก็จะมีค่าไม่มากเช่นกันสรุปการคำนวณภาระการทำความเย็นและอัตราการส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศการคำนวณภาระการทำความเย็นในทางปฏิบัติ จะต้องหาข้อมูลของอาคารที่จะคำนวณให้ละเอียด เช่น อาคารตั้งอยู่ที่ใด แต่ละด้านหันไปทางทิศใด กระจกชนิดใด มีพื้นที่เท่าไร ผนังทึบทำด้วยวัสดุอะไร หนาเท่าไร หลังคาบุฉนวนหรือไม่ถ้าไม่ได้บุฉนวนต้องแนะนำให้ทำ เพราะอาจจะไม่ผ่านกฎกระทรวงตามที่กฎกระทรวงกำหนดไว้ว่าค่า RTTV (Roof Thermal Transfer Value) ของหลังคาต้องไม่เกิน 25 W/m^2 และค่า OTTV (Overall Thermal Transfer Value) สำหรับผนังต้องไม่เกิน 45 W/m^2 ซึ่งค่าเหล่านี้จะแปรตามค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและ ความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์จะมีผลต่อค่าเหล่านี้มาก นอกจากนั้นอาคารที่ออกแบบต้องทราบว่าจะใช้ทำอะไร จำนวนคนที่ใช้ นั้นถ้าไม่ทราบจำนวนแต่ทราบกิจกรรมที่ทำก็จะใช้ค่าการประมาณเช่น ถ้าเป็นสำนักงานจะประมาณ 10 ตารางเมตรต่อคน ถ้าห้องประชุมใหญ่จะประมาณ 1 ตารางเมตรต่อคน ถ้าเป็นศูนย์การค้าประมาณ 3 ถึง 6 ตารางเมตรต่อคน ส่วนไฟฟ้าแสงสว่างตามที่กล่าวมาแล้วว่ามีกฎหมายบังคับ ใช้ค่าประมาณ 20 วัตต์ต่อตารางเมตร มักจะเผื่อค่าไว้สำหรับคอมพิวเตอร์ด้วย

2.4 การถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากส่วนหนึ่งของความร้อนสัมผัสที่ห้องได้รับจะถ่ายเทผ่าน โครงสร้างของอาคารให้กับสิ่งแวดล้อม ฉะนั้นความร้อนส่วนนี้จึงไม่ใช่โหลดความเย็นของห้อง เป็นความร้อนอีกส่วนหนึ่ง แยกต่างหากนอกเหนือไปจากการอมความร้อนของอาคารปกติจะคำนวณความร้อนส่วนนี้โดยปรับค่าความร้อนสัมผัสที่ห้องได้รับจากการนำความร้อน รังสีจากดวงอาทิตย์ ไฟแสงสว่าง คน และเครื่องมืออุปกรณ์ สมการสำหรับคำนวณตัวปรับค่าเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมได้แก่

$$F_C = 1 - 0.02K1 \quad (2.17)$$

$$k_1 = (U_wA_w + U_gA_g)/L \quad (2.18)$$

โดยที่ F_C = ตัวคูณเพื่อปรับค่าความร้อนสัมผัสที่ห้องได้รับ

k_1 = ค่าการนำความร้อน (Conductance) ต่อหน่วยความยาว (มีหน่วยเป็นW/m.°C)

L = ความยาวของผนังด้านนอก (มีหน่วยเป็น m)

U_w ,U_g = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังและกระจกตามลำดับ (มีหน่วยเป็น W/ m^2. °C)

A_w , A_g = พื้นที่ผนัง กระจก (มีหน่วยเป็น m)

เพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงนิยมเผื่อไว้ในรูปค่าความปลอดภัย (Safety factor) โดยไม่คิดค่าในส่วนนี้

2.5 ขั้นตอนในการคำนวณภาระการทำความเย็น

1) เลือกภาวะออกแบบภายในและภาวะออกแบบภายนอกจากตารางแนะนำ

2) วัดขนาดพื้นผิวที่ได้รับความร้อนจากภายนอกของแต่ละห้องจากแบบแปลนของอาคาร

3) คำนวณหาพื้นที่ทั้งหมด

4) เลือกสัมประสิทธิ์ถ่ายเทความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด

5) หาเวลาของวันและเดือนที่เกิดโหลดสูงสุดจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม

6) คำนวณความร้อนที่ได้รับจากภายนอก และความร้อนที่ได้รับจากภายในคือคน ไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์ และการระบายอากาศ

7) เพื่อความปลอดภัย (Safety Factor) ในส่วนการคำนวณสุดท้าย

2.6 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร

กรอบอาคารมีลักษณะที่หลากหลายขึ้นกับการออกแบบ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกรอบอาคารยังขึ้นกับปัจจัยอื่นอีกจำนวนมาก (ดังจะได้กล่าวต่อไป) ดังนั้น การที่จะตรวจวัดเพื่อให้ทราบปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารเหมือนระบบอื่นๆ เช่น ระบบไอน้ำ เตาอุตสาหกรรม ฯลฯ จึงเป็นสิ่งที่แทบจะเป็นไปไม่ได้ดังนั้น ปกติเราจึงเลือกใช้วิธีการคำนวณเพื่อประเมินปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคาร รวมถึงวิเคราะห์สมรรถนะของกรอบอาคารทดแทน วิธีการหนึ่งซึ่งเป็นที่ใช้กันมานานอย่างต่อเนื่องและเป็นที่รู้จักกันดีคือการคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของกรอบอาคารสำหรับประเทศไทยได้มีการบังคับให้อาคารควบคุมต้องมีค่า OTTV และ RTTV เป็นไปตามข้อกำหนดทางกฎหมาย

เพื่อให้มั่นใจได้ว่าอาคารควบคุมนั้นๆ เป็นอาคารที่กรอบอาคารมีสมรรถนะดีเพียงพอในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร เกณฑ์ดังกล่าวนี้บังคับใช้ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2538 และในปีพ.ศ. 2544 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานได้ปรับปรุงวิธีการคำนวณค่า

OTTV และ RTTV ให้มีความแม่นยำและมีความเหมาะสมสำหรับประเทศไทยมากยิ่งขึ้น ในที่นี้ซึ่งจะได้กล่าวถึงโดยเบื้องต้น ตารางที่ 2.1 แสดงค่า OTTV และ RTTV ของอาคารประเภทต่างๆ ตามเกณฑ์ที่ได้ปรับปรุงใหม่

ตารางที่ 2.1 ค่า OTTV และค่า RTTV สูงสุดสำหรับอาคารประเภทต่างๆ

ประเภออาคาร/ลักษณะการใช้งานอาคาร	OTTV (Wm^{-2} ของพนังด้านนอกอาคาร)	RTTV (Wm^{-2} ของหลังอาคาร)
สำนักงาน สถานศึกษา	O-OTTV $\leq$ 50	O-RTTV $\leq$ 15
ห้างสรรพสินค้า ร้านค้าย่อย ศูนย์การค้า หรือซุปเปอร์สโตร์	S-OTTV $\leq$ 40	S-RTTV $\leq$ 12
โรงแรม โรงพยาบาล/สถานพักฟื้น	H-OTTV $\leq$ 30	H-RTTV $\leq$ 10

หมายเหตุ O, S และ H ที่นำหน้า OTTV และ RTTV เพื่อแสดงว่าเป็นการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมโดยใช้สูตรการคำนวณใหม่ซึ่งแตกต่างกันไปตามประเภทการใช้งานของอาคาร โดย

O หมายถึง สำนักงาน และสถานศึกษา
S หมายถึง ห้างสรรพสินค้า ร้านค้าย้อยศูนย์การค้า หรือ ซุปเปอร์สโตร์
H หมายถึงโรงแรม โรงพยาบาล หรือสถานพักฟื้น

2.7 การหาค่า CLTD สำหรับหลังคาในกรุงเทพฯ

การถ่ายเทความร้อนผ่านระบบหลังคาโดยวิธีสมดุลความร้อน ระบบหลังคาที่ทำการศึกษามี 2 รูปทรงคือ ทรงหน้าจั่ว และทรงปั้นหยา การศึกษาในแต่ละรูปทรงจะทำการแยกออกอีกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่มีฝ้า และไม่มีฝ้าเพดาน ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่าน ระบบหลังคาที่นำมาพิจารณามีดังนี้ ความหนาของฉนวน กันความร้อน การติดตั้งแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ การระบายอากาศภายในช่องใต้หลังคา มุมเอียงของหลังคา และวัสดุ ที่นำมามุงหลังคา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านระบบหลังคาที่มีฝ้าเพดานเข้ามายัง ห้องที่ปรับอากาศ

จะน้อยกว่ากรณีที่ไม่มีฝ้าเพดานประมาณ 40 % การระบายอากาศจากภายนอกผ่านช่องใต้หลังคา 10 ถึง 30 ACH ส่งผลให้ปริมาณความร้อนลดลงประมาณ 30 ถึง 40% เมื่อเทียบกับกรณีไม่บุฉนวน ความหนาของฉนวนที่เหมาะสมมีค่าอยู่ในช่วง 1 ถึง 3 นิ้ว ความหนาที่ เกินกว่า 3 นิ้ว จะไม่ช่วยลดความร้อนลงอีกมากนัก การติดแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์จะลดปริมาณความร้อนลงประมาณ 30 ถึง 40% และประการสุดท้ายจากการศึกษาพบว่าผลของมุมเอียง และวัสดุที่นำมามุงหลังคาไม่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบหลังคามากนัก

รายละเอียดระบบหลังคา

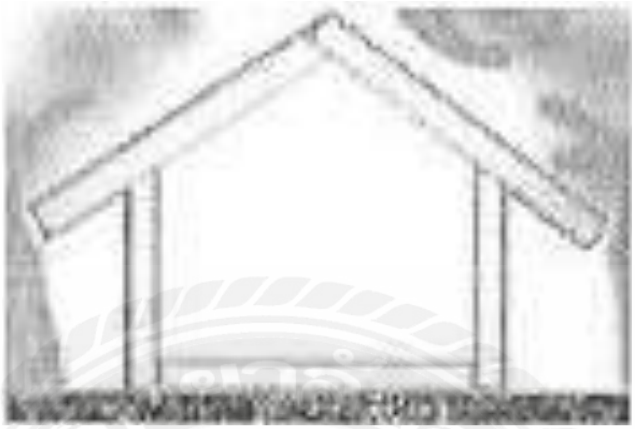
ระบบหลังคาที่จะกล่าวถึงในบทความฉบับนี้จะมีอยู่ 2 รูปทรง คือ รูปทรงหน้าจั่ว และรูปทรงปั้นหยา ดังแสดง ในรูปที่ 1 โดยที่แต่ละรูปทรงจะกล่าวถึงทั้งแบบที่มีฝ้าเพดาน และแบบที่ไม่มีฝ้าเพดาน แบบของหลังคาที่ไม่มีฝ้าเพดานนั้นเรานิยม เรียกกันว่า หลังคาแบบคะธีดอ

ก. หลังคารูปทรงหน้าจั่ว

ข. หลังคารูปทรงปั้นหยา

รูปที่ 2.2 แสดงรูปทรงหลังคา

จากรูปที่ 2.2 ก. และ ข. แสดงภาพตัดขวางของหลังคารูปทรง หน้าจั่วแบบคะดอและแบบมีฝ้าเพดานตามลำดับ



ก. หลังคาแบบคะดอ

ข. หลังคาแบบมีช่องใต้หลังคา

รูปที่ 2.3 แสดงรูปตัดขวางของหลังคา

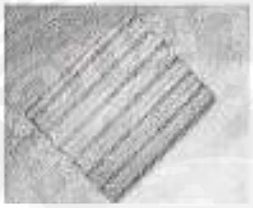
วัสดุมุงหลังคาที่เลือกนำมาพิจารณามี 3 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2.4 คือ

ก. กระเบื้องคอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ ก.

ข. กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน ดังแสดงในรูปที่ ข.

ค. กระเบื้องเซรามิค ดังแสดงในรูปที่ ค.

ก. กระเบื้องคอนกรีต



ข. กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน

ค. กระเบื้องเซรามิค

รูปที่ 2.4 แสดงวัสดุมุงหลังคาชนิดต่าง ๆ

ส่วนฉนวนที่เลือกนำมาพิจารณามี 3 ประเภท ดังแสดงในรูปที่ 2.5 คือ

ก. ฉนวนใยแก้ว ดังแสดงในรูปที่ ก.

ข. ฉนวนใยหิน ดังแสดงในรูปที่ ข.

ค. แผ่นสะท้อนความร้อน (อลูมิเนียมฟอยล์) ดังแสดงในรูป ค.

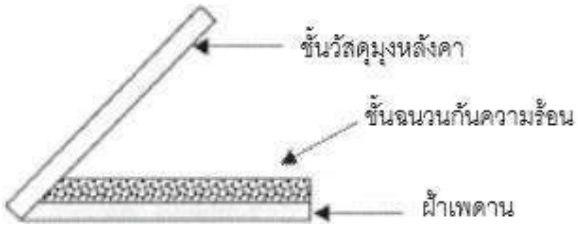
ก. ฉนวนใยแก้ว

ข. ฉนวนใยหิน

ค. แผ่นสะท้อนความร้อน (อลูมิเนียมฟอยล์)

รูปที่ 2.5 แสดงฉนวนประเภทต่าง ๆ

ลักษณะการประยุกต์วัสดุมุงหลังคาแบบต่าง ๆ เข้ากับระบบหลังคาทั้งสองแบบ เพื่อแสดงให้เห็นถึงภาพรวมขององค์ประกอบโดยทั่ว ๆ ไปของระบบหลังคา แสดงอยู่ในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.6 ภาพรวมขององค์ประกอบโดยทั่ว ๆ ไปของระบบหลังคา

ค่า CLTD นั้นสามารถหาได้โดยทางอ้อมจาก สมการการนำความร้อนผ่านระบบหลังคา คือ

$$Q = U.A.CLTD$$

หรือ $CLTD = Q/UA$

โดยที่

Q คือ ความร้อนที่ไหลผ่านระบบหลังคา

U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

A คือ พื้นที่หลังคา

CLTD คือ ค่า Cooling Load Temperature Different

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่า U ของระบบหลังคาแบบต่างๆ

Roof No.	**แบบของระบบหลังคา**	**ความหนาฉนวน (นิ้ว)**	**ค่า U (W/$m^2.K$)**
1	หลังคาหน้าจั่วแบบคะธีดอ	ไม่ติดฉนวน	1.655
2		1	0.831
3		2	0.565
4	หลังคาปั้นหยาแบบคะธีดอ	ไม่ติดฉนวน	1.820
5		1	0.876
6		2	0.587
7	หลังคาหน้าจั่วแบบมีช่องใต้หลังคา	ไม่ติดฉนวน	1.206
8		1	0.693
9		2	0.492
10	หลังคาปั้นหยาแบบมีช่องใต้หลังคา	ไม่ติดฉนวน	1.236
11		1	0.703
12		2	0.497

หมายเหตุ : ชนิดของวัสดุมุงหลังคาไม่มีผลต่อค่า U มากนัก

ผลจากการศึกษา โดยการใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมที่ประดิษฐ์ขึ้น หาค่าการถ่ายเทความร้อน Q เป็นรายชั่วโมง ตลอดปีออกมาจะทำให้สามารถหาค่า CLTD ที่คำนวณได้สำหรับระบบหลังคาที่กล่าวถึงแสดงอยู่ในตาราง

ค่า CLTD ที่คำนวณได้สำหรับระบบหลังคาในกรุงเทพมหานคร (องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงค่า Cooling Load Temperature Difference

Roof No	U ($W/m^2.K$)	Solar Time (hr)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1.655	1	-1	-1	-1	-2	-2	3	11	20	29	36	42	45	43	39	33	26	17	10	7	5	4	3	2
2	0.831	6	5	5	4	3	3	4	8	13	20	26	31	34	36	35	33	30	24	18	14	11	9	8	7
3	0.565	10	9	8	8	7	7	8	13	19	26	32	36	38	39	39	38	36	31	26	21	17	15	13	11
4	1.820	3	2	2	1	1	0	5	13	22	30	37	41	44	45	40	33	25	17	10	7	5	5	4	4
5	0.876	5	4	4	3	2	2	2	6	11	18	25	30	32	33	33	31	28	23	17	13	10	8	7	6
6	0.587	9	8	7	7	7	6	8	12	18	24	29	34	36	37	37	36	33	29	24	20	16	14	12	10
7	1.206	1	0	-1	-1	-1	-2	2	9	19	29	37	43	48	49	45	38	30	19	11	6	4	3	2	2
8	0.693	1	1	0	0	0	0	2	7	14	23	31	38	41	42	40	35	28	20	13	8	4	3	2	1
9	0.492	2	2	1	1	0	0	2	6	13	20	27	33	37	39	39	37	32	26	19	13	9	6	4	3
10	1.236	0	0	0	0	-1	-1	0	7	18	29	38	44	47	47	43	36	26	15	8	4	2	1	1	0
11	0.703	1	0	0	0	0	0	1	7	16	26	34	40	44	44	42	37	30	20	13	7	4	3	2	1
12	0.497	2	2	1	1	1	1	2	7	14	21	29	35	38	39	38	35	29	22	15	9	6	4	3	3

• ค่าในตารางได้จากการใช้ข้อมูลอากาศปี ค.ศ. 1991 สำหรับกรุงเทพมหานคร ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปี 1.7 m/s

การลดความร้อนผ่านระบบหลังคาจากการศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบหลังคาพบว่า

• หลังคาแบบที่มีฝ้าเพดานจะช่วยลดความร้อนลงได้ประมาณ 40% เมื่อเทียบกับหลังคาแบบไม่มีฝ้าเพดาน

• การระบายอากาศภายในช่องใต้หลังคา 10 ถึง 30 ACH จะช่วยลดความร้อนลงไปได้อีก 15 ถึง 20%

• การบุฉนวนจะช่วยลดความร้อนลงไปได้อีก 30 ถึง 40% และโดยทั่วไปควรบุฉนวนกันความร้อนหนาประมาณ 2-3 นิ้วก็เพียงพอ จากการศึกษาพบว่าการบุฉนวนหนาเกินกว่า 3 นิ้ว ไม่ได้ช่วยลดความร้อนที่ถ่ายเทลงไปอีกมากนัก ฉนวนใยแก้ว 24K หนา 2-3 นิ้ว หุ้มด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์มีความเหมาะสมกับการใช้งานเป็นอย่างมาก

• การติดแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ จะลดปริมาณความร้อนถ่ายเทลงไป 20 ถึง 40% สำหรับหลังคาที่ไม่ติดฉนวนกันความร้อน

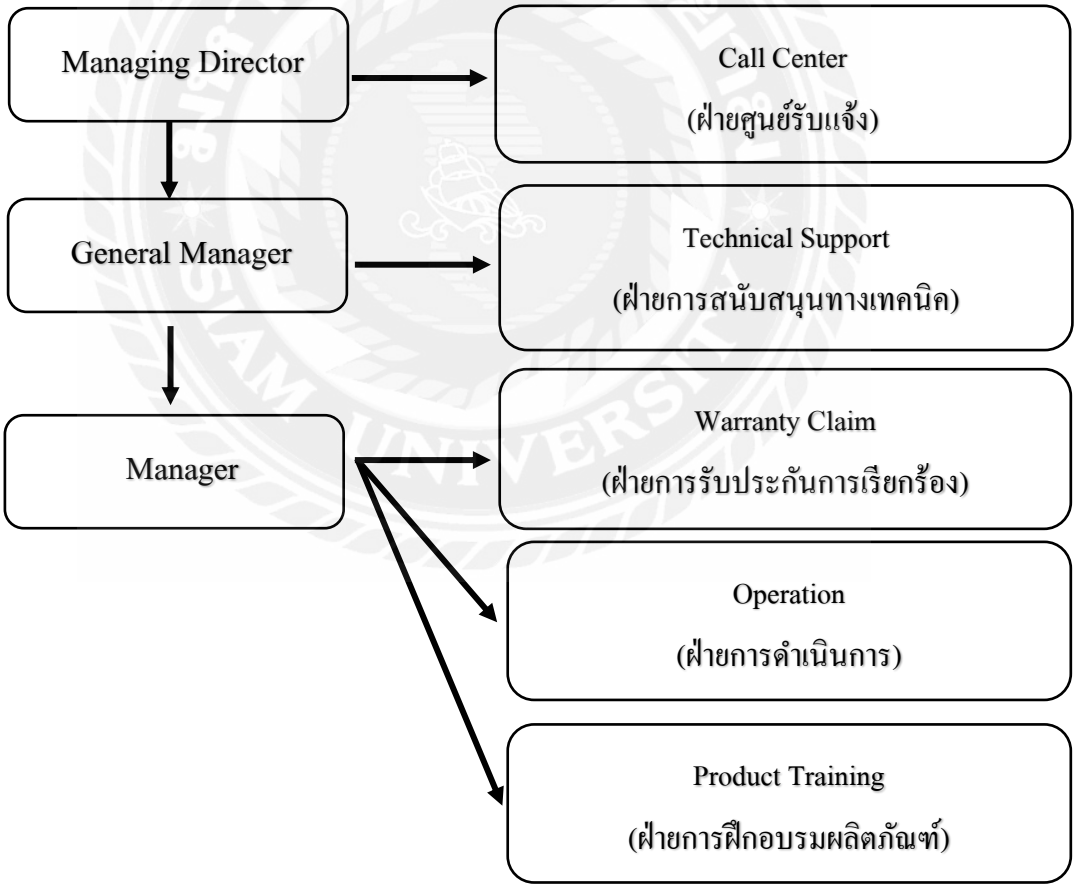
บทที่ 3
รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

บริษัท บี.กริม แคเรียร์ (ประเทศไทย) จำกัด เลขที่ 7/16 ถนนไอ ซี ดี แขวงคลองสามประเวศ เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520

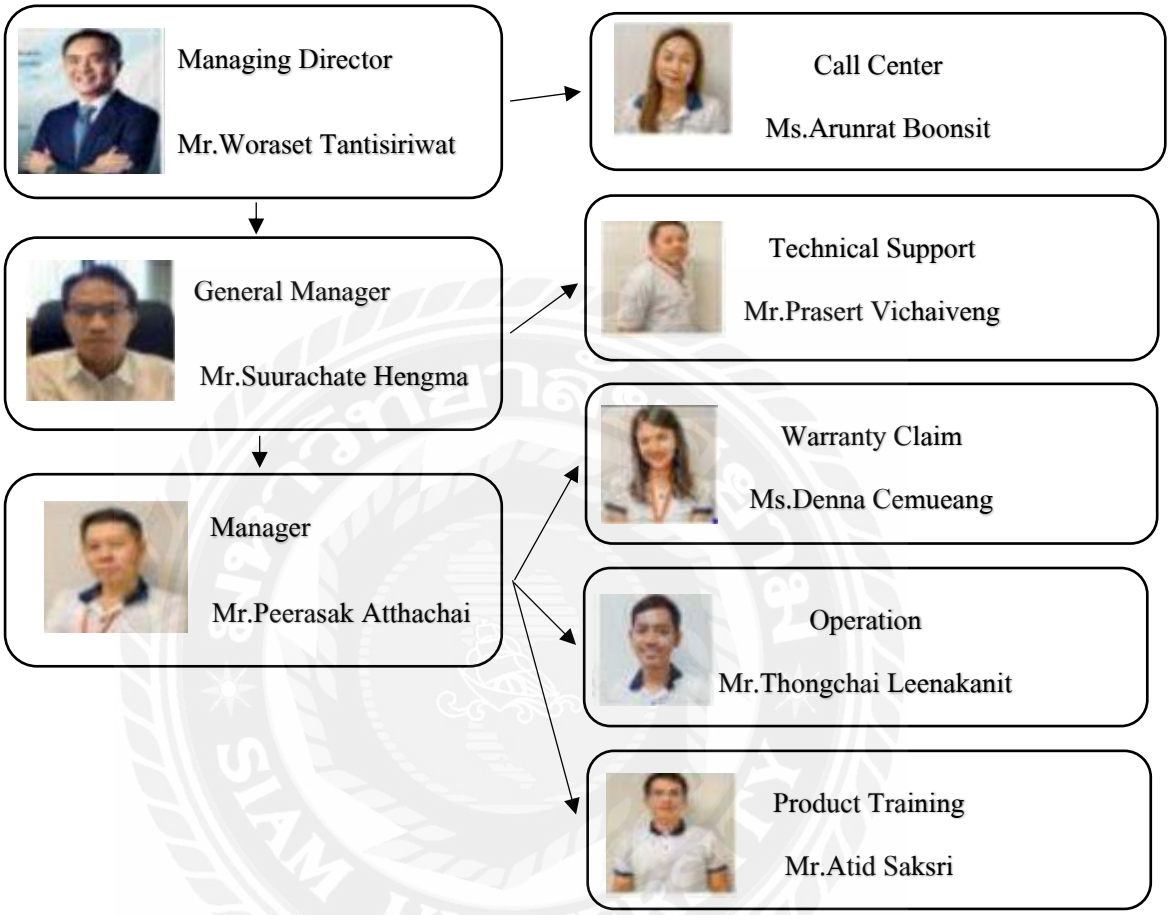
3.2 ลักษณะการประกอบการผลิตภัณฑ์การให้บริการหลักขององค์กร

รับผิดชอบในการปฏิบัติการควบคุมต่างๆ ดูแลการทำงาน วางแผนและการบริหารจัดการ และ ให้คำปรึกษาแนะนำทางด้านวิศวกรรมดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังด้านวิศวกรรมในบริษัท

3.3 รูปแบบการจัดการองค์การและการบริหารงาน



รูปที่ 3.2 แผนผังด้านการบริหารงานในบริษัท

3.4 บทบาทและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

ผู้ปฏิบัติงาน นาย เพราพงศ์พันธุ์ พูลมา

1. ศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
2. ศึกษากระบวนการทำความเย็นในพื้นที่ที่ต้องการติดตั้ง
3. ทำการทดสอบประสิทธิภาพของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ
4. ประเมินประสิทธิภาพหลังการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

3.5 ชื่อและตำแหน่งพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อ-นามสกุล Mr.Thongchai Leenakanit

ตำแหน่ง Operation

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

ระยะเวลาที่ได้ปฏิบัติงานที่บริษัท บี.กริม แคเรียร์ (ประเทศไทย) เริ่มเข้ามาฝึกปฏิบัติสหกิจศึกษาตั้งแต่วันที่ 14 เดือนกันยายน พ.ศ.2564 ถึงวันที่ 31 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 เป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยระยะเวลาในการทำงานใน 1 วันจะทำงานทั้งหมด 9 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งทำงานตามตารางที่บริษัทจัดให้เป็นการทำงานตั้งแต่ เวลา 08.00 น. – 17.00 น. ซึ่งมีเวลาพัก 1 ชั่ว โมงคือช่วง 12.00 -13.00 น. วันหยุด หยุดทุกวันอาทิตย์

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	กันยายน 2564	ตุลาคม 2564	พฤศจิกายน 2564	ธันวาคม 2564
1. รวบรวมข้อมูล	← →			
2. วิเคราะห์ข้อมูล	←	→		
3. ศึกษาข้อมูล		←	→	
4. สำรวจและติดตั้งเครื่องปรับอากาศ		←	→	
5. ประเมินผลการติดตั้ง			←	→
6. จัดทำเอกสารโครงงาน			←	→

3.8 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.8.1 ระดับน้ำ เป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้เลย ในการตั้งระดับของตัวแอร์ทั้งแฟนคอยล์ยูนิต และคอนเดนซิ่งยูนิต และรางครอบท่อต่างๆ ถ้าไม่ใช่ระดับน้ำช่วยวัดความเที่ยงตรงในการติดตั้งแล้วนั้นหากตัวเครื่องแอร์ เกิดเอียงหรือไม่ได้ระดับขึ้นมา พอเวลาผ่านไปสักพัก จะทำให้เกิดปัญหากับเครื่องปรับอากาศได้อย่างมากมาย เช่นถ้าแฟนคอยล์เอียงก็จะทำให้มอเตอร์เอียงด้วย ซึ่งมอเตอร์เอียงจะทำให้เกิดการกินบูสต์มอเตอร์ ทำให้เกิดเสียงดังได้ในอนาคต

3.9 วิธีการหาดูลลิ่งโหลดและอุปกรณ์ที่ใช้หาดูลลิ่งโหลด

3.9.1 การหาพื้นที่ขนาดและอุณหภูมิโดยใช้เครื่องมือ

โดยใช้เครื่องมือทั้งหมด 3 ชนิด

1.ระดับน้ำ

2.ตลับเมตร

3.ตัววัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด

ยกตัวอย่างการหาพื้นที่ห้องนอนโดยใช้ตลับเมตรวัดขนาดหาความกว้าง ความยาว และความสูง เพื่อที่จะนำค่าไปใช้ในการคำนวณและใช้เครื่องมือวัดแบบอินฟาเรดโดยนำเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรดยิงไปที่ผนังห้องต่างๆเพื่อหาอุณหภูมิเฉลี่ยเพื่อที่จะรู้ค่าเฟคเตอร์ที่จะต้องนำมาคำนวณและเลือกใช้ระดับน้ำในการวัดค่าความเอียงของเครื่องปรับอากาศ
เมื่อทราบค่าจากการวัดด้วยอุปกรณ์ดังกล่าวเราก็จะสามารถคำนวณได้ๆ

รูปที่ 3.3 ระดับน้ำ

3.9.2 ตลับเมตร ซึ่งสำคัญที่สุดในการวัดระยะที่เหมาะสมของการติดตั้ง ในทุกชิ้นส่วนของการติดตั้ง ตั้งแต่แฟนคอยล์ รางครอบท่อ เบรกเกอร์ ระยะขาวางคอนเดนซิ่ง เครื่องมือตัวนี้ไม่มีละก็ติดแอร์ได้สวยยากทีเดียว ในส่วนตลับเมตรก็มีให้เลือกมากมายหลายแบบแตกต่างกันไป ทั้งแบบสายดึงวัดธรรมดา แบบดิจิตอลอินฟาเรด

รูปที่ 3.4 ตลับเมตร

3.9.3 ตัววัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด หรือแบบเซ็นเซอร์ ใช้วัดเวลาเครื่องติดตั้งแล้วมีปัญหาหรือไม่มีปัญหาก็ตาม เช่นวัดส่งงานให้ลูกค้า วัดหน้าคอยล์เย็นได้สเปคมั้ย วัดดูว่าเครื่องมีปัญหามั้ยเติมน้ำยาพอรึป่าว

แบบอินฟาเรดก็เป็นที่นิยมมากเพราะใช้งานง่าย แต่ความแม่นยำอาจไม่เท่ากับแบบเซ็นเซอร์ ที่ไปจ่อหน้าคอยล์ส่งลม จะมีค่าความแม่นยำที่เที่ยงตรงกว่า

รูปที่ 3.5 ตัววัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด

3.10 ขั้นต้นในการหาโหลดความเย็นของห้อง

3.10.1 ความร้อนที่ห้องได้รับ (NORTH;EAST;SOUTH;WEST)

3.10.2 ความร้อนถ่าย เทผ่านผนังด้านนอก (NORTH;EAST;SOUTH;WEST)

3.10.3 ความร้อนถ่าย เทผ่านผนังด้านใน

**เนื่องจากภายในห้องลูกค้าไม่มีแหล่งความร้อนอยู่ภายใน

3.10.4 ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอก

(NORTH;EAST;SOUTH;WEST)

3.10.5 ภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ด้านนอก

3.10.6 ความร้อนจากไฟแสงสว่าง

3.10.7 ความร้อนจากคน

3.10.8 ความร้อนจากเครื่องมือเครื่องใช้

**เนื่องจากขอบเขตที่เราสนใจคือเฉพาะห้องของลูกค้า

3.10.9 ความร้อนจากอากาศรั่วเข้าห้องและจากอากาศระบาย

3.10.10 ความร้อนจากหลังคา

3.10.11 การถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งล้อมรอบ

** เนื่องจากส่วนหนึ่งของความร้อนสัมผัสที่ห้องได้รับถ่ายเทผ่านโครงสร้างของอาคารออกไปยังสิ่งล้อมรอบฉะนั้นความร้อนส่วนนี้จึงไม่ใช่โหลดของห้อง

3.10.12 โหลดความเย็นของห้อง

**เนื่องจากโหลดความเย็นของห้องคือผลบวกของความร้อนสุทธิที่ห้องได้รับหลังจากปรับค่าแล้ว

3.10.13 โหลดความเย็นสูดสุง

**เนื่องจากความร้อนที่ห้องได้รับจากแหล่งภายนอกนั้นมีค่าไม่คงที่แต่จะปรับแปรผันตามเวลาของวันและตามวันของปี ทั้งนี้เนื่องจากรังสีจากดวงอาทิตย์แปรผันตามการหมุนของโลกรอบตัวเองและรอบดวงอาทิตย์ฉะนั้นความร้อนรวมที่ห้องได้รับจึงมีค่าแปรผันและจะมีค่าสูงสุดค่าหนึ่งบางครั้งการพิจารณาค่าจากตารางอาจทราบเวลาที่เกิดโหลดสูงสุดได้ทันทีแต่ส่วนใหญ่จำเป็นต้องคำนวณโหลดที่เวลาที่สงสัยสองสามค่าจึงจะทราบเวลาที่โหลดสูงสุดแน่นอน

3.10.14 โหลดสูงสุดของอาคาร

**เนื่องจากขอบเขตที่เราสนใจคือเฉพาะห้องของลูกค้า

3.10.15 โหลดความเย็นหรือโหลดทำความเย็น

**เนื่องจากขอบเขตที่เราสนใจคือเฉพาะห้องของลูกค้า

3.10.16 อากาศระบาย

**เนื่องจากความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่อากาศระบายนำเข้ามามักสูงกว่าอากาศในห้องและจะถูกดึงออกที่อุปกรณ์ทำความเย็นดังนั้นจึงเป็นส่วนหนึ่งของโหลดทำความเย็นไม่ใช้ส่วนหนึ่งของโหลดห้อง

3.10.17 ความร้อนที่ท่อลมได้รับ

**เนื่องจากภายในห้องของลูกค้าไม่มีท่อลม

3.10.18 ความร้อนจากพัดลมและปั๊ม

**เนื่องจากพัดลมและปั๊มของระบบปรับอากาศเป็นระบบขนาดเล็กความร้อนจึงมีค่าน้อยและมักไม่นำมาคิด

3.10.19 ความร้อนจากการรั่วของท่อลม

**เนื่องจากภายในห้องของลูกค้าไม่มีท่อลม

3.10.20 อุณหภูมิสวิง

**เนื่องอุณหภูมิภายในห้องของลูกค้าไม่พบอุณหภูมิสวิง

3.10.21 ภาวะอากาศส่งเข้าห้อง

**เนื่องจากห้องของลูกค้าไม่ต้องส่งอากาศเข้าห้อง

3.10.22 สรุปวิธีการคำนวณโหลดความเย็นเชิงพาณิชย์

**เนื่องจากขอบเขตที่เราสนใจคือเฉพาะห้องของลูกค้าไม่ใช่อาคารพาณิชย์และอุสาหกกรม

3.10.23 โหลดความเย็นสำหรับบ้านอยู่อาศัย

**เนื่องจากปกติในการคำนวณโหลดความเย็นสำหรับบ้านอยู่อาศัยจะคำนวณเฉพาะความร้อนสัมผัสที่ได้รับเท่านั้นโดยไม่คิดความร้อนจากไฟแสงสว่างแล้งเผื่อความร้อนแฝงที่ได้รับเข้าไปสำหรับโหลดจาดคนและโหลดจากอากาศรั่วเข้าห้องใช้วิธีประมาณเอาไม่จำเป็นต้องหาเวลาที่เกิดโหลดสูงสุดและต้องคำนึงอิธิพลเนื่องจากความร้อน

3.10.24 ความร้อนที่ได้รับผ่านโครงสร้าง

**เนื่องจากขอบเขตที่เราสนใจคือเฉพาะห้องของลูกค้า

3.10.25 ความร้อนที่ได้รับผ่านหน้าต่าง

**สามารถอ้างอิงได้จากการคำนวณ 3.10.4 รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก

3.10.26 ความร้อนที่ได้รับจากคนและเครื่องมือเครื่องใช้

**สามารถอ้างอิงได้จากการคำนวณ 3.10.6 ความร้อนจากคน

3.10.27 อากาศรั่วเข้าห้องและอากาศระบาย

**สามารถอ้างอิงได้จากการคำนวณ 3.10.8 ความร้อนจากอากาศรั่วเข้าห้องและจากอากาศระบาย

3.10.28 ความร้อนที่ท่อลมได้รับและที่รั่วจากท่อลม

**เนื่องจากภายในห้องของลูกค้าไม่มีท่อลม

3.10.29 โหลดความร้อนแฝงและโหลดรวม

**เนื่องจากในการคำนวณโหลดความเย็นสำหรับบ้านอยู่อาศัยจะไม่คำนวณโหลดความร้อนแฝงที่ได้รับแยกต่างหาก

3.10.30 สรุปวิธีคำนวณโหลดความเย็นรวมสำหรับบ้านอยู่อาศัย

**เนื่องจากขอบเขตที่เราสนใจคือเฉพาะห้องของลูกค้า

3.10.31 การประหยัดพลังงาน

**เนื่องจากขอบเขตที่เราสนใจคือเฉพาะห้องของลูกค้า

บทที่ 4
ผลการคำนวณภาระการทำความเย็น

จากการคำนวณภาระการทำความเย็นทั้งหมดได้ผลการคำนวณดังจะนำเสนอต่อไปนี้ ในส่วนของรายละเอียดวิธีการคำนวณดังแสดงตัวอย่างไว้ในภาคผนวก ก

4.1 ภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอก

ได้ผลการคำนวณภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอกทั้ง 4 ทิศ ซึ่งแบ่งออกได้เป็นภาระการนำความร้อนผ่านกระจกใสและผนังก่ออิฐ 100 mm และภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ดังนี้ ตามเวลาที่ 9.00 น. , 12.00 น. และที่ 15.00 น. ของแต่ละเดือน

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอกทางทิศเหนือ (N ; North)

เดือน	ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.	ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.	ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.
มกราคม	18.10	44.68	84.55
กุมภาพันธ์	24.74	51.32	91.20
มีนาคม	24.74	51.32	91.20
เมษายน	44.68	71.26	111.13
พฤษภาคม	80.57	107.15	147.02
มิถุนายน	95.19	121.77	161.64
กรกฎาคม	80.57	107.15	147.02
สิงหาคม	44.68	71.26	111.13
กันยายน	24.74	51.32	91.20
ตุลาคม	24.74	51.32	91.20
พฤศจิกายน	18.10	44.68	84.55
ธันวาคม	16.77	43.35	83.22

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอกทางทิศตะวันออก (E ; East)

เดือน	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	0	0	0
กุมภาพันธ์	0	0	0
มีนาคม	0	0	0
เมษายน	0	0	0
พฤษภาคม	0	0	0
มิถุนายน	0	0	0
กรกฎาคม	0	0	0
สิงหาคม	0	0	0
กันยายน	0	0	0
ตุลาคม	0	0	0
พฤศจิกายน	0	0	0
ธันวาคม	0	0	0

หมายเหตุ ค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอกทางทิศตะวันออกเป็น 0 เนื่องจากผนังด้านดังกล่าวอยู่ภายในตัวบ้าน ไม่สัมผัสกับแสงอาทิตย์

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอกทางทิศใต้ (S ; South)

เดือน	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	0	0	0
กุมภาพันธ์	0	0	0
มีนาคม	0	0	0
เมษายน	0	0	0
พฤษภาคม	0	0	0
มิถุนายน	0	0	0
กรกฎาคม	0	0	0
สิงหาคม	0	0	0
กันยายน	0	0	0
ตุลาคม	0	0	0
พฤศจิกายน	0	0	0
ธันวาคม	0	0	0

หมายเหตุ ค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอกทางทิศใต้เป็น 0 เนื่องจากผนังด้านดังกล่าวอยู่ภายในตัวบ้าน ไม่สัมผัสกับแสงอาทิตย์

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอกทางทิศตะวันตก (W ; West)

เดือน	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	20.75	47.34	127.08
กุมภาพันธ์	32.72	59.30	139.05
มีนาคม	39.36	65.94	145.69
เมษายน	39.36	65.94	145.69
พฤษภาคม	36.70	63.29	143.03
มิถุนายน	36.70	63.29	143.03
กรกฎาคม	36.70	63.29	143.03
สิงหาคม	39.36	65.94	145.69
กันยายน	39.36	65.94	145.69
ตุลาคม	32.72	59.30	139.05
พฤศจิกายน	20.75	47.34	127.08
ธันวาคม	18.10	44.68	124.43

ตารางที่ 4.5 แสดงผลรวมค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอกทั้ง 4 ทิศ

(East , West , North , South)

เดือน	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	38.85	92.02	211.64
กุมภาพันธ์	57.46	110.62	230.24
มีนาคม	64.10	117.26	236.89
เมษายน	84.04	137.20	256.83
พฤษภาคม	117.27	170.43	290.05
มิถุนายน	131.89	185.05	304.67
กรกฎาคม	117.27	170.43	290.05
สิงหาคม	84.04	137.20	256.83
กันยายน	64.10	117.26	236.89
ตุลาคม	57.46	110.62	230.24
พฤศจิกายน	38.85	92.02	211.63
ธันวาคม	34.86	88.03	207.65

จากจุดนี้จะได้ผลรวมค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอกรวมทั้ง 4 ทิศ ตามเวลาต่างๆ ในแต่ละเดือนออกมา ต่อไปจะเป็นค่าการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอกทั้ง 4 ทิศ

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอกทางทิศเหนือ (N ; North)

เดือน	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	13.13	53.52	83.81
กุมภาพันธ์	13.13	53.52	83.81
มีนาคม	13.13	53.52	83.81
เมษายน	13.13	53.52	83.81
พฤษภาคม	13.13	53.52	83.81
มิถุนายน	13.13	53.52	83.81
กรกฎาคม	13.13	53.52	83.81
สิงหาคม	13.13	53.52	83.81
กันยายน	13.13	53.52	83.81
ตุลาคม	13.13	53.52	83.81
พฤศจิกายน	13.13	53.52	83.81
ธันวาคม	13.13	53.52	83.81

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอกทางทิศตะวันออก (E ; East)

เดือน	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	0	0	0
กุมภาพันธ์	0	0	0
มีนาคม	0	0	0
เมษายน	0	0	0
พฤษภาคม	0	0	0
มิถุนายน	0	0	0
กรกฎาคม	0	0	0
สิงหาคม	0	0	0
กันยายน	0	0	0
ตุลาคม	0	0	0
พฤศจิกายน	0	0	0
ธันวาคม	0	0	0

หมายเหตุ ค่าภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอกทางทิศตะวันออกเป็น 0 เนื่องจากทิศตะวันออกไม่มีกระจก

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอกทางทิศใต้ (S ; South)

เดือน	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	0	0	0
กุมภาพันธ์	0	0	0
มีนาคม	0	0	0
เมษายน	0	0	0
พฤษภาคม	0	0	0
มิถุนายน	0	0	0
กรกฎาคม	0	0	0
สิงหาคม	0	0	0
กันยายน	0	0	0
ตุลาคม	0	0	0
พฤศจิกายน	0	0	0
ธันวาคม	0	0	0

หมายเหตุ ค่าภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอกทางทิศใต้เป็น 0 เนื่องจากทิศใต้ไม่มีกระจก

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอกทางทิศตะวันตก (W ; West)

เดือน	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	13.13	53.52	83.81
กุมภาพันธ์	13.13	53.52	83.81
มีนาคม	13.13	53.52	83.81
เมษายน	13.13	53.52	83.81
พฤษภาคม	13.13	53.52	83.81
มิถุนายน	13.13	53.52	83.81
กรกฎาคม	13.13	53.52	83.81
สิงหาคม	13.13	53.52	83.81
กันยายน	13.13	53.52	83.81
ตุลาคม	13.13	53.52	83.81
พฤศจิกายน	13.13	53.52	83.81
ธันวาคม	13.13	53.52	83.81

ตารางที่ 4.10 แสดงผลรวมค่าภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอก ทั้ง 4 ทิศ **(East , West , North , South)**

เดือน	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	26.25	107.04	167.62
กุมภาพันธ์	26.25	107.04	167.62
มีนาคม	26.25	107.04	167.62
เมษายน	26.25	107.04	167.62
พฤษภาคม	26.25	107.04	167.62
มิถุนายน	26.25	107.04	167.62
กรกฎาคม	26.25	107.04	167.62
สิงหาคม	26.25	107.04	167.62
กันยายน	26.25	107.04	167.62
ตุลาคม	26.25	107.04	167.62
พฤศจิกายน	26.25	107.04	167.62
ธันวาคม	26.25	107.04	167.62

จากจุดนี้ จะได้ผลรวมค่าภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจกด้านนอกทั้ง 4 ทิศ ต่อไปจะเป็นผลการคำนวณของภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านกระจกด้านนอกทั้ง 4 ทิศ

ตารางที่ 4.11 แสดงภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ด้านนอกทางทิศเหนือ (N ; North)

เดือน	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	81.57	99.45	91.63
กุมภาพันธ์	89.14	108.68	100.13
มีนาคม	94.19	114.83	105.80
เมษายน	105.12	128.16	118.08
พฤษภาคม	148.85	181.47	167.20
มิถุนายน	187.53	228.64	210.65
กรกฎาคม	157.26	191.73	176.65
สิงหาคม	110.17	134.31	123.75
กันยายน	97.55	118.93	109.58
ตุลาคม	89.14	108.68	100.13
พฤศจิกายน	82.41	100.48	92.57
ธันวาคม	78.21	95.35	87.85

ตารางที่ 4.12 แสดงภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ด้านนอกทาง ทิศตะวันออก (E ; East)

เดือน	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	0	0	0
กุมภาพันธ์	0	0	0
มีนาคม	0	0	0
เมษายน	0	0	0
พฤษภาคม	0	0	0
มิถุนายน	0	0	0
กรกฎาคม	0	0	0
สิงหาคม	0	0	0
กันยายน	0	0	0
ตุลาคม	0	0	0
พฤศจิกายน	0	0	0
ธันวาคม	0	0	0

หมายเหตุ ค่าภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ด้านนอกทาง ทิศตะวันออก เป็น 0 เนื่องจากทิศดังกล่าวอยู่ภายในตัวบ้าน ไม่สัมผัสกับรังสีของดวงอาทิตย์

ตารางที่ 4.13 แสดงภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ด้านนอกทางทิศใต้ (S ; South)

เดือน	ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.	ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.	ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.
มกราคม	0	0	0
กุมภาพันธ์	0	0	0
มีนาคม	0	0	0
เมษายน	0	0	0
พฤษภาคม	0	0	0
มิถุนายน	0	0	0
กรกฎาคม	0	0	0
สิงหาคม	0	0	0
กันยายน	0	0	0
ตุลาคม	0	0	0
พฤศจิกายน	0	0	0
ธันวาคม	0	0	0

หมายเหตุ ค่าภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ด้านนอกทางทิศใต้ เป็น 0 เนื่องจากทิศดังกล่าวอยู่ภายในตัวบ้าน ไม่สัมผัสกับรังสีของดวงอาทิตย์

ตารางที่ 4.14 แสดงภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของตวงอาทิตย์ด้านนอกทางทิศตะวันตก (W ; West)

เดือน	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	100.94	132.00	559.04
กุมภาพันธ์	110.07	143.94	609.64
มีนาคม	112.47	147.08	622.91
เมษายน	107.23	140.22	593.88
พฤษภาคม	100.94	132.00	559.04
มิถุนายน	97.19	127.10	538.31
กรกฎาคม	98.54	128.86	545.77
สิงหาคม	103.33	135.13	572.31
กันยายน	107.68	140.81	596.37
ตุลาคม	106.33	139.05	588.90
พฤศจิกายน	99.29	129.84	549.92
ธันวาคม	95.70	125.14	530.01

ตารางที่ 4.15 แสดงผลรวมค่าภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีของตวงอาทิตย์ด้านนอกทั้ง 4 ทิศ **(East , West , North , South)**

เดือน	**ภาระการทำความเย็นวัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็นวัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็นวัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	182.51	231.45	650.67
กุมภาพันธ์	199.22	252.62	709.77
มีนาคม	206.66	261.91	728.71
เมษายน	212.35	268.38	711.96
พฤษภาคม	249.79	313.47	726.24
มิถุนายน	284.73	355.74	748.96
กรกฎาคม	255.80	320.59	722.42
สิงหาคม	213.50	269.44	696.06
กันยายน	205.23	259.74	705.95
ตุลาคม	195.47	247.73	689.03
พฤศจิกายน	181.70	230.32	642.49
ธันวาคม	173.91	220.49	617.86

จากตารางที่ 4.15 ได้ผลรวมค่าภาระการทำความเย็นจากจากการแผ่รังสีของตวงอาทิตย์ด้านนอกทั้ง 4 ทิศ

ตารางที่ 4.16 แสดงผลรวมค่าภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอก , ผ่านกระจกด้านนอก และการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ด้านนอกทั้ง 4 ทิศ **(East , West , North , South)**

เดือน	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 9.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 12.00 น.**	**ภาระการทำความเย็น วัตต์ (W) เวลา 15.00 น.**
มกราคม	247.62	430.50	1029.93
กุมภาพันธ์	282.93	470.28	1107.63
มีนาคม	297.01	486.21	1133.22
เมษายน	322.64	512.62	1136.41
พฤษภาคม	393.31	590.94	1183.92
มิถุนายน	442.87	647.83	1221.25
กรกฎาคม	399.32	598.06	1180.09
สิงหาคม	323.79	513.68	1120.51
กันยายน	295.58	484.04	1110.46
ตุลาคม	279.18	465.39	1086.90
พฤศจิกายน	246.81	429.37	1021.75
ธันวาคม	235.02	415.56	993.13

รูปที่ 4.1 แสดงเวลาที่เกิดโหลดด้านนอกสูงสุด

รูปที่ 4.2 แสดงเวลาเกิดโหลดสูงสุดในเดือนมิถุนายน

4.2 ค่าภาระการทำความเย็นจากความร้อนที่เกิดจากไฟฟ้าแสงสว่าง

จากหลักการที่ว่าค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของค่าความร้อนจากไฟฟ้านั้นจะยึดตามความนิยมที่ใช้กันคือยึดเผื่อค่าไว้ตามกฎกระทรวงพลังงานคือถ้าเป็นสถานที่ทำงานหรือสำนักงานโดยทั่วๆไป จะอนุญาตให้ติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างไม่กิน 16 w ต่อตารางเมตรแล้ว คูณด้วยค่าแฟกซ์เตอร์ของบัลลาสต์ 1.25 จะได้ ค่าภาระความร้อนอยู่ที่ 20w/m^2 เนื่องจากบริเวณพื้นที่ภายใน ห้องนอนที่ต้องการปรับอากาศ มีพื้นที่ทั้งหมด 9.00 m^2 จะได้ค่าภาระ การทำความเย็นเท่ากับ 180 วัตต์

4.3 ค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากความร้อนของคน

จากตารางที่ ข.8 จะได้อัตราความร้อนจากคนขณะที่นั่งๆ อื่นๆ ทำงานในสำนักงาน ที่ 130 W ต่อคนโดยที่ถ้าเป็นห้องนอนดังกล่าว จะมีผู้อาศัย 1 คน จะได้ค่า ภาระการทำความเย็นอยู่ที่ 130 วัตต์

4.4 ความร้อนจากการรั่วผ่านช่องเปิดต่างๆหรือจากการระบายอากาศ (Ventilation)

ตามมาตรฐานของ ASHRAE ใช้ที่ 10 L/s ต่อคน หรือ 20 cfm ต่อคน จากสมการ

Q_S = 1.085 x (t_O-t_R) x cfm ➔ Psychrometric CHART

= 1.085 x (84.56 - 77) x 20(cfm) x 1(จำนวนคน)

= 164.05 Btu/h. หรือ 48.07 วัตต์

Q_L = 0.7 x (W_O-W_R) x cfm ➔ Psychrometric CHART

= 0.7 x (131 - 76) x 20(cfm) x 1 (จำนวนคน)

= 770 Btu/h. หรือ 255.66 วัตต์

$Q_S + Q_L$ = 303.73 วัตต์

4.5 ความร้อนจากหลังคา

$Q_{หลังคา}$ = U x $A_{หลังคา}$ x $CLTD_{15:00น.}$

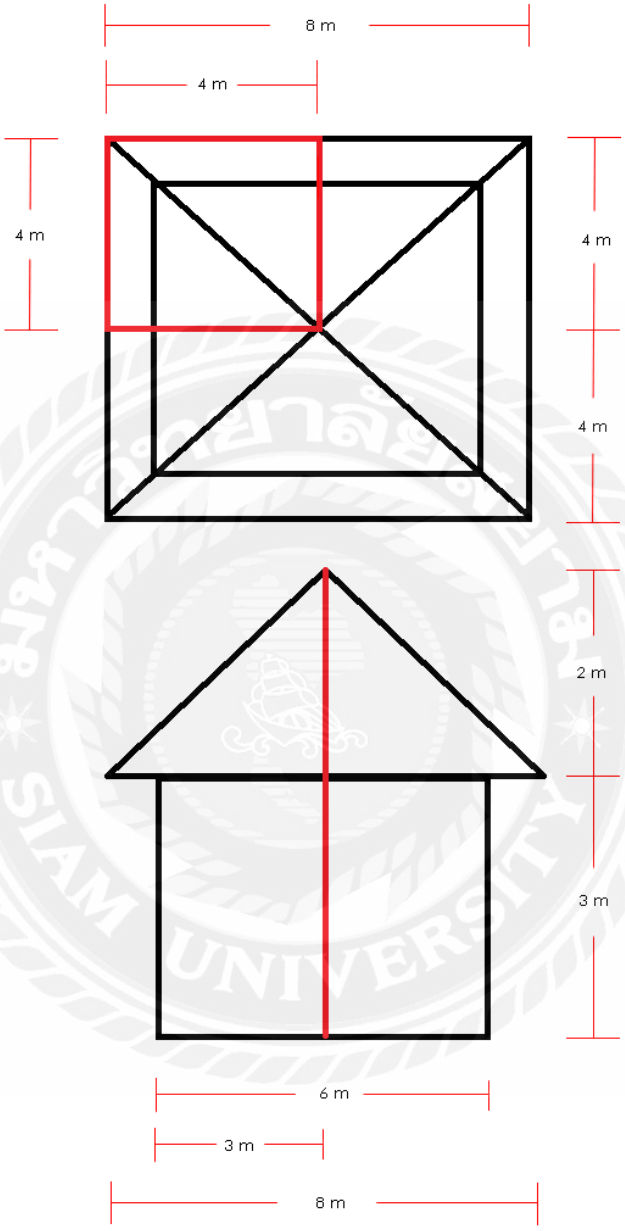
= U x $A_{สี่เหลี่ยม}$ x $CLTD_{15:00น.}$

= U x (4 x 4) x $CLTD_{15:00น.}$

= 0.497 x 16 x 38

$Q_{หลังคา}$ = 302.17 W

รูปภาพแสดง ของหลังคา



รูปที่ 4.3 แบบ Top View

4.6 ค่าภาระการทำความเย็นจากโหลดทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณสำหรับห้องนอนลูกค้าของเดือนมิถุนายน

ภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอก 304.67 วัตต์
ภาระการทำความเย็นผ่านกระจกด้านนอก 167.62 วัตต์
ภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ผ่านกระจก 748.96 วัตต์
ภาระการทำความเย็นจากความร้อนที่เกิดจากไฟฟ้าแสงสว่าง 180 วัตต์
ภาระการทำความเย็นที่เกิดจากความร้อนของคน 130 วัตต์
ภาระการทำความเย็นจากการระบายอากาศรวมเป็น 303.73 วัตต์
และภาระการทำความเย็นจากหลังคา 302.17 วัตต์

รวมภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นทั้งหมดรวมเป็น 2,137.15 วัตต์
คิดค่าความปลอดภัยสำหรับความร้อนที่เกิดจากมอเตอร์ที่ 5% และ เผื่อค่าความปลอดภัยในขั้นตอนสุดท้ายที่ 10% ได้ค่าภาระการทำความเย็นทั้งหมดสำหรับใช้เลือกขนาดเครื่องปรับอากาศที่ 2,468.40 วัตต์ หรือ 8,422.50 Btu/hr

ภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอก 304.67 วัตต์

$CLTD_C = (CLTD + LM) \times K + (25.5 - T_R) + (T_O - 29.4)$

CLTD หาค่าได้จากตารางที่ ข.2
LM หาค่าได้จากตารางที่ ข.3
K หาค่าได้จากหน้าที่ (2.2)
25.5 หาค่าได้จากหน้าที่ (2.1)
T_R หาค่าได้จากหน้าที่ (2.2)
T_O หาค่าได้จากหน้าที่ (2.2)
29.4 หาค่าได้จากหน้าที่ (2.1)
U หาค่าได้จากตารางที่ ข.1
A หาค่าได้จากตารางที่ ก.1

$CLTD_{C\ ทิศเหนือ}$ $= (CLTD + LM) \times K + (25.5 - T_R) + (T_O - 29.4)$

$= (8 + 3.7) \times 0.65 + (25.5 - 25) + (29.2 - 29.4)$

$= (11.7) \times 0.65 + (0.5) + (-0.2)$

$= 7.605 + 0.3$

$= 7.905$

$Q_{ทิศเหนือ}$ $= U \text{ X } A \text{ X } CLTD_C$

$= 2.84 \text{ X } ((3 \text{ x } 3) - (1.5 \text{ x } 1.2)) \text{ X } 7.905$

$= 2.84 \text{ X } 7.2 \text{ X } 7.905$

$= 161.64 \text{ W}$

$CLTD_{C\ ทิศตะวันตก}$ $= (CLTD + LM) \times K + (25.5 - T_R) + (T_O - 29.4)$

$= (11 + (-0.7)) \times 0.65 + (25.5 - 25) + (29.2 - 29.4)$

$= (10.3) \times 0.65 + (0.5) + (-0.2)$

$= 6.695 + 0.3$

$= 6.995$

$Q_{ทิศตะวันตก}$ $= U \text{ X } A \text{ X } CLTD_C$

$= 2.84 \text{ X } ((3 \text{ x } 3) - (1.5 \text{ x } 1.2)) \text{ X } 6.995$

$= 2.84 \text{ X } 7.2 \text{ X } 6.995$

$= 143.03 \text{ W}$

$Q_{ทิศรวม}$ $= Q_{ทิศเหนือ} + Q_{ทิศตะวันตก}$

$= 161.64 \text{ W} + 143.03 \text{ W}$

$= 304.67 \text{ W}$

ภาระการทำความเย็นผ่านกระจกด้านนอก 167.62 วัตต์

$CLTD_{C\ ทิศเหนือ}$ $= CLTD + (25.5 - T_R) + (T_O - 29.4)$

$= (8) + (25.5 - 25) + (29.2 - 29.4)$

$= (8) + (0.5) + (-0.2)$

$= 8.3$

$Q_{ทิศเหนือ}$ $= U \times A \times CLTD_C$

$= 5.61 \times (1.5 \times 1.2) \times 8.3$

$= 5.61 \times 1.8 \times 8.3$

$= 83.81$ W

$CLTD_{C\ ทิศตะวันตก}$ $= CLTD + (25.5 - T_R) + (T_O - 29.4)$

$= (8) + (25.5 - 25) + (29.2 - 29.4)$

$= (8) + (0.5) + (-0.2)$

$= 8.3$

$Q_{ทิศตะวันตก}$ $= 5.61 \times (1.5 \times 1.2) \times 8.3$

$= 5.61 \times 1.8 \times 8.3$

$= 83.81$ W

$Q_{ทิศรวม}$ $= Q_{ทิศเหนือ} + Q_{ทิศตะวันตก}$

$= 83.81$ W $+ 83.81$ W

$= 167.62$ W

ภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ผ่านกระจก 748.96 วัตต์

$Q_{ทิศเหนือ}$ $= SHGF \times A \times SC \times CLF$

$= 223 \times 1.8 \times 0.64 \times 0.82$

$= 210.65$ W

$Q_{\text{ทิศตะวันตก}}$ = SHGF x A x SC X CLF

= 649 x 1.8 x 0.64 x 0.72

= 538.31 W

$Q_{\text{ทิศรวม}}$ = $Q_{\text{ทิศเหนือ}}$ + $Q_{\text{ทิศตะวันตก}}$

= 210.65 W + 538.31 W

= 748.96 W

ภาระการทำความเย็นจากความร้อนที่เกิดจากไฟฟ้าแสงสว่าง 180 วัตต์

จะหาภาระการทำความเย็นได้จากสมการ

Q = W x F_B x A

= 16 × 1.25 × 9

= 180 W

ค่าภาระการทำความเย็นเท่ากับ 180วัตต์

การทำความเย็นที่เกิดจากความร้อนของคน 130/คน วัตต์

Q = จำนวนคน × อัตราความร้อนจากคน

= 1 × 130

= 130 W

ภาระการทำความเย็นจากการระบายอากาศรวมเป็น 303.73 วัตต์

Q_S = 1.085 x (t_O-t_R) x cfm

= 1.085 x (84.56 - 77) x 20 x 1

= 164.05 Btu/h. หรือ 48.07 วัตต์

Q_L = 0.7 x (W_O-W_R) x cfm

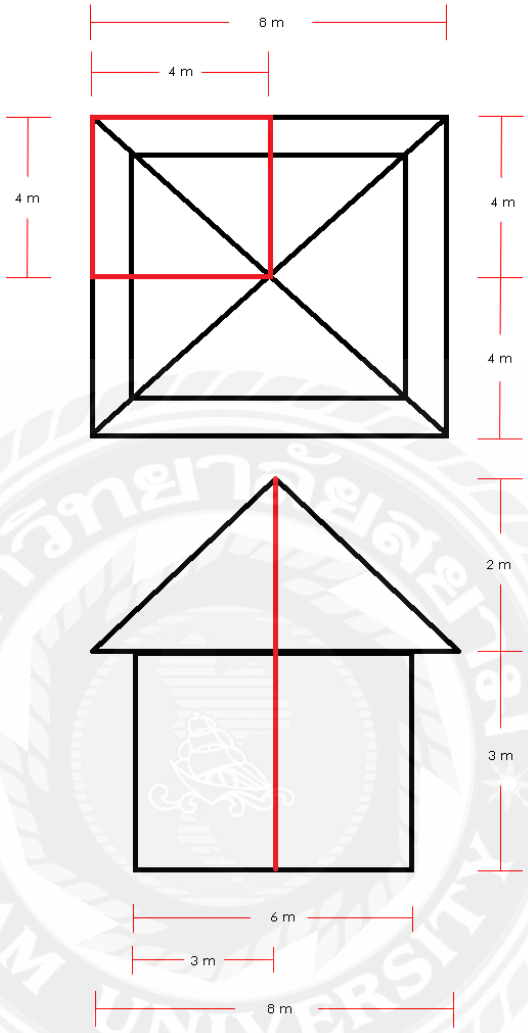
= 0.7 x (131 - 76) x 20 x 1

= 770 Btu/h. หรือ 255.66 วัตต์

$Q_S + Q_L$ = 303.73 วัตต์

และภาระการทำความเย็นจากหลังคา 302.176 วัตต์

ความร้อนจากหลังคา



$Q_{หลังคา}$ = U x $A_{หลังคา}$ x $CLTD_{15:00น.}$

= U x $A_{สี่เหลี่ยม}$ x $CLTD_{15:00น.}$

= U x (4 x 4) x $CLTD_{15:00น.}$

= 0.497 x 16 x 38

$Q_{หลังคา}$ = 302.17 W

รวมภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นทั้งหมดรวมเป็น 2,137.15 วัตต์

2,137.15 + 5% = 2,244.01 วัตต์

2,244.01+ 10% = 2,468.40 วัตต์

คิดค่าความปลอดภัยสำหรับความร้อนที่เกิดจากมอเตอร์ที่ 5% และ เผื่อค่าความปลอดภัยในและบวกเพิ่มในขั้นตอนสุดท้ายที่ 10% ได้ค่าภาระการทำความเย็นทั้งหมดสำหรับใช้เลือกขนาดเครื่องปรับอากาศที่ 2,468.40 วัตต์ หรือ 8,422.50 Btu/hr.

การแปลง W เป็น Btu/hr.

1 W = 3.4121 Btu/hr.

2,468.40 W x 3.4121 = 8,422.45 Btu/hr.

บทที่ 5
สรุปผลโครงการอภิปราย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและการวิเคราะห์ผลที่ได้

หลังจากที่ได้คำนวณภาระการทำความเย็นของห้องนอนลูกค้าแล้วจะ ได้ค่าภาระการทำความเย็นดังนี้

ภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอก 304.67 วัตต์
ภาระการทำความเย็นผ่านกระจกด้านนอก 167.62 วัตต์
ภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ผ่านกระจก 748.96 วัตต์
ภาระการทำความเย็นจากความร้อนที่เกิดจากไฟฟ้าแสงสว่าง 180 วัตต์
ภาระการทำความเย็นที่เกิดจากความร้อนของคน 130 วัตต์
ภาระการทำความเย็นจากการระบายอากาศรวมเป็น 303.73 วัตต์
และภาระการทำความเย็นจากหลังคา 302.17 วัตต์

รวมภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นทั้งหมดรวมเป็น 2,137.15 วัตต์
คิดค่าความปลอดภัยสำหรับความร้อนที่เกิดจากมอเตอร์ที่ 5% และ เผื่อค่าความปลอดภัยในขั้นตอนสุดท้ายที่ 10% ได้ค่าภาระการทำความเย็นทั้งหมดสำหรับใช้เลือกขนาดเครื่องปรับอากาศที่ 2,468.40 วัตต์ หรือ 8,422.45 Btu/h.

สำหรับทำการเลือกเครื่องปรับอากาศต่อไป

จากผลการคำนวณภาระการทำความเย็นที่ได้ออกมาภาระการทำความเย็นที่เกิดจากอิทธิพลของสภาวะอากาศด้านนอกได้ภาระการทำความเย็นสูงสุดรวมที่ 2,468.40 วัตต์ โดยที่ภาระจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มีค่าสูงสุดอยู่ในช่วงเวลาประมาณบ่ายสามโมง ของวันในเดือนมิถุนายน สาเหตุ เนื่องมาจากอิทธิพลของมุมที่ดวงอาทิตย์ทำกับโลกและพื้นที่รับแสงของกระจก ส่วนที่รองลงมาคือ ภาระจากการนำความร้อนผ่านกระจกและผนังตามลำดับ โดยจะพบว่าช่วงเวลาประมาณ 15.00 น. เป็น ช่วงเวลาที่เกิดโหลดสูงสุดเนื่องมาจากอิทธิพลการอมความร้อนของวัสดุนั่นเอง ทั้งนี้จะมีค่ามาก หรือน้อยนั้นยังขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุและพื้นที่รับความร้อนด้วย

ภาระการทำความเย็นจากแหล่งความร้อนภายในรวมทั้งหมดเท่ากับ 310 วัตต์ภาระ การทำความเย็นในส่วนนี้นั้นผู้คำนวณจะไม่สามารถทราบค่าที่แน่นอนได้ เนื่องจากมีปัจจัยที่จะทำ ให้โหลดเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนคนที่อาศัยตลอดจนภาระอื่นๆ เช่นอุปกรณ์ต่างๆ ฉะนั้น ภาระ การ

ทำความเย็นที่เกิดจากอิทธิพลของสภาวะอากาศด้านนอกและภาระการทำความเย็น จากแหล่ง ความร้อนภายในนั้นสองส่วนนี้ ไม่สามารถจะบอกได้ว่าส่วนไหนที่จะมีอิทธิพลต่อภาระการทำ ความเย็นมากกว่ากัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.) จากประสบการณ์ที่ผู้จัดทำได้มีโอกาสเข้าไปทำงานในการเลือกเครื่องปรับอากาศให้แก่ลูกค้านั้น พบว่าลูกค้าส่วนใหญ่จะ ไม่คำนึงถึงภาระการทำความเย็นที่เป็นจริงกับการเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน ส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญเฉพาะกับขนาดพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศเท่านั้น ทำให้ไม่สามารถที่จะเลือกเครื่องปรับอากาศได้ตรงกับภาระที่เกิดขึ้นจริงโดยวิศวกรฝ่ายขายจะต้องทำการเลือกเครื่องเผื่อค่าความปลอดภัยไว้สูง ทำให้สิ้นเปลืองในเรื่องค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และค่าไฟที่จะตามมา

2.) เนื่องจากค่าการนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดมีข้อจำกัดในเรื่องตารางที่จะใช้ออกแบบข้อมูล บางตัวจึงเป็นแต่เพียงการเลือกใช้ให้ใกล้เคียงกับวัสดุที่ใช้อยู่

3.) ตำแหน่งการติดตั่งควรอยู่ตรงททที่ที่สามารถดูแลรักษาได้ง่าย เนื่องจากจากการดูแรักษาต้องมีการล้างทำความสะอาดแอร์ และทำความสะอาดฝุ่นบนฟิลเตอร์บ่อยๆ ดังนั้นควรตั่งในบริเวณที่ง่ายต่อการดูแลและซ้อมบำรุง

4.) ตำแหน่งแอร์ต้องไม่โดดแสงแดด หรือความร้อนโดยตรง เพราะความร้อนจะทำให้แอร์ทำงานหนักขึ้น

บรรณานุกรม

สมบูรณ์ ติรสิทธิ์. (2543). *การศึกษาเชิงวิเคราะห์ของการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบหลังคา.* (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรพล พฤกษพานิช. (2529). *การปรับอากาศ.* ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

ASHRAE GRP158. (2009). *Cooling and Heating Load Calculation Manual.* American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineer, Inc. Ashrae. https://www.ashrae.org

EDWARD G. PITA. (2002). *Air Conditioning Principles and System*. Fourth Edition. America: Prentice Hall. Pdfcoffee. https://pdfcoffee.com

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณภาระการทำความเย็น

ก.1 ข้อมูลเกี่ยวกับห้องนอนที่จะทำการคำนวณภาระการทำความเย็น

ชื่อโครงการ โมดิ วิลล่า เพชรเกษม 69

ใช้สำหรับ พักอาศัย

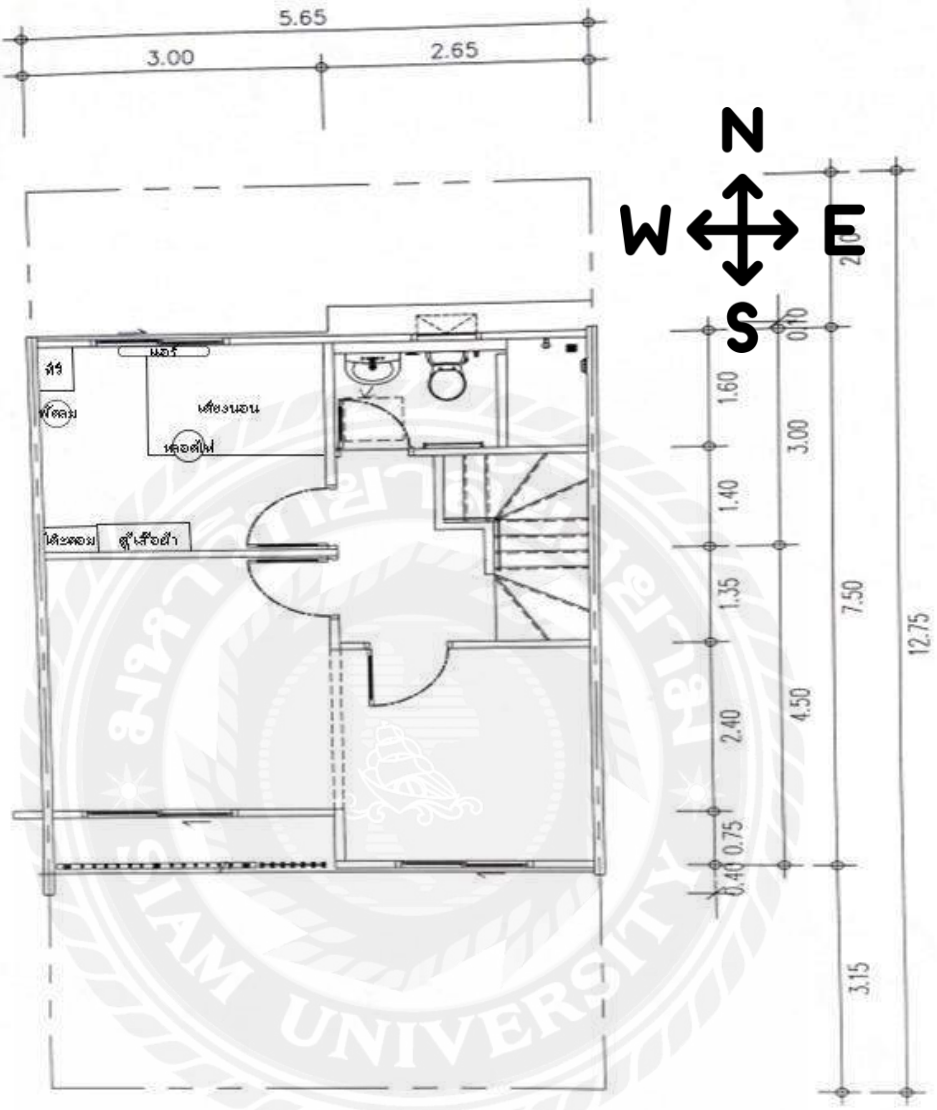
สถานที่ตั้ง ถ.เลียบคลองภาษีเจริญฝั่งเหนือ เขตหนองแขม กรุงเทพฯ สถานที่ตั้งละติจูด 13.686161 °N ลองจิจูด 100.350701 ° E

พื้นที่ปรับอากาศ 9.00 m^2 ความสูง 3.00 m

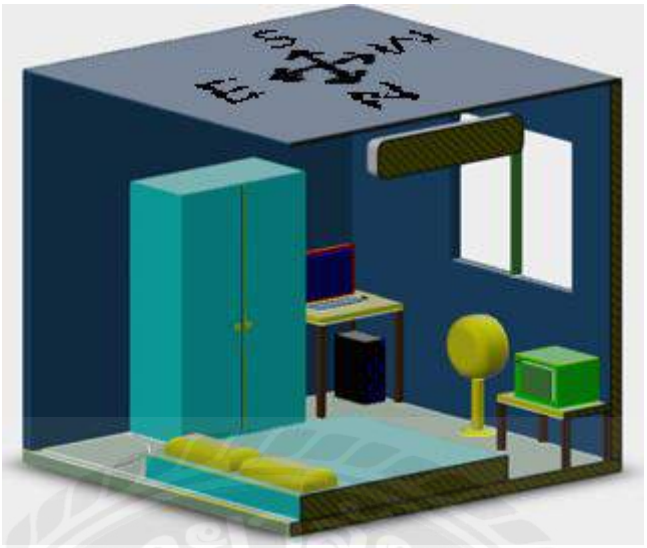
ภาวะภายในห้องปรับอากาศ 25 °C db. 55% Rh

วัสดุที่ใช้ บ้าน 2 ชั้น ผนังด้านนอกก่ออิฐหนา 100 mm รวมฉาบปูนเป็น 150 mm ทาสีขาว ด้านบนใช้กระเบื้องลอนมุงหลังคา หนังด้านในเป็นฝ้าเพดาน พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 24.4 ตารางวา และห้องที่นำมาคำนวนมีพื้นที่ 9 ตารางวา

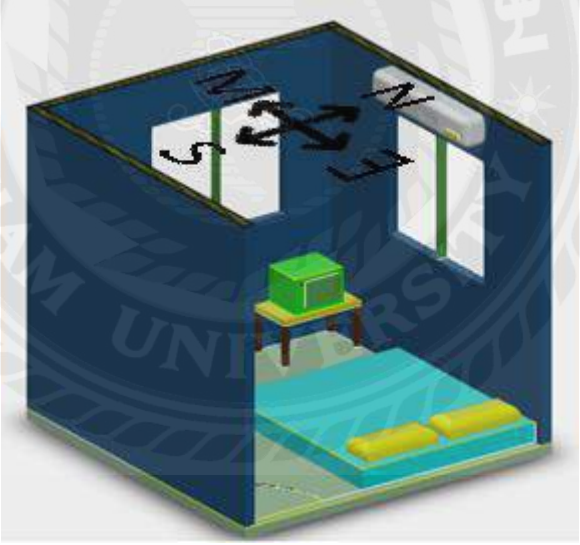
รูปที่ ก.1 ลักษณะผนังด้านนอก



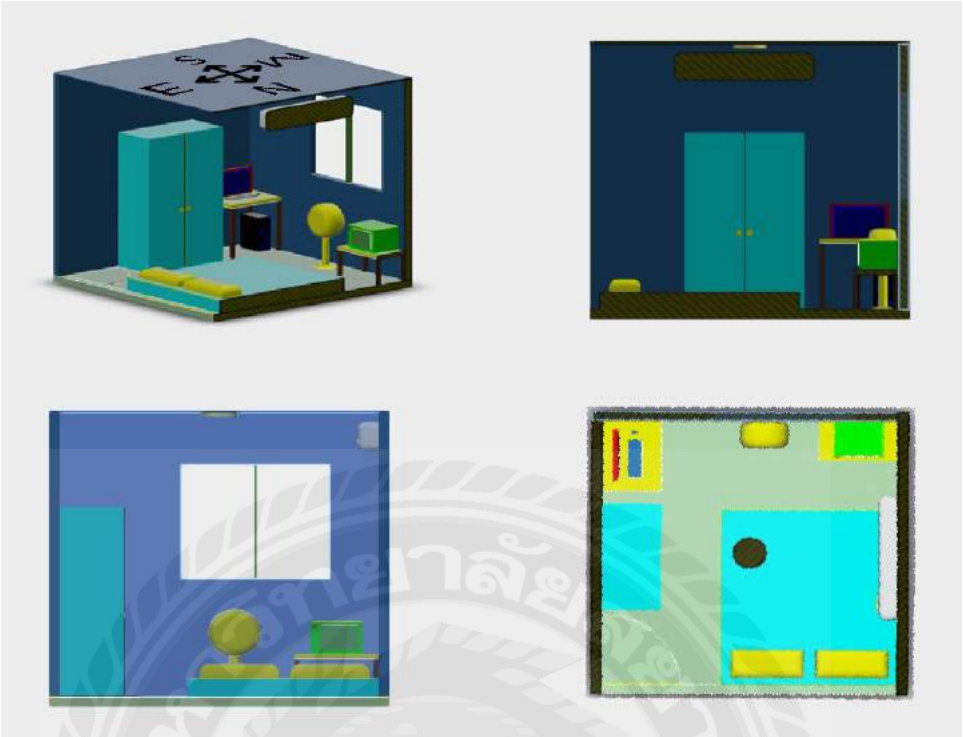
รูปที่ ก.2 แปลนแสดงพื้นที่ห้องของลูกค้า



รูปที่ ก.3 ห้องของลูกค้า 1



รูปที่ ก.4 ห้องของลูกค้า 2



รูปที่ ก.5 ห้องของลูกค้า 3

ตารางที่ ก.1 พื้นที่ผนังด้านนอกทั้ง 4 ทิศ มีพื้นที่ดังนี้

ทิศ	พื้นที่ (m^2)
เหนือ (N)	((3 x 3) - (1.5 x 1.2)) = 7.2
ตะวันออก (E)	((3 x 3) - (2 x 0.9)) = 7.2
ใต้ (S)	(3x3) = 9
ตะวันตก (W)	((3 x 3) - (1.5 x 1.2)) = 7.2

ตารางที่ ก.2 พื้นที่กระจกด้านนอกทั้ง 4 ทิศ มีพื้นที่ดังนี้

ทิศ	พื้นที่ (m^2)
เหนือ (N)	(1.5 x 1.2) = 1.8
ตะวันออก (E)	0
ใต้ (S)	0
ตะวันตก (W)	(1.5 x 1.2) = 1.8

ก.2 แสดงการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากภาระการทำความเย็นภายนอก ที่ เวลา 09.00 น. ของวันในเดือนมิถุนายน

ก.2.1 ภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอก

ภาระการทำความเย็นที่ผ่านผนังด้านนอกหาได้จากสมการที่

$$Q = U \times A \times (CLTD_C) \quad (2.1)$$

จากตารางที่ ข.1 ผนัง Group E $U = 2.84$ W/ m^2. °C

หาค่า $CLTD_C$ จากสมการ 2.2

$$CLTD_C = (CLTD + LM) \times K + (25.5 - t_R) + (t_0 - 29.4) \quad (2.2)$$

CLTD หาค่าได้จากตารางที่ ข.2

LM หาค่าได้จากตารางที่ ข.3

K = ปรับค่าสีของพื้นผิว

= 0.65 สำหรับผนังสีสว่าง

(t_0) จากตารางที่ ข.7

ทิศ (N) $CLTD_C = (3 + (3.7)) \times 0.65 + (25.5 - 25) + (29.2 - 29.4)$

$= 4.655$ °C

ทิศ (E) $CLTD_C$ = ผนังด้านที่ไม่สัมผัสกับความร้อนจากแดด

ทิศ (S) $CLTD_C$ = ผนังด้านที่ไม่สัมผัสกับความร้อนจากแดด

ทิศ (W) $CLTD_C = (3 + (-0.7)) \times 0.65 + (25.5 - 25) + (29.2 - 29.4)$

$= 1.795$ °C

ค่าภาระการทำความเย็นที่ผ่านผนังด้านนอก

ทิศ (N) $Q = 2.84 \times 7.2 \times 4.655$

$= 95.19$ W

ทิศ (E) Q = ผนังด้านที่ไม่สัมผัสกับความร้อนจากแดด

ทิศ (S) Q = ผนังด้านที่ไม่สัมผัสกับความร้อนจากแดด

ทิศ (W) Q = 2.84 x 7.2 x 1.795

= 36.70 W

ก.2 แสดงการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากภาระการทำความเย็นภายนอก ที่เวลา 12.00 น. ของวันในเดือนมิถุนายน

ก.2.2 ภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอก

ภาระการทำความเย็นที่ผ่านผนังด้านนอกหาได้จากสมการที่

$$Q = U \times A \times (CLTD_C) \quad (2.1)$$

จากตารางที่ ข.1 ผนัง Group E U = 2.84 W/ m^2. °C

หาค่า $CLTD_C$ จากสมการ 2.2

$$CLTD_C = (CLTD + LM) \times K + (25.5 - t_R) + (t_0 - 29.4) \quad (2.2)$$

CLTD หาค่าได้จากตารางที่ ข.2

LM หาค่าได้จากตารางที่ ข.3

K = ปรับค่าสีของพื้นผิว

= 0.65 สำหรับผนังสีสว่าง

(t_0) จากตารางที่ ข.7

$CLTD_C$ $= (CLTD + LM) \times K + (25.5 - t_R) + (t_0 - 29.4)$ (2.2)

ทิศ (N) $CLTD_C$ $= (5 + (3.7)) \times 0.65 + (25.5 - 25) + (29.2 - 29.4)$

$= 5.955$ °C

ทิศ (E) $CLTD_C$ = ผนังด้านที่ไม่สัมผัสกับความร้อนจากแดด

ทิศ (S) $CLTD_C$ = ผนังด้านที่ไม่สัมผัสกับความร้อนจากแดด

ทิศ (W) $CLTD_C$ $= (5 + (-0.7)) \times 0.65 + (25.5 - 25) + (29.2 - 29.4)$

$= 3.095$ °C

ค่าภาระการทำความเย็นที่ผ่านผนังด้านนอก

Q $= U \times A \times (CLTD_C)$ (2.1)

ทิศ (N) $Q = 2.84 \times 7.2 \times 5.955$

$= 121.767$ W

ทิศ (E) Q = ผนังด้านที่ไม่สัมผัสกับความร้อนจากแดด

ทิศ (S) Q = ผนังด้านที่ไม่สัมผัสกับความร้อนจากแด

ทิศ (W) $Q = 2.84 \times 7.2 \times 3.095$

$= 63.286$ W

ก.2 แสดงการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากภาระการทำความเย็นภายนอก ที่เวลา 15.00 น. ของวันในเดือนมิถุนายน

ก.2.3 ภาระการทำความเย็นผ่านผนังด้านนอก

ภาระการทำความเย็นที่ผ่านผนังด้านนอกหาได้จากสมการที่

$$Q = U \times A \times (CLTD_C) \quad (2.1)$$

จากตารางที่ ข.1 ผนัง Group E $U = 2.84$ W/ m^2. °C

หาค่า $CLTD_C$ จากสมการ 2.2

$$CLTD_C = (CLTD + LM) \times K + (25.5 - t_R) + (t_0 - 29.4) \quad (2.2)$$

CLTD หาค่าได้จากตารางที่ ข.2

LM หาค่าได้จากตารางที่ ข.3

K = ปรับค่าสีของพื้นผิว

= 0.65 สำหรับผนังสีสว่าง

(t_0) จากตารางที่ ข.7

$CLTD_C = (CLTD + LM) \times K + (25.5 - t_R) + (t_0 - 29.4)$ (2.2)

ทิศ (N) $CLTD_C = (8 + (-3.7)) \times 0.65 + (25.5 - 25) + (29.2 - 29.4)$

$= 7.905$ °C

ทิศ (E) $CLTD_C$ = ผนังด้านที่ไม่สัมผัสกับความร้อนจากแดด

ทิศ (S) $CLTD_C$ = ผนังด้านที่ไม่สัมผัสกับความร้อนจากแดด

ทิศ (W) $CLTD_C = (11 + (-0.7)) \times 0.65 + (25.5 - 25) + (29.2 - 29.4) = 6.995$ °C

ค่าภาระการทำความเย็นที่ผ่านผนังด้านนอก

$$Q = U \times A \times (CLTD_C) \quad (2.1)$$

ทิศ (N) $Q = 2.84 \times 7.2 \times 7.905$

$= 161.64$ W

ทิศ (E) Q = ผนังด้านที่ไม่สัมผัสกับความร้อนจากแดด

ทิศ (S) Q = ผนังด้านที่ไม่สัมผัสกับความร้อนจากแด

ทิศ (W) $Q = 2.84 \times 7.2 \times 6.995$

$= 143.033$ W

ก.2.4 ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านกระจก

หาได้จากสมการ

$$Q = U \times A \times (CLTD_C) \quad (2.1)$$

จากตารางที่ 1.10 ได้ค่า U = 5.61 W/m^2. °C

$(CLTD_C)$ หาได้จากสมการ 2.3

จากตารางที่ ข.6 ได้ค่า CLTD = 8 °C

$$CLTD_C = CLTD + (25.5 - t_R) + (t_0 - 29.4) \quad (2.3)$$

$= CLTD + (25.5 - 25) + (29.2 - 29.4)$

$= 8 + 0.5 + (-0.2)$

$= 8.3$ °C

ภาระการทำความเย็นที่ผ่านกระจกด้านนอก

$Q = U \times A \times (CLTD_C)$ (2.1)

ทิศ (N) $Q = 5.61 \times 1.8 \times 8.3$

$= 83.8134$ W

ทีศ (E) ไม่มีกระจกในทิศดังกล่าว

ทิศ (S) ไม่มีกระจกในทิศดังกล่าว

ทิศ (W) $Q = 5.61 \times 1.8 \times 8.3$

$= 83.8134$ W

ก.2.5 ภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์

การคำนวณภาระการทำความเย็นจากรังสีแสงอาทิตย์ได้จากสมการ

Q = SHGF × A × SC × CLF

(2.5)

หาค่าจากตารางที่ ข.4 ได้ค่า SHGF ตามทิศทางต่างๆ ดังนี้

ทิศ (N) SHGF = 223 W/m^2

ทิศ (E) SHGF = 649 W/m^2

ทิศ (S) SHGF = 128 W/m^2

ทิศ (W) SHGF = 649 W/m^2

SC = สัมประสิทธิ์การบังแสง (Shading Coefficient)
สำหรับมู่ลี่หรือม่านสีอ่อนจะประมาณ 0.64

CLF = ตัวคูณลดภาระการทำความเย็น หาได้จากตารางที่ ข.5

ทิศ (N) CLF = 0.82

ทิศ (E) CLF = 0.20

ทิศ (S) CLF = 0.50

ทิศ (W) CLF = 0.72

ภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์

Q = SHGF × A × SC × CLF (2.5)

ทิศ(N) Q = 223 × 1.8 × 0.64 × 0.82

= 210.654 W

ทีศ (E) ไม่มีกระจกในทิศดังกล่าว

ทิศ (S) ไม่มีกระจกในทิศดังกล่าว

ทิศ (W) Q = 649 × 1.8 × 0.64 × 0.72

= 538.306 W

ก.2.6 ภาระการทำความเย็นจากความร้อนสุทธิที่ไหลผ่านผนังด้านใน

หาได้จากสมการที่ 2.4

$$Q = U \times A \times (TD) \qquad (2.4)$$

จากตารางที่ ข.9 ได้ค่า U = 1.8 W/m^2. °C ประมาณว่าอุณหภูมิห้องไม่ปรับอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก 5 °F เมื่ออุณหภูมิภายนอกเดือนมกราคมอยู่ที่ 29.2

ความร้อนสุทธิที่ไหลผ่านผนังด้านในในเดือนมกราคม

Q = U × A × (TD)

Q = ในส่วนของผนัง ของบ้านลูกค้าจะมีชั้นเดียวทำให้ไม่สามารถนำค่าดังกล่าวมาคำนวนได้

= 0 W

ก.3 ภาระการทำความเย็นจากภายในห้องปรับอากาศ

ก.3.1 ค่าภาระการทำความเย็นจากความร้อนที่เกิดจากไฟฟ้าสว่าง

จากหลักการที่ว่าค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของค่าความร้อนจากไฟฟ้านั้นจะยึดตามความนิยมที่ใช้กันคือยึดเผื่อค่าไว้ตามกฎกระทรวงพลังงานคือถ้าเป็นสถานที่ทำงานหรือสำนักงานโดยทั่วๆไป จะอนุญาตให้ติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างไม่เกิน 16 w ต่อตารางเมตรแล้ว คูณด้วยค่าแฟกซ์เตอร์ของบัลลาสต์ 1.25 จะได้ ค่าภาระความร้อนอยู่ที่ 20w/m^2 เนื่องจากบริเวณพื้นที่ภายใน ห้องนอน ที่ต้องการปรับอากาศ มีพื้นที่ทั้งหมด 9.00 m^2 จะได้ค่าภาระ การทำความเย็นเท่ากับ 180 วัตต์

ค่าภาระการทำความเย็นจากความร้อนที่เกิดจากไฟฟ้าสว่างจากสมการ

$$Q = W \times F_B \times A \qquad (2.6)$$

โดย Q = ความร้อนสุทธิที่ได้รับจากแสงสว่าง (หน่วยเป็น W)

W = ขนาดของหลอดไฟ (หน่วยเป็น W)

F_B = แฟคเตอร์บัลลาสต์

A = ขนาดพื้นที่

จะหาภาระการทำความเย็นได้จากสมการ

$$Q = W \times F_B \times A \qquad (2.6)$$

= 16 × 1.25 × 9

= 180 W

ค่าภาระการทำความเย็นเท่ากับ 180วัตต์

ก.3.2 ค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากความร้อนของคน

จากตารางที่ 2.8 จะได้อัตราความร้อนจากคนขณะที่นั่งๆ อื่นๆ ทำงานในสำนักงาน ที่ 130 W ต่อคน โดยที่ถ้าเป็นห้องนอนดังกล่าว จะมีผู้อาศัย 1 คน จะได้ค่า ภาระการทำความเย็นอยู่ที่ 130 วัตต์

Q = จำนวนคน × อัตราความร้อนจากคน

= 1 × 130

= 130 W

ภาระการทำความเย็นที่เกิดจากความร้อนของคนอยู่ที่ 130 วัตต์

ก.3.3 ค่าภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ในสำนักงานในที่นี้คืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวเนื่องจะใช้ค่าเฉลี่ยที่ 8.5w/m^2

Q = ภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์เฉลี่ย × พื้นที่ (A)

= เนื่องจากเป็นบ้านพักอาศัยทำให้ไม่สามารถคิดภาระทำความเย็นในแบบสำนักงานได้

= 0 w

คิดเป็นค่าภาระการทำความเย็นทั้งหมดเท่ากับ 0 วัตต์

ก.3.4 ความร้อนจากการรั่วผ่านช่องเปิดต่างๆหรือจากการระบายอากาศ (Infiltration)

ตามมาตรฐานของ ASHRAE ใช้ที่ 10 L/s ต่อคน หรือ 20 cfm ต่อคน

จากสมการ

Q_S = 1.085 x (t_O-t_R) x cfm

= 1.085 x (84.56 - 77) x 20 x 1

= 164.05 Btu/h. หรือ 48.07 วัตต์

Q_L = 0.7 x (W_O-W_R) x cfm

= 0.7 x (131 - 76) x 20 x 1

= 770 Btu/h. หรือ 255.66 วัตต์

$Q_S + Q_L$ = 303.73 วัตต์

ก.3.5 ความร้อนจากหลังคา

$Q_{หลังคา}$ = U x $A_{หลังคา}$ x $CLTD_{15:00น.}$

= U x ($A_{รูปทรงสามเหลี่ยม}$ + $A_{รูปทรงพีระมิด}$) x $CLTD_{15:00น.}$

= U x (($\frac{1}{2}$ xฐานxสูง) x ความยาว) + ($\frac{1}{3}$ xพื้นที่ฐานxสูง) x $CLTD_{15:00น.}$

= 0.497 x [(($\frac{1}{2}$ x 9.5 x 2) x 2) + ($\frac{1}{3}$ x (9.5 x 7) x 2)] x 38

= 0.497 x (19 + 44.33) x 38 BTU/h

$Q_{หลังคา}$ = 1,196.05 วัตต์

ก.3.6 ความร้อนจากอุปกรณ์อื่นๆโดยประมาณ

คอมพิวเตอร์ขณะใช้งานเครื่องจะให้ค่าความร้อนอยู่ที่ 55 W จอ 55 W พัดลมตั้งพื้นขนาด 16 นิ้ว ขณะใช้งานเครื่องจะให้ค่าความร้อนอยู่ที่ 50 W และทีวีขนาด 24 นิ้ว ขณะใช้งานเครื่องจะให้ค่าความร้อนอยู่ที่ 65 W สหรัฐอเมริกาได้มีผู้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ จอเครื่องทีวี พัดลม สำหรับอุปกรณ์เหล่านี้ความร้อนส่วนใหญ่มักจะเป็นแบบการพาความร้อน ส่วนน้อยเท่านั้นที่เป็นแบบแผ่รังสี พัดลมตั้งพื้นขนาด 16 นิ้ว ขณะใช้งานเครื่องจะให้ค่าความร้อนอยู่ที่ 50 W และทีวีขนาด 24 นิ้ว ขณะใช้งานเครื่องจะให้ค่าความร้อนอยู่ที่ 65 W

Q = W x F(แฟคเตอร์)

= (55+55+50+65) x 3

= 225 x 3

= 675 W

คิดเป็นค่าภาระการทำความเย็นทั้งหมดเท่ากับ 675 วัตต์

ภาคผนวก ข
ตารางที่ใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็น

ตารางที่ ข.1 การจัดกลุ่ม (Group) ของผนังแบบต่างๆ

การจัดกลุ่ม (Group) ของผนังแบบต่างๆ Wall Construction Group Description					
วัสดุที่ใช้สร้างผนัง	**Group**	**U**	**U**	**WT**	**WT**
		W/(m^2.C)	**Btu/(h.ft^2)**	**Kg/m^2**	**Ib/ft^2**
คอนกรีตบล็อก 2 ชั้น 2*100mm + อากาศ + ฉาบปูน	D	1.59	0.28	239.3	48.9
คอนกรีตบล็อก 2 ชั้น 2*100mm + อากาศ + ฉาบปูน + ฟอยล์	D	1.02	0.18	239.3	48.9
คอนกรีตบล็อก 2 ชั้น 2*100mm + ฉาบปูน + ฉนวน 25mm	D	0.97	0.17	240.1	49.1
ก่ออิฐ 2 ชั้น (2*100mm) ฉาบปูน	D	2.35	0.41	440.0	90.0
ก่ออิฐ 2 ชั้น (2*100mm) + อากาศ ฉาบปูน	D	1.69	0.30	440.0	90.0
ก่ออิฐ 2 ชั้น (2*100mm) + ฉนวน 25mm ฉาบปูน	D	0.85	0.15	449.0	92.0
คอนกรีต 100mm + ฉนาน 25mm + ยิปซัมบอร์ด	D	1.14	0.20	306.6	62.7
คอนกรีต 100mm + ฉนวน 50mm + ยิปซัมบอร์ด	D	0.68	0.12	307.3	62.8
คอนกรีต 150mm + ฉาบปูน	D	3.29	0.58	383.1	78.3
ก่ออิฐ 100mm ฉาบปูน	E	2.84	0.50	236.4	48.3
คอนกรีตบล็อก 150mm + ฉาบปูน	E	2.67	0.47	189.9	38.8
คอนกรีต 100mm + ฉาบปูน	E	3.69	0.65	268.7	54.9
คอนกรีตบล็อก 100mm + ฉาบปูน	F	2.90	0.51	140.0	28.6
ไม้อัด 2 ชั้น 2*6mm	G	2.16	0.38	8.8	1.8
คอนกรีต 400mm + ฉาบปูน	A	2.27	0.40	1,076	220
การบุฉนวนเพิ่มจากตารางทุกๆ 50mm (R-7) ให้ใช้ค่าการแบ่งกลุ่ม (Group) ในตาราง โดยเลื่อนขึ้น 1 ขั้น เช่น D ในตารางก็เปลี่ยนเป็น C แทน เป็นต้น					

(ที่มา: การปรับอากาศ โดย รศ.ฤชากร จิรกาลวสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ตารางที่ ข.2 อุณหภูมิแตกต่างใช้คำนวณภาระการทำความเย็น สำหรับผนัง

อุณหภูมิแตกต่างใช้คำนวณภาระการทำความเย็น สำหรับผนัง (Cooling Load Temperature Differences (CLTD) from Sunlit wall, °C)																									
Group	ทิศ / เวลา	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Group A	N	8	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8
	NE	11	11	10	10	10	9	9	9	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	11
	E	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	14	14	14	14	14	14
	SE	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	13	13	13	13
	S	11	11	11	11	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	9	9	10	10	11	11	11	11
	SW	14	14	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	9	9	10	10	10	11	12	13	13	14	14
	W	15	15	15	14	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	11	11	12	13	14	14	15
	NW	12	12	11	11	11	11	10	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8	9	9	10	11	11	11
Group B	N	8	8	8	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	8
	NE	11	10	10	9	9	8	7	7	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12	12	11	11
	E	13	13	12	11	10	10	9	8	8	9	9	10	12	13	13	14	14	15	15	15	15	15	14	14
	SE	13	12	12	11	10	10	9	8	8	8	8	9	10	11	12	13	14	14	14	14	14	14	14	14
	S	12	11	11	10	9	9	8	7	7	6	6	6	6	7	8	9	10	11	11	12	12	12	12	12
	SW	15	15	14	13	13	12	11	10	9	9	8	8	7	7	8	9	10	11	13	14	15	15	16	16
	W	16	16	15	14	14	13	12	11	10	9	9	8	8	8	8	8	9	11	12	14	15	16	16	17
	NW	13	12	12	11	11	10	9	9	8	7	7	7	6	6	7	7	8	8	9	11	12	13	13	13
Group C	N	9	8	7	7	6	5	5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	7	8	9	9	9	10	9	9
	NE	10	10	9	8	7	6	6	6	6	7	8	10	10	11	12	12	12	13	13	13	13	12	12	11
	E	13	12	11	10	9	8	7	7	8	9	11	13	14	15	16	16	17	17	16	16	16	15	14	13
	SE	13	12	11	10	9	8	7	6	7	7	9	10	12	14	15	16	16	16	16	16	16	15	14	13
	S	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5	5	5	6	8	9	11	12	13	14	14	14	14	13	12
	SW	16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	6	6	6	7	8	10	12	14	16	18	18	18	18	17
	W	17	16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	7	7	7	8	9	11	13	16	18	19	20	19	18
	NW	14	13	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5	6	6	6	7	9	10	12	14	15	15	15	15
Group D	N	8	7	7	6	5	4	3	3	3	3	4	4	5	6	6	7	8	9	10	11	11	10	10	9
	NE	9	8	7	6	5	5	4	4	6	8	10	11	12	13	13	13	14	14	14	13	13	12	11	10
	E	11	10	8	7	6	5	5	5	7	10	13	15	17	18	18	18	18	18	17	17	16	15	13	12
	SE	11	10	9	7	6	5	5	5	7	10	13	15	17	18	18	18	18	18	17	17	16	15	13	12
	S	11	10	8	7	6	5	4	4	3	3	4	5	7	9	11	13	15	16	16	16	15	14	13	12
	SW	15	14	12	10	9	8	6	5	5	4	4	5	5	7	9	12	15	18	20	21	21	20	19	17
	W	17	15	13	12	10	9	7	6	5	5	5	5	6	6	8	10	13	17	20	22	23	22	21	19
	NW	14	12	11	9	8	7	6	5	4	4	4	4	5	6	7	8	10	12	15	17	18	17	16	15
1) ค่าในตารางนี้ที่เส้นรุ้ง 40 °N ที่เส้นรุ้งอื่นใช้ค่าแก้ไขในตารางที่ 2) อุณหภูมิห้องคือ 25.5°C ถ้าต่างจากนี้ก็แก้ไขตามอุณหภูมิที่ขาดหรือเกิน บวกตามเครื่องหมายด้วย (25.5-T_i) 3) อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกคือ 29.4°C ถ้าต่างจากนี้ แก้ไขเช่นกันโดยบวกด้วย (T_o-29.4) 4) ผนังด้านนอกสีเข้ม ถ้าขาวถาวรคูณเฉพาะค่า (CLTD+LM) ด้วย 0.65 5) การจัดกลุ่ม (Group) ดูจากตารางที่																										

(ที่มา: การปรับอากาศ โดย รศ.ฤชากร จิรกาลวสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) อุณหภูมิแตกต่างใช้คำนวณภาระการทำความเย็น สำหรับผนัง

อุณหภูมิแตกต่างใช้คำนวณภาระการทำความเย็น สำหรับผนัง (Cooling Load Temperature Differences (CLTD) from Sunlit wall, °C)																									
Group	ทิศ / เวลา	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Group E	N	7	6	5	4	3	2	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	10	11	12	12	11	10	9	8
	NE	7	6	5	4	3	2	3	5	8	11	13	14	14	14	14	14	15	14	14	13	12	11	9	8
	E	8	7	6	5	4	3	3	6	10	15	18	20	21	21	20	19	18	18	17	15	14	12	11	9
	SE	8	7	6	5	4	3	3	4	7	10	14	17	19	20	20	20	19	18	17	16	14	13	11	10
	S	8	7	6	5	4	3	2	2	2	3	5	7	10	14	16	18	19	18	17	16	14	13	11	10
	SW	12	10	8	7	6	4	4	3	3	3	4	5	7	10	14	18	21	24	25	24	22	19	17	14
	W	14	12	10	8	6	5	4	3	3	4	4	5	6	8	11	15	20	24	27	27	25	22	19	16
	NW	11	9	8	6	5	4	3	3	3	3	4	5	6	7	9	11	14	18	21	21	20	18	15	13
Group F	N	5	4	3	2	1	1	1	2	3	4	5	6	8	9	11	12	12	13	13	13	11	9	7	6
	NE	5	4	3	2	1	1	3	8	13	16	17	16	16	15	15	15	15	14	13	12	10	9	7	6
	E	5	4	3	2	2	1	4	9	16	21	24	25	24	22	20	19	18	17	15	13	11	10	8	7
	SE	5	4	3	2	2	1	2	6	10	15	20	23	24	23	22	20	19	17	16	14	12	10	8	7
	S	5	4	3	2	2	1	1	1	2	4	7	11	15	17	21	22	21	19	17	15	12	10	8	7
	SW	8	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	6	10	14	20	24	28	30	29	25	20	16	13	10
	W	9	7	5	4	3	2	2	2	2	3	4	6	8	11	16	22	27	32	33	30	24	19	15	12
	NW	8	6	4	3	2	2	1	1	2	3	4	6	7	9	12	15	19	24	26	24	20	16	12	10
Group G	N	2	1	0	0	0	1	4	5	5	7	8	10	12	13	13	14	14	15	12	8	6	5	4	3
	NE	2	1	1	0	0	5	15	20	22	20	16	15	15	15	15	15	14	12	10	8	6	5	4	3
	E	2	1	1	0	0	6	17	26	30	31	28	22	19	17	17	16	15	13	11	8	7	5	4	3
	SE	2	1	1	0	0	3	10	18	24	27	28	27	23	20	18	16	15	13	11	8	7	6	4	3
	S	2	1	1	0	0	0	1	3	7	12	17	22	25	26	24	21	17	14	11	8	7	5	4	3
	SW	3	2	2	1	0	0	1	3	4	6	7	14	21	28	33	35	34	29	20	13	10	7	6	4
	W	4	3	2	1	1	1	1	3	5	6	8	10	15	23	31	37	40	37	27	16	11	8	6	5
	NW	3	2	1	1	0	0	1	3	4	6	8	10	12	15	20	26	31	31	23	14	10	7	5	4
1) ค่าในตารางนี้ที่เส้นรุ้ง 40 °N ที่เส้นรุ้งอื่นใช้ค่าแก้ไขในตารางที่ 2) อุณหภูมิห้องคือ 25.5°C ถ้าต่างจากนี้ใช้แก้ไขตามอุณหภูมิที่ขาดหรือเกิน บวกตามเครื่องหมายด้วย (25.5-T_i) 3) อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกคือ 29.4°C ถ้าต่างจากนี้ แก้ไขเช่นกันโดยบวกด้วย (T_o-29.4) 4) ผนังด้านนอกสีเข้ม ถ้าขาวถาวรคูณเฉพาะค่า (CLTD+LM) ด้วย 0.65 5) การจัดกลุ่ม (Group) ดูจากตารางที่																										

(ที่มา: การปรับอากาศ โดย รศ.ฤชากร จิรกาลวสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ตารางที่ ข.3 ค่าแก้ไข CLTD ของหลังคาและผนัง ที่เส้นรุ้งอื่นๆ ของทุกเดือน

ค่าแก้ไข CLTD ของหลังคาและผนัง ที่เส้นรุ้งอื่นๆ ของทุกเดือน CLTD (Correction for Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitudes, °C (LM)							
เส้นรุ้งที่ (Lat.)	เดือน	N	NE NW	E W	SE SW	S	HOR
8 (หาดใหญ่)	Dec	-2.2	-3.3	-1.6	2.2	6.6	-2.7
	Jan/Nov	-1.6	-3.3	-1.1	1.6	5.5	-2.2
	Feb/Oct	-1.6	-1.6	-0.5	0.5	2.2	-0.5
	Mar/Sept	-1.6	-0.5	-0.5	-1.1	-2.2	0.0
	Apr/Aug	1.1	1.1	-0.5	-2.7	-3.8	-0.5
	May/Jul	3.8	2.2	-1.1	-3.8	-3.8	-1.1
	Jun	5.0	2.2	-1.1	-4.4	-3.8	-1.1
14 (กรุงเทพฯ)	Dec	-2.2	-4.1	-2.1	2.2	7.1	-4.4
	Jan/Nov	-2.1	-3.7	-1.9	2.1	6.3	-3.4
	Feb/Oct	-1.6	-2.4	-1.0	1.0	3.4	-1.8
	Mar/Sept	-1.6	-1.0	-0.5	-0.3	-0.6	-0.4
	Apr/Aug	-0.1	-0.1	-0.5	-1.9	-3.4	-0.1
	May/Jul	2.6	1.8	-0.7	-3.0	-3.8	-0.3
	Jun	3.7	2.2	-0.7	-3.6	-3.8	-0.3
16	Dec	-2.2	-4.4	-2.2	2.2	7.2	-5.0
	Jan/Nov	-2.2	-3.8	-2.2	2.2	6.6	-3.8
	Feb/Oct	-1.6	-2.7	-1.1	1.1	3.8	-2.2
	Mar/Sept	-1.6	-1.1	-0.5	0.0	0.0	-0.5
	Apr/Aug	-0.5	-0.5	-0.5	-1.6	-3.3	0.0
	May/Jul	2.2	1.6	-0.5	-2.7	-3.8	0.0
	Jun	3.3	2.2	-0.5	-3.3	-3.8	0.0
19 (เชียงใหม่)	Dec	-2.4	-4.6	-2.8	2.0	7.2	-5.0
	Jan/Nov	-2.2	-4.0	-2.6	2.0	6.8	-3.8

	Feb/Oct	-1.8	-2.9	-1.3	1.3	3.8	-2.2
	Mar/Sept	-1.6	-1.3	-0.5	0.2	0.0	-0.5
	Apr/Aug	-0.7	-0.3	-0.5	-1.2	-3.3	0.0
	May/Jul	1.6	1.4	-0.3	-2.3	-3.8	0.0
	Jun	2.7	2.0	-0.3	-2.9	-3.8	0.0
24	Dec	-2.7	-5.0	-3.8	1.6	7.2	-7.2
	Jan/Nov	-2.2	-4.4	-3.3	1.6	7.2	-6.1
	Feb/Oct	-2.2	-3.3	-1.6	1.6	5.5	-3.8
	Mar/Sept	-1.6	-1.6	-0.5	0.5	2.2	-1.6
	Apr/Aug	-1.1	0.0	-0.5	-0.5	-1.6	0.0
	May/Jul	0.5	1.1	0.0	-1.6	-3.3	0.5
	Jun	1.6	1.6	0.0	-2.2	-3.3	0.5

(ที่มา: การปรับอากาศโดย รศ.ฤชากร จิรกาลวสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ตารางที่ ข.4 ค่าความร้อนสูงสุดจากแสงอาทิตย์ (SHGF)

ค่าความร้อนสูงสุดจากแสงอาทิตย์ (SHGF) ที่ผ่านกระจกใส สำหรับประเทศที่ตั้งอยู่เส้นรุ้งเหนือ, W/m^2												
ทิศ\เดือน	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
8 Deg												
N	101	107	117	139	233	284	243	148	120	110	104	98
NE/NW	224	360	492	581	625	631	615	565	470	353	224	174
E/W	707	754	760	710	659	631	644	681	726	729	694	678
SE/SW	764	691	581	423	306	259	294	404	555	666	735	779
S	511	347	174	123	120	123	123	129	177	341	505	565
HOR	868	928	947	912	874	849	858	890	915	909	861	836
12 Deg												
N	98	107	114	126	189	237	199	133	117	107	101	95
NE/NW	199	331	467	562	612	625	603	549	448	325	199	148
E/W	685	741	757	716	669	644	653	688	722	716	675	653
SE/SW	779	713	599	448	334	284	322	426	574	691	767	792
S	574	420	230	126	126	126	129	448	230	410	565	622
HOR	827	902	937	915	883	864	868	890	905	883	820	789

14 Deg												
N	97	106	112	125	177	223	187	131	116	106	98	93
NE/NW	187	317	454	553	604	619	597	540	436	313	187	139
E/W	674	735	751	716	674	649	658	690	719	710	663	639
SE/SW	786	724	611	461	349	298	336	439	589	701	773	797
S	601	453	262	134	128	128	131	297	262	442	592	646
HOR	805	885	928	914	887	869	871	890	898	868	798	764
16 Deg												
N	95	104	110	123	164	208	174	129	114	104	95	91
NE/NW	174	303	441	543	596	612	590	530	423	300	174	129
E/W	663	729	745	716	678	653	663	691	716	704	650	625
SE/SW	792	735	622	473	363	312	350	451	603	710	779	801
S	628	486	293	142	129	129	133	145	293	473	618	669
HOR	782	868	918	912	890	874	874	890	890	852	776	738

(ที่มา: การปรับอากาศ โดย รศ.ฤชากร จิรกาลวสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) ค่าความร้อนสูงสุดจากแสงอาทิตย์ (SHGF)

ค่าความร้อนสูงสุดจากแสงอาทิตย์ (SHGF) ที่ผ่านกระจกใส สำหรับประเทศที่ตั้งอยู่เส้นรุ้งเหนือ, W/m^2												
ทิศ\เดือน	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
19 Deg												
N	92	100	108	121	152	192	157	127	114	102	92	87
NE/NW	157	284	422	529	585	600	578	516	407	281	157	115
E/W	641	717	747	718	683	661	668	693	712	690	629	599
SE/SW	797	747	643	492	384	334	369	473	622	724	784	801
S	663	533	346	173	132	132	135	171	343	520	654	702
HOR	745	840	897	907	892	879	876	885	874	824	739	698
20 Deg												
N	91	98	107	120	148	186	151	126	114	101	91	85
NE/NW	151	278	416	524	581	596	574	511	401	274	151	110
E/W	634	713	748	719	685	663	669	694	710	685	622	590
SE/SW	798	751	650	498	391	341	375	480	628	729	786	801
S	675	549	363	183	133	133	136	180	360	536	666	713
HOR	732	830	890	905	893	880	877	883	868	814	726	685

(ที่มา: การปรับอากาศ โดย รศ.ฤชากร จิรกาลวสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ตารางที่ ข.5 ตัวคูณลด ค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ ผ่านกระจกใสมีม่าน/มู่ลี่

ตัวคูณลดค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ ผ่านกระจกใสมีม่าน/มู่ลี่ Cooling Load Factor (CLF) for Glass with Interior Shading																								
ทิศ/เวลา	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.8	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.1
NE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.2	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
E	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.8	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.2	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
SE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.3	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
S	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.23	0.38	0.58	0.75	0.83	0.8	0.68	0.5	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
SW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.1	0.09	0.07	0.06
W	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.1	0.08	0.07	0.06
NW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.2	0.21	0.22	0.3	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.1	0.08	0.07	0.06
HOR	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.1	0.08	0.07	0.06

(ที่มา: การปรับอากาศ โดย รศ.ฤชากร จิรกาลวสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ตารางที่ ข.6 อุณหภูมิแตกต่างใช้คำนวณภาระการทำความเย็น แบบการนำความร้อน สำหรับกระจกด้านที่อยู่ภายนอก ซึ่งรังสีแสงอาทิตย์ทะลุผ่าน

อุณหภูมิแตกต่างใช้คำนวณภาระการทำความเย็น แบบการนำความร้อน สำหรับกระจกด้านที่อยู่ภายนอก ซึ่งรังสีแสงอาทิตย์ทะลุผ่าน (Cooling load Temperature Differences (CLTD) for Conduction Through Glass, °C																							
เวลา	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
CLTD	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	2	4	5	7	7	8	8	7	7	6	4	3	2	2	1
1) อุณหภูมิห้องคือ 25.5 C ถ้าต่างจากนี้ก็แก้ไขตามอุณหภูมิที่ขาดหรือเกิน บวกตามเครื่องหมายด้วย (25.5-T_1) 2) อุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายนอกคือ 29.4°C ถ้าต่างจากนี้แก้ไข โดยบวกด้วย (T_0-29.4)																							

(ที่มา: การปรับอากาศ โดย รศ.ฤชากร จิรกาลวสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ตารางที่ ข.7 อุณหภูมิ 24 ชั่วโมง ของกรุงเทพฯ 12 เดือน วันที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิออกแบบ °C

อุณหภูมิ 24 ชั่วโมง ของกรุงเทพฯ 12 เดือน วันที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิออกแบบ °C																									
	เดือน\เวลา	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Avg.
กระเปราะแห้ง (DB)	Jan	26.8	26.7	26.5	26.3	25.9	25.4	25.2	25.2	26.8	30.0	31.3	32.9	33.7	34.4	34.2	33.5	32.4	31.4	30.7	29.4	28.9	28.5	27.7	27.1	29.2
	Feb	24.2	23.4	22.8	22.2	21.8	21.7	21.7	22.2	25.8	29.8	31.2	32.3	33.2	34.1	34.6	34.5	34.0	32.2	29.4	28.3	27.5	26.5	25.8	25.3	27.7
	Mar	28.8	28.3	28.2	28.1	28.0	27.1	26.7	27.2	29.2	32.0	33.3	34.4	33.7	35.5	35.6	35.4	34.2	32.2	31.0	30.5	29.8	29.3	29.2	29.1	30.7
	Apr	29.7	29.6	28.9	29.3	29.3	29.3	29.5	30.4	32.2	33.3	33.9	34.3	34.8	35.2	35.3	35.1	34.6	33.2	31.8	31.1	30.7	30.5	30.2	30.3	31.8
	May	30.0	29.4	28.9	28.5	28.2	28.1	28.2	29.2	30.8	32.0	32.6	33.2	33.5	33.9	34.1	34.0	33.5	32.5	31.2	30.8	30.4	30.4	30.3	30.2	31.0
	Jun	28.0	27.6	27.2	27.0	26.9	26.9	27.0	27.8	29.2	31.2	32.4	33.3	34.0	34.3	34.4	34.4	33.6	32.6	31.6	31.0	30.6	30.2	29.9	29.4	30.4
	Jul	25.8	25.5	25.3	25.2	25.4	25.6	26.0	26.8	28.8	31.5	33.1	34.1	34.5	34.6	34.4	34.0	33.3	32.1	30.7	30.2	29.7	29.3	28.5	27.8	29.7

	Aug	26.7	26.3	25.9	25.7	25.6	25.6	26.0	26.8	28.3	30.5	31.7	32.4	33.0	33.2	33.0	32.6	32.1	30.7	29.5	29.1	29.1	29.0	28.9	28.9	29.2
	Sep	29.1	28.8	28.3	28.0	27.8	27.7	27.6	28.3	29.9	32.1	33.3	34.1	34.3	34.3	34.3	33.7	32.8	31.7	30.7	30.3	30.0	29.9	29.7	29.7	30.7
	Oct	27.0	26.7	26.5	26.1	25.7	25.6	25.6	26.6	28.3	30.2	31.4	32.2	32.5	32.3	31.8	31.1	30.2	29.6	28.3	27.9	27.7	27.5	27.4	27.3	28.6
	Nov	26.5	26.3	25.8	25.2	25.2	25.2	25.5	26.3	27.5	28.9	30.1	30.8	31.4	34.5	31.2	30.8	30.0	29.2	28.3	27.5	26.7	25.8	25.7	26.3	27.8
	Dec	24.4	23.7	23.0	22.1	21.7	21.6	21.7	23.0	26.4	28.7	30.2	31.2	32.2	32.4	32.4	32.3	31.3	29.7	28.5	27.5	26.9	26.2	25.6	25.0	27.0

(ที่มา: การปรับอากาศ โดย รศ.ฤชากร จิรกาลวสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ตารางที่ ข.7 (ต่อ) อุณหภูมิ 24 ชั่วโมง ของกรุงเทพฯ 12 เดือน วันที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิออกแบบ °C

	เดือน\เวลา	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
กระเปราะเปียก (WB)	Jan	25.2	25.0	24.9	24.8	24.6	24.4	24.2	24.4	25.0	25.7	25.7	25.8	25.8	26.1	25.8	25.8	25.7	25.3	25.0	24.9	24.9	25.5	25.7	25.3
	Feb	21.2	20.8	20.3	20.0	19.8	19.3	19.2	19.2	19.9	21.2	22.0	22.3	22.5	22.6	22.8	23.0	23.1	23.2	23.2	23.1	23.0	23.0	22.7	22.3
	Mar	26.1	26.1	26.1	26.1	25.3	24.4	23.7	23.6	24.2	24.7	24.9	24.9	27.5	25.0	25.2	25.5	25.6	25.7	25.7	25.7	25.6	25.3	25.4	25.4
	Apr	27.0	26.8	26.8	26.8	27.0	27.4	27.5	27.2	27.1	26.6	26.9	27.7	28.5	28.4	28.2	27.8	27.6	27.3	27.5	27.6	27.8	28.0	27.8	27.2
	May	27.2	26.7	26.1	25.5	25.5	25.5	25.5	25.6	25.7	25.8	26.1	26.6	26.9	27.1	27.2	27.3	27.1	26.9	26.8	26.8	27.2	27.7	27.8	27.8
	Jun	25.7	25.4	25.1	24.8	24.6	24.3	24.3	24.6	25.1	25.5	25.7	25.9	26.2	26.4	26.6	26.7	26.7	26.9	27.0	26.9	26.7	26.5	26.6	26.1
	Jul	23.8	23.7	23.6	23.7	23.9	24.3	24.7	25.4	25.9	26.4	26.4	26.3	26.1	25.8	25.6	25.4	25.4	25.6	26.0	26.0	25.8	25.7	25.3	24.6

	Aug	24.3	24.1	23.9	23.7	23.6	23.6	23.5	23.6	23.8	24.2	24.4	24.7	25.0	25.4	25.9	26.5	26.4	26.2	25.7	25.7	25.9	26.2	25.9	25.4
	Sep	26.5	26.0	25.4	25.0	24.6	24.4	24.4	24.8	25.6	26.3	26.7	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2	26.9	26.6	26.0	26.0	26.3	26.9	26.9	26.8
	Oct	25.5	25.5	25.4	25.4	25.2	24.7	24.5	24.6	25.3	26.0	26.0	25.9	25.6	25.6	25.6	25.7	25.6	25.4	25.2	25.4	25.4	25.5	25.5	25.5
	Nov	23.5	23.7	23.6	23.3	23.2	23.3	23.5	23.7	23.9	24.2	24.3	24.7	24.7	24.7	24.4	24.1	24.0	23.9	23.9	23.7	23.3	22.8	22.8	23.3
	Dec	22.2	21.8	21.3	20.7	20.4	20.3	20.4	21.3	22.2	23.0	23.4	25.4	24.0	24.1	23.9	23.7	23.6	23.4	23.0	22.6	22.2	22.0	22.1	22.2

(ที่มา: การปรับอากาศ โดย รศ.ฤชากร จิรกาลวสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ตารางที่ ข.8 อัตราความร้อนจากตัวคนในกิจกรรมต่างๆ โดยเฉลี่ยรวมทั้งชาย หญิงและเด็ก

อัตราความร้อนจากตัวคนในกิจกรรมต่างๆ โดยเฉลี่ยรวมทั้งชาย หญิงและเด็ก					
ลักษณะของกิจกรรม	ความร้อนรวม, w	ความร้อนสัมผัส , w	ความร้อนแฝง, w	% ความร้อนแบบแผ่รังสี	
				ความเร็วลมต่ำ	ความเร็วลมสูง
นั่งเฉยในโรงภาพยนต์	95	65	30	60	27
นั่งเฉยในโรงภาพยนต์เวลากลางคืน	105	70	35		
นั่งทำงานเบามาก เช่นในสำนักงาน	115	70	45		
นั่งๆ ยืนๆ ทำงานในสำนักงาน	130	75	55	58	38
ยืน ทำงานเบาๆ เดิน เช่นพนักงานห้าง	130	75	55		
เดินบ้าง ยืนบ้าง เช่นพนักงานขายยาและธนาคาร	145	75	70		
นั่งรับประทานอาหาร เช่นในภัตตาคาร	160	80	80		
งานโรงงานแบบเบา	220	80	140	49	35
เต้นรำเพลงเบาๆ	250	90	160		
เดินด้วยความเร็ว 4 กม/ชม. ใช้แรงงานเบา	295	110	185		
เล่นโบวลิ่ง	425	170	255	54	19
ใช้แรงงานหนัก เช่นในโรงงานหนัก	425	170	255		
ใช้แรงงานหนักมาก เช่นในโรงงานหนัก	470	185	285		
เล่นกีฬา	525	210	315		
1) นั่งรับประทานอาหาร ความร้อนนั้นรวมทั้งเกิดจากอาหารด้วยแล้ว คือความร้อนสัมผัส 9 W ความร้อนแฝง 9W 2) ในการเล่น โบวลิ่งนั้น ใน 1 เลนจะมี 1 คนเท่านั้นที่โยน ส่วนคนอื่นๆ จะนั่ง (115W) หรือดินๆ อื่น ๆ (145W)					

(ที่มา: การปรับอากาศ โดย รศ.ฤชากร จิรกาลวสาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ตารางที่ ข.9 แสดงค่าสัมประสิทธ์การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังไม้อัด

ผนังแผ่นไม้อัดมีค่า U คือ 1.8 W/m^2. °C

ผิวภายนอกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	
แผ่นไม้อัดฮาร์ดบอร์ดปานกลาง	หนา 50 mm.
ผิวภายในที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	

(ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน)

ตารางที่ ข.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกธรรมดา

กระจกธรรมดามีค่า U คือ 5.61 W/m^2. °C

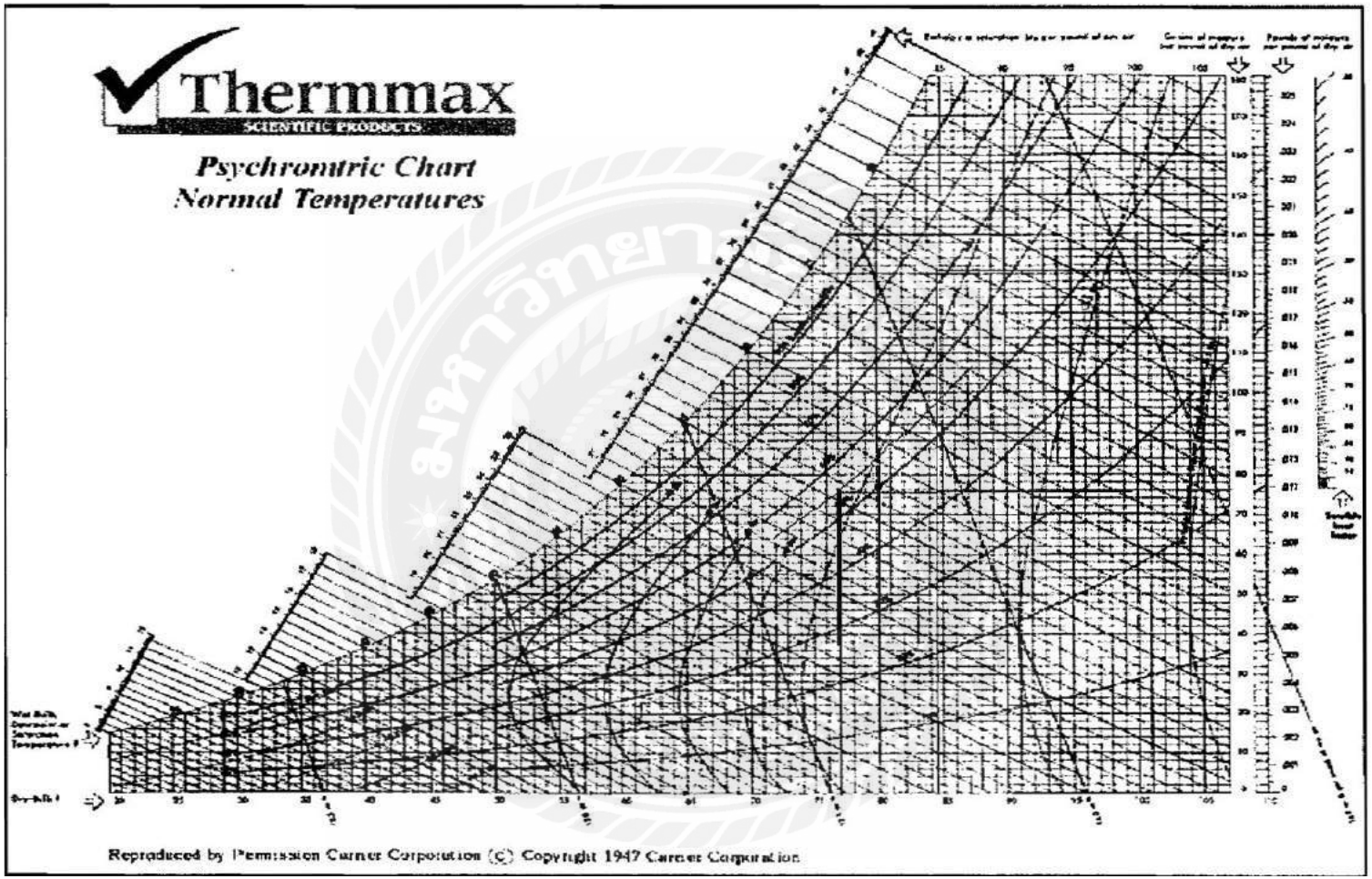
ผิวภายนอกที่มีค่าสัมประสิทธ์การแผ่รังสีสูง	
แผ่นกระจก	หนา 5 mm.
ผิวภายในที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	

(ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน)

ตารางที่ ข.11 แสดงค่า CLTD ของหลังคาในกทม.

Roof	U	Solar Time (hr)																							
No	(W/m2.K)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1.655	1	-1	-1	-1	-2	-2	3	11	20	29	36	42	45	43	39	33	26	17	10	7	5	4	3	2
2	0.831	6	5	5	4	3	3	4	8	13	20	26	31	34	36	35	33	30	24	18	14	11	9	8	7
3	0.565	10	9	8	8	7	7	8	13	19	26	32	36	38	39	39	38	36	31	26	21	17	15	13	11
4	1.820	3	2	2	1	1	0	5	13	22	30	37	41	44	45	40	33	25	17	10	7	5	5	4	4
5	0.876	5	4	4	3	2	2	2	6	11	18	25	30	32	33	33	31	28	23	17	13	10	8	7	6
6	-0.587	9	8	7	7	7	6	8	12	18	24	29	34	36	37	37	36	33	29	24	20	16	14	12	10
7	1.206	1	0	-1	-1	-1	-2	2	9	19	29	37	43	48	49	45	38	30	19	11	6	4	3	2	2
8	0.693	1	1	0	0	0	0	2	7	14	23	31	38	41	42	40	35	28	20	13	8	4	3	2	1
9	0.492	2	2	1	1	0	0	2	6	13	20	27	33	37	39	39	37	32	26	19	13	9	6	4	3
10	1.236	0	0	0	0	-1	-1	0	7	18	29	38	44	47	47	43	36	26	15	8	4	2	1	1	0
11	0.703	1	0	0	0	0	0	1	7	16	26	34	40	44	44	42	37	30	20	13	7	4	3	2	1
12	0.497	2	2	1	1	1	1	2	7	14	21	29	35	38	39	38	35	29	22	15	9	6	4	3	3

ตารางที่ ข.12 ตาราง psychrometric chart



ตารางที่ ข.13 ตารางคำนวณ BTU

ขนาดแอร์ (บีทียู) BTU/ Hr TEDDYAIR SINCE 1974	บีทียูแอร์ ที่เหมาะสมกับขนาดห้อง (ตารางเมตร) เพดานสูงไม่เกิน 3 เมตร							
	ห้องนอน (BED ROOM)		ห้องทำงาน / ห้องรับแขก		ร้านอาหาร (RESTAURANT)			
	ควรล้างแผ่นกรองฝุ่น(Pre-Filter)ขั้นต่ำ 1-2 ครั้ง ต่อเดือน (ล้างเองได้) ควรล้างแอร์ขั้นต่ำ 2-4 ครั้ง ต่อปี (ช่างชำนาญการล้าง)		ควรล้างแผ่นกรองฝุ่น(Pre-Filter)ขั้นต่ำ 2-3 ครั้ง ต่อเดือน (ล้างเองได้) ควรล้างแอร์ขั้นต่ำ 3-5 ครั้ง ต่อปี (ช่างชำนาญการล้าง)		ควรล้างแผ่นกรองฝุ่น(Pre-Filter)ขั้นต่ำ 3-4 ครั้ง ต่อเดือน (ล้างเองได้) ควรล้างแอร์ขั้นต่ำ 4-12 ครั้ง ต่อปี (ช่างชำนาญการล้าง)			
	ปกติ/ กำแพงทึบ	โดนแดด/ กำแพงกระจก	ปกติ/ กำแพงทึบ	โดนแดด/ กำแพงกระจก	ปกติ/ กำแพงทึบ		โดนแดด/ กำแพงกระจก	
5,000 BTU	5 - 8 ตร.ม.	4 - 6 ตร.ม.	4 - 6 ตร.ม.	4 - 5 ตร.ม.	4 - 5 ตร.ม.		3 - 4 ตร.ม.	
*** 9,000 BTU ***	9 - 15 ตร.ม.	8 - 11 ตร.ม.	8 - 11 ตร.ม.	6 - 9 ตร.ม.	8 - 9 ตร.ม.		7 - 8 ตร.ม.	
*** 12,000 BTU ***	12 - 20 ตร.ม.	10 - 15 ตร.ม.	10 - 15 ตร.ม.	9 - 12 ตร.ม.	10 - 12 ตร.ม.		9 - 10 ตร.ม.	
** 15,000 BTU **	15 - 25 ตร.ม.	13 - 19 ตร.ม.	13 - 19 ตร.ม.	11 - 15 ตร.ม.	13 - 15 ตร.ม.		11 - 13 ตร.ม.	
*** 18,000 BTU ***	18 - 30 ตร.ม.	15 - 23 ตร.ม.	15 - 23 ตร.ม.	13 - 18 ตร.ม.	15 - 18 ตร.ม.		13 - 15 ตร.ม.	
20,000 BTU	20 - 33 ตร.ม.	17 - 25 ตร.ม.	17 - 25 ตร.ม.	14 - 20 ตร.ม.	17 - 20 ตร.ม.		15 - 17 ตร.ม.	
22,000 BTU	22 - 37 ตร.ม.	18 - 28 ตร.ม.	18 - 28 ตร.ม.	16 - 22 ตร.ม.	19 - 22 ตร.ม.		16 - 18 ตร.ม.	
*** 24,000 BTU ***	24 - 40 ตร.ม.	20 - 30 ตร.ม.	20 - 30 ตร.ม.	17 - 24 ตร.ม.	20 - 24 ตร.ม.		17 - 20 ตร.ม.	
* 30,000 BTU *	30 - 50 ตร.ม.	25 - 38 ตร.ม.	25 - 38 ตร.ม.	21 - 30 ตร.ม.	26 - 30 ตร.ม.		22 - 25 ตร.ม.	
* 36,000 BTU *	36 - 60 ตร.ม.	30 - 45 ตร.ม.	30 - 45 ตร.ม.	26 - 36 ตร.ม.	31 - 36 ตร.ม.		26 - 30 ตร.ม.	
40,000 BTU	40 - 67 ตร.ม.	33 - 50 ตร.ม.	33 - 50 ตร.ม.	29 - 40 ตร.ม.	34 - 40 ตร.ม.		29 - 33 ตร.ม.	
* 42,000 BTU *	42 - 70 ตร.ม.	35 - 53 ตร.ม.	35 - 53 ตร.ม.	30 - 42 ตร.ม.	36 - 42 ตร.ม.		31 - 35 ตร.ม.	
* 48,000 BTU *	48 - 80 ตร.ม.	40 - 60 ตร.ม.	40 - 60 ตร.ม.	34 - 48 ตร.ม.	41 - 48 ตร.ม.		35 - 40 ตร.ม.	
50,000 BTU	50 - 83 ตร.ม.	42 - 63 ตร.ม.	42 - 63 ตร.ม.	36 - 50 ตร.ม.	43 - 50 ตร.ม.		36 - 42 ตร.ม.	
55,000 BTU	55 - 92 ตร.ม.	46 - 69 ตร.ม.	46 - 69 ตร.ม.	39 - 55 ตร.ม.	47 - 55 ตร.ม.		40 - 46 ตร.ม.	
60,000 BTU	60 - 100 ตร.ม.	50 - 75 ตร.ม.	50 - 75 ตร.ม.	43 - 60 ตร.ม.	51 - 60 ตร.ม.		44 - 50 ตร.ม.	
60,000 BTU ขึ้นไป	สอบถามบริษัทฯ							

ตารางเมตรห้อง คือการนำความกว้าง(เมตร) และความยาว(เมตร)ของห้อง มาคูณ(x)กัน จะได้ตารางเมตรห้อง เช่นห้อง 4 เมตร x 6 เมตร = 24 ตารางเมตร

ถ้าห้องปกติทั่วไป นำตารางเมตร x ค่า factor 800 จะได้บีทียูที่ควรติดตั้งแอร์ เช่นห้อง 24 ตารางเมตร x 800 = 19,200 บีทียู สามารถใช้ขนาด 18,000 บีทียู ได้ (ต่ำกว่าได้ไม่ควรเกิน 2,000 บีทียู)

แต่ถ้าห้อง 27 ตารางเมตร x 800 = 21,600 บีทียู ควรใช้ขนาด 24,000 บีทียู ไม่ควรใช้ขนาด 18,000 บีทียู เพราะถ้าเลือกขนาดเล็กลง เกินกว่า 2,000 บีทียู แอร์จะทำงานหนักและโหลดเกินไป ประสิทธิภาพแอร์ลดลง

อายุแอร์สั้นลง แอร์จะไม่เย็น ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ และอัตราการกินไฟก็อาจจะมากกว่าแอร์ที่ติดขนาดเผื่อหรือใหญ่กว่าด้วย เปรียบเสมือนเอารถมอเตอร์ไซด์ไปขนส่งของหนัก แทนที่จะใช้รถกระบะ ที่เหมาะสมกว่า

คอนโดเดียวกัน หรือหมู่บ้านเดียวกัน ขนาดห้องเท่ากัน ติดแอร์รุ่นยี่ห้อเดียวกัน ความเย็นหรือประสิทธิภาพของแอร์ก็อาจจะออกมาไม่เท่ากัน เนื่องจากอาจจะอยู่คนละชั้น อยู่คนละมุมตึก อยู่คนละทิศ แสงแดดส่องกระทบต่างกัน

อุปกรณ์ไฟฟ้า จำนวนคนในห้องต่างกัน ความหนาความบางของผ้าม่านที่สามารถกรองแสงได้ต่างกัน ก็จะเย็นได้ไม่เท่ากัน ถึงแอร์จะสามารถทำให้แรงลมและอุณหภูมิเย็นเท่ากันได้ แต่อัตราการกินไฟก็ไม่เท่ากัน

กรณีลูกค้าเป็นผู้เลือกรุ่น ขนาดบีทียูแอร์แล้ว ติดตั้งไปแล้วแอร์เย็นไม่พอ เย็นไม่ถึง ความเย็นไม่เย็นทั่วห้อง แต่อุณหภูมิหน้าเครื่องคอยล์เย็น เย็นปกติ เท่ากับแอร์ทำงานปกติ แต่ขนาดห้องเกินขนาดที่แอร์สามารถทำความเย็นได้

ทางบริษัทฯผู้แทนจำหน่าย ร้านค้าผู้ขาย พนักงานขาย ช่างติดตั้ง รวมถึงบริษัทฯโรงงานผู้ผลิต เจ้าของสินค้า สงวนสิทธิ์ในการรับประกันสินค้า/ผลิตภัณฑ์ และการติดตั้ง เนื่องจากอยู่นอกเหนือเงื่อนไขการรับประกัน

ควรติดแอร์ขนาดบีทียูให้พอดีกับห้อง สำหรับแอร์ระบบธรรมดา(Fixed Speed) หรือสามารถใหญ่กว่าห้องได้ระดับนึง กรณีเลือกแอร์แบบระบบอินเวอร์เตอร์(Variable Speed) เพราะแอร์สามารถทำรอบต่ำ-รอบสูงได้

คุณลูกค้าเทิดดี้แอร์ ควรคำนวณตัวแปรต่างๆ เพิ่มเติมโดยละเอียด ทั้งปัจจัยภายนอกและภายใน เพื่อบีทียูและแบบแอร์ที่เหมาะสมกับห้อง

ตารางแนะนำขนาดบีทียูนี้ เป็นเพียงการแนะนำเบื้องต้น สำหรับห้องมาตรฐานทั่วไป การใช้งานปกติ ถ้ามีเงื่อนไขการใช้งานอื่นๆ ควรคำนวณบีทียูและแบบแอร์ที่ควรติดตั้งใหม่โดยผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง

ประวัติผู้จัดทำ/คณะผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล : นายเพราพงศ์พันธุ์ พูลมา
รหัสนักศึกษา : 6123100005
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ : วิศวกรรมศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน : 53/100 โมดิลวิลล่า ถนน เลียบคลองภาษีฝั่งเหนือ 20/2 เขตหนองแขมแขวง หนองแขม 10160

https://drive.google.com/drive/folders/10IMF1TU9JuXd2-OpiQ0vlAbQZOp2vCr1?usp=sharing

รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา
การคำนวณค่าภาระการทำความเย็น
กรณีศึกษา โครงการหมู่บ้านโมดิลวิลล่า
Calculation of the Cooling Load
Case Stady of Modil Villa Village Project

โดย

นาย เพราพงศ์พันธุ์ พูลมา 6123100005

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564