

การปรับอากาศ

(Air - conditioning)

สุรศักดิ์ ชียางคบุตร *

1. บทนำ

บรรยากาศของโลกที่เราได้อาศัยอยู่จะขึ้นกับลักษณะทางภูมิศาสตร์ของแต่ละท้องถิ่นหรือเรียกว่า ภูมิอากาศ ซึ่งจะแตกต่างกันโดยอาจสามารถแบ่งได้เป็น เขตร้อน เขตอบอุ่น เขตหนาว เขตมรสุม เป็นต้น นอกจากนี้แล้วภูมิอากาศถูกสร้างขึ้นด้วยมนุษย์เองได้ เช่น อากาศผ่านอุตสาหกรรมอากาศในเมืองแออัด อากาศชนบท เป็นต้น นอกจากนั้นในรอบปีหนึ่งยังมีฤดูกาล เดือน วันและเวลา ลักษณะอากาศจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาอาจเป็นทั้งสภาวะอากาศที่พอเหมาะ หรือไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตก็ได้ ส่วนในบางแห่งอาจถึงขั้นเกิดมลภาวะอากาศทั้งด้านเสียงอีกด้วย ฝุ่นละอองมาก กลิ่นเหม็น มีเชื้อโรคปะปน อยู่ได้ สำหรับการแก้ปัญหาภาวะอากาศนี้จะอาศัยความรู้วิทยาศาสตร์ประยุกต์ เรียกว่าการปรับอากาศ (Air - Conditioning)

2. จุดประสงค์ของการปรับอากาศ [1]

เพื่อที่แก้ปัญหาเรื่องมลภาวะของอากาศของโลก การปรับอากาศจึงตั้งจุดประสงค์ไว้ดังนี้.

- 2.1 สร้างอุณหภูมิของอากาศให้เหมาะสมและมีระดับสม่ำเสมอ
- 2.2 สร้างความชื้นของอากาศให้เหมาะสมกับอุณหภูมิที่ต้องการและให้สม่ำเสมอ
- 2.3 จัดให้มีอากาศหมุนเวียนให้เหมาะสม
- 2.4 ทำให้อากาศสะอาด ปราศจากสิ่งปนเปื้อน ฝุ่นละออง เกสร แบคทีเรีย เป็นต้น
- 2.5 ควบคุมระดับเสียงให้เหมาะสมกับงานหรือกิจกรรมที่ทำ

3. ประเภทของการปรับอากาศ

การปรับอากาศสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ

3.1 ปรับอากาศเพื่อความสบาย (Comfort Air - Conditioning)

เป็นการสร้างห้องปรับอากาศเพื่อมุ่งให้สุขภาพกายและจิตใจผู้อาศัยให้เกิดความเป็นปกติ ให้สามารถประกอบกิจการต่าง ๆ ให้ดีขึ้น เช่น บ้านพัก ร้านค้า โรงแรม โรงภาพยนตร์ หรืออาคารสาธารณะที่มีกลุ่มคนหมู่มาก เป็นต้น

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มข.

ตาราง 1 ลักษณะอาการของท้องถื่นในประเทศตะวันออก [2]

[illegible]

- 1) ความสูงที่ตั้งหอส่งเหตุการณ์อุทกนิยมหาวิทยาลัย ให้ดูจากตารางบัญชีทางวิทยาศาสตร์
 - 2) จากตารางบัญชีทางวิทยาศาสตร์ ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความชื้นฤดูร้อนได้มาโดยค่าอุณหภูมิเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ในกรณีที่อัตราส่วนความชื้นสูงกว่าแม้อุณหภูมิค่า จะแสดงภาวะของสองเดือน (อาทิ เดลฮี ร้างกุ้ง และ จาการ์ตา)
 - 3) ค่า 1% เกินความเป็นไปได้ระหว่างเดือนที่เย็นที่สุดสามเดือน
 - 4) ค่าเฉลี่ยของเดือนที่ร้อนที่สุด
 - 5) ค่า 1% เกินความเป็นไปได้ระหว่างเดือนที่ร้อนที่สุดสี่เดือน
 - 6) ได้จาก 5)
 - 7) 4), 5) ได้จากหน้า 684 ของหนังสือ ASHRAE Hand Book of Fundament als.
- 1972 (ยกเว้นกรณีของโตเกียว)

3.2 การปรับอากาศเพื่ออุตสาหกรรม (Industrial Air - Conditioning) เป็น การสร้างสภาวะให้บริเวณผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ เพื่อให้คุณภาพคงที่และดีเสมอ รวมทั้งสามารถเร่ง ปริมาณการผลิตเพื่อสนองับความต้องการของตลาด

นอกจากนี้เพื่อเป็นที่เก็บสินค้าหรือเครื่องใช้ที่มีความไวต่ออุณหภูมิ ความชื้น และฝุ่นละออง เช่น โรงงานผลิตยา โรงงานกระดาษ โรงงานทอผ้า พิมพ์ผ้า โรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูป โรงงานผลิตเลนส์ และฟิล์ม ห้องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

4. เกณฑ์ของการปรับอากาศ

เพื่อให้บรรลุในจุดประสงค์ของการปรับอากาศ จึงได้มีการค้นคว้าวิจัยและทดลองหาสภาวะอากาศเพื่อให้คนอยู่อย่างสุขสบาย ตลอดจนหาสภาวะอากาศสำหรับประกอบกิจการต่างๆ และได้มีการสรุปผล ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง กล่าวคือ ได้มีการกำหนดเกณฑ์สภาวะอากาศห้องกินต่างๆ และได้สภาวะภายในห้องปรับอากาศ

4.1 เกณฑ์ลักษณะอากาศของห้องกิน [2]

เกณฑ์ลักษณะอากาศจะเรียกศัพท์เทคนิคของวิชาการปรับอากาศว่าออกแบบภายนอก [Outside design] ข้อมูลที่ได้จะนำมาหน่วยงานที่รับผิดชอบทางอุตุนิยมวิทยาของแต่ละประเทศ ข้อมูลดังกล่าวจะเกี่ยวกับอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature) อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature) อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดในช่วงวัน (Daily Range temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ตลอดจนฤดูกาลหนึ่งในแต่ละปี ข้อมูลที่ได้ต้องนำมาวิเคราะห์โดยหลักวิชาสถิติในช่วงหลายๆ ปี เช่น 10 ปี 15 ปี 20 ปี หรือนานกว่า ก็จะทำให้มีความเที่ยงตรงดีขึ้น ดังตารางที่ 1 เป็นตารางสรุปผลของลักษณะอากาศของประเทศตะวันออก

4.2 เกณฑ์ความสบายของมนุษย์ [4]

ศัพท์เทคนิคทางวิชาการของเกณฑ์ความสบายของมนุษย์ว่า "ออกแบบภายใน" (Inside design) การพิจารณาถึงสภาวะที่คนเราอยู่ได้สบายนั้น ก่อนอื่นขอกล่าวถึงสรีระร่างกายของคนเราที่เป็นปกติจะมีอุณหภูมิในร่างกาย 37°C ส่วนที่ผิวหนังประมาณ 30°C ร่างกายจะมีอุณหภูมินี้จากการรับประทานอาหารเรียกว่า ทำให้เกิดเมตาบอลิซึม และความร้อนจะมาจากภาวะแวดล้อม เช่น แสงแดด เตาไฟ เป็นต้น ร่างกายสามารถปรับตัวเองได้อย่างน่าอัศจรรย์ เพื่อควบคุมระดับอุณหภูมิไม่ให้มากเกินไปหรือน้อยไป ซึ่งถ้าหากปรับตัวไม่ทันจะเกิดเจ็บป่วยได้ เช่น การที่อยู่ในสภาวะอากาศร้อนเกินไปและเป็นเวลายาวนาน ร่างกายจะปรับตัวเองโดยการสร้างเหงื่อเพื่อให้ระเหยพาเอาความร้อนจากร่างกายออกไปทิ้ง เพื่อมิให้อุณหภูมิภายในร่างกายสูงเกินค่าปกติ ลักษณะเช่นนี้เลือดจะถูกส่งมายังบริเวณต่อมเหงื่อมาก ซึ่งจะทำให้ไอร่วงภายในอื่นๆ ขาดเลือด เกิดมีนงง เวียนหัว อาเจียร เหงื่อมากจะกระหายน้ำ แต่รับประทานอาหารน้อยลงทำให้ขาดอาหาร เกลือแร่มากับเหงื่อร่างกายเสียแร่ธาตุด้วย จะเกิดเจ็บป่วยในที่สุด ส่วนกรณีอยู่ในที่หนาวเย็น ความร้อนในร่างกายจะสูญเสียจากการนำพาความร้อน ถ้าอัตราการสูญเสียสูงกว่าอัตราการเมตาบอลิซึม คนจะปฏิบัติภารกิจตามปกติไม่ได้ พลังงานในตัวน้อย ภูมิต้านทานเชื้อโรคต่ำ จำเป็นต้องสวมเสื้อผ้าหนาขึ้นเพื่อป้องกันความร้อนออกจากร่างกาย นอกจากนี้อากาศเย็นเกินไปจะระคายเคืองต่อระบบหายใจ เป็นหวัดได้ง่าย และเจ็บป่วยในที่สุด

ดังนั้นการสร้างสภาวะอากาศไม่ให้เย็นหรือร้อนเกินไป ย่อมทำให้ร่างกายไม่ต้องมีการปรับตัวบ่อยครั้งเกินไป ซึ่งเรียกว่า เกิดความเครียดทั้งร่างกายและจิตใจ ก็จะเป็นการส่งเสริมสุขภาพ

ทั้งกายและจิตใจให้ดีขึ้น สามารถทำงานได้นาน และเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานได้

แต่ในความรู้สึกของแต่ละคนต่อสภาวะอากาศจะแตกต่างกันไป เช่น เมื่อเดินผ่านห้องเดียวกัน บางคนจะกล่าวว่ากำลังพอดี บางคนว่าเย็นไป และอื่นๆ แตกต่างกันไป จากการวิจัยและตรวจสอบจากกลุ่มคนจำนวนมากของสมาคมวิศวกรปรับอากาศอเมริกา ASRHAE (ย่อจาก American Society of Refrigerating, Heating and Air - Conditioning Engineers) ได้ผลสรุปผลว่า สภาวะอากาศภายใน "Central Zone" (สี่เหลี่ยม ADGF) เป็นสภาวะที่จำนวนตั้งแต่ครั้งขึ้นไป รู้สึกสบายตลอดทั้งปี ซึ่งประกอบด้วยค่าดังนี้

1. อุณหภูมิกระเปาะแห้งอยู่ในช่วง 65 - 85 F
2. อุณหภูมิกระเปาะเปียกอยู่ในช่วง 52 - 72 F
3. ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 30 - 70%
4. กระแสลมอยู่ในช่วง 15 - 25 ฟุตต่อนาที
5. สวมเสื้อผ้าธรรมดาขณะอยู่ภายในบ้าน ปฏิบัติงานเบา เช่น นั่งเล่น

นอกจากนี้วัย เพศ และการปฏิบัติภารกิจก็ทำให้มีความรู้สึกต่อสภาวะอากาศแตกต่างกันด้วย เช่น คนหนุ่มทำงานหนักมักจะชอบอากาศเย็นกว่าคนแก่ที่ทำงานเบา เป็นต้น

ได้มีการยอมรับข้อตกลงเกี่ยวกับเกณฑ์ "ออกแบบภายใน" [Inside design] โดยแยกออกเป็นฤดูร้อนและฤดูหนาว ตามตารางที่ 2 สำหรับปรับอากาศของงานชนิดต่างๆ

5. การสร้างสภาวะอากาศเพื่อความสบาย

โดยทั่วไปการสร้างอาคารหรือบริเวณใช้งานมักจะถูกออกแบบโดยสถาปนิก ซึ่งแต่ละงานย่อมแตกต่างกัน เช่น บ้านพัก ย่อมแตกต่างร้านค้า เป็นต้น ดังนั้นการพิจารณาก่อสร้างห้องปรับอากาศก็ย่อมขึ้นกับลักษณะของโครงสร้างอาคารและขึ้นกับลักษณะงานเป็นสำคัญด้วยเช่นกัน

การปรับอากาศสำหรับฤดูร้อนมักจะต้องทำให้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศเย็นกว่าค่าออกแบบภายนอก ตรงข้ามในฤดูหนาวก็ควรมีเครื่องทำความอบอุ่น หรือให้ออกแบบภายในอุณหภูมิสูงกว่าค่าออกแบบภายนอก แต่สำหรับเมืองไทย อยู่ในเขตร้อน อากาศค่อนข้างร้อนตลอดทั้งปี สำหรับฤดูหนาวเช่นช่วงสั้นๆ และไม่หนาวจัด สวมเสื้อผ้าหนาๆ หรือปิดประตูหน้าต่างก็สามารถพอเพียงกับการเป็นอยู่สบายได้ โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องทำความอบอุ่นเหมือนเมืองในเขตหนาว ดังนั้น การสร้างห้องปรับอากาศบ้านเราจะพิจารณาแต่เฉพาะการทำให้อุณหภูมิออกแบบภายในเย็นลงเท่านั้น (นอกจากนั้นการปรับอากาศในงานอุตสาหกรรมก็ยอมแล้วแต่กระบวนการผลิตซึ่งปัจจัยของการพิจารณาจะเป็นไปแบบเฉพาะเจาะจง และมีรายละเอียดมากจะไม่ขอกล่าวในที่นี้)

ตัดสินปัจจัยในการสร้างห้องปรับอากาศของบ้านเราสรุปได้ดังนี้

- ก. ค่าออกแบบภายนอก : อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30.3 C ความชื้นสัมพัทธ์ 77% (นำมาจากตารางที่ 1)
- ข. ค่าออกแบบภายใน : (สำหรับบ้านพัก) อุณหภูมิกระเปาะแห้งช่วง 74 - 79 F (23.5 - 26 C) ความชื้นสัมพัทธ์ 45 - 50% (นำมาจากตารางที่ 2)
- ค. ฤดูร้อน : เดือนเมษายน (จากตารางที่ 1)
- ง. ที่ตั้งภูมิศาสตร์ : (กทม.) เส้นรุ้ง (lat. 14 N) เส้นแวง (long) 101 E (จากตารางที่ 1)
- จ. การระบายอากาศ : เป็นไปตามกฎหมายท้องถิ่น หรืออาจนำจากค่าที่ได้รับรองกันไว้ เช่น ตารางที่ 3
- ฉ. ระดับเสียง : เป็นไปตามกฎหมายท้องถิ่น หรือค่าที่ได้รับรองกันไว้ เช่น ตารางที่ 4 (จะสังเกตเห็นว่า การปรับอากาศบ้านเรา ต้องลดทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ลงดังตัวเลขข้อ ก และ ข)

6. เครื่องปรับอากาศ [1]

เนื่องจากการปรับอากาศบ้านเราต้องทำให้อุณหภูมิต้องเย็นลงและความชื้นสัมพัทธ์ลดลงด้วย เครื่องอุปกรณ์ที่สามารถเลือกไว้ได้มีหลายแบบด้วยกันคือ

6.1 ลดอุณหภูมิอากาศลงด้วยคอยล์เย็นและลดค่าความชื้นด้วยสารดูดความชื้น

6.2 ใช้เครื่องล้างอากาศ (Air Washer) ด้วยการพ่นน้ำเย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำค้างของอากาศภายนอก ก็จะเป็นการลดทั้งอุณหภูมิและความชื้นของอากาศได้ดังรูปที่ 4

ทางเลือกจากทั้ง 3 วิธีนี้ วิธีที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันคือ ข้อ 6.3 ด้วยการนำเครื่องเย็นรวมอยู่ในเครื่องปรับอากาศดังปรากฏเห็นเป็นตัวอย่างในห้องปรับอากาศทั่วๆ ไป

7. การหาขนาดเครื่องปรับอากาศ

ขนาดความสามารถของเครื่องปรับอากาศที่จะใช้นี้ก็คืออุปกรณ์ที่จะต้องรับภาระ ขจัดความร้อนออกจากห้องปรับอากาศนั่นเอง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องทราบว่าความร้อนที่จะทำให้ห้องปรับอากาศหรืออาคารโครงสร้างต่างๆ ร้อนขึ้นได้อย่างไร

7.1 ภาระความร้อนของห้องปรับอากาศ (Air - Conditioning Load) [Z]

เนื่องจากสภาวะภายนอกห้องอุณหภูมิสูง ส่วนภายในห้องอุณหภูมิต่ำกว่า ความร้อนจึงสามารถไหลถ่ายเข้าสู่ห้องปรับอากาศได้ นอกจากนี้ยังมีความร้อนมาจากแหล่งอื่นๆ เช่น จากคนอยู่อาศัย จากเครื่องใช้ประจำวัน จากนำของร้อนไปเก็บ เป็นต้น ซึ่งสามารถจัดแบ่งได้คือ

ก. ประเภทความร้อนแบ่งเป็น ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) และความร้อนแฝง (Latent heat) ผลรวมจากทั้งสองประเภทนี้เรียกว่า ภาระความร้อนของห้องปรับอากาศซึ่งต้องเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศไม่ต่ำกว่าค่าที่ได้นี้

ข. แหล่งที่มาของความร้อน (Heat Sources) ประกอบด้วยทั้งจากภายนอกห้องปรับอากาศ (External) และภายในห้องปรับอากาศ (Internal)

7.2 ความร้อนสัมผัสจากภายนอกห้อง สามารถเกิดจากแหล่งต่างๆ ดังนี้

7.2.1 แสงแดดส่องกระทบโครงสร้าง

7.2.2 ความร้อนไหลผ่านโครงสร้าง

7.2.3 คนเข้ามาสู่ห้องปรับอากาศ

7.2.4 ลมร้อนรั่วเข้าสู่ห้อง เช่น เปิดประตู รั่วตามรอยแตก

7.2.5 ของที่นำมาจากภายนอกเข้าเก็บไว้ในห้อง

7.3 ความร้อนแฝงจากภายนอกห้อง สามารถเกิดจากแหล่งต่างๆ ดังนี้

7.3.1 คนเข้ามาสู่ห้องปรับอากาศ

7.3.2 ลมร้อนรั่วเข้าสู่ห้อง

7.3.3 ของที่นำมาจากภายนอกที่สามารถคายน้ำหรือหายใจ

7.4 ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่เกิดขึ้นภายในห้องปรับอากาศ เช่น พวกลighting เครื่องใช้อำนวยความสะดวก พัฒน์ที่ใช้เพื่อหมุนอากาศภายในห้อง และอื่นๆ

ภาระความร้อนที่เกิดจากแหล่งดังกล่าวข้างต้นนี้ทั้งหมดรวมกันก็คือขนาดความสามารถของเครื่องปรับอากาศที่จะนำมาใช้ซึ่งนิยมแสดงในรูปปริมาณความร้อนในหน่วยเวลา เช่น บีทียูต่อชั่วโมง หรือกิโลจูลต่อชั่วโมง และสามารถเทียบเป็นตันความเย็นได้ ซึ่งเป็นหน่วยวัดขนาดของเครื่องเย็น (1 ตันความเย็น คือความสามารถของเครื่องเย็นทำงานดูดความร้อนได้ 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง) สามารถแสดงองค์ประกอบภาระความร้อนตามรูปที่ 3

8. วิธีประมาณการภาระความร้อนของห้องปรับอากาศแบบคร่าวๆ

เป็นวิธีการเลือกหาขนาดเครื่องปรับอากาศซึ่งสรุปจากประสบการณ์สามารถใช้ได้กับห้องปรับอากาศขนาดเล็ก เช่น บ้านพัก ห้องทำงานส่วนตัว สำนักงานขนาดเล็ก เจือนไปที่สำคัญคือ อาคารหรือห้องปรับอากาศนั้นด้วย อยู่ในร่มเงา ไม่มีแสงแดดส่องผ่านกระจก หรือผ้าม่านต้องไม่ตากแดด ปริมาณคนใช้ห้องปรับอากาศไม่มาก เช่น บ้านพัก และไม่มีรอยแตกรั่วผ้าม่านห้อง (ถ้าลมร้อนรั่วผ่านเข้าได้มากก็จะใช้วิธีการนี้ไม่ได้ผล) โดยจะกำหนดการเลือกเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ดังนี้คือ [3]

ชนิดของงาน

ต่อขนาดเครื่องปรับอากาศ 1 ตันความเย็น

บ้านพัก

20 - 25 ตร.ม. (พื้น)

สำนักงาน	24 - 30	ตร.ม.(พื้น)
ร้านขายเสื้อผ้า	28	ตร.ม.(พื้น)
ร้านตัดผม	1 -	ตร.ม.(พื้น)
ภัตตาคาร	8	ที่นั่ง
ร้านกาแฟ	20	ตร.ม.(พื้น)
โรงมหรสพ	10	ที่นั่ง

9. รูปแบบของเครื่องปรับอากาศที่ผลิตใช้ในปัจจุบัน [1]

(Types of Air - Conditioners)

เครื่องปรับอากาศก็เหมือนกับเครื่องใช้อย่างอื่นที่เป็นผลิตภัณฑ์จากโรงงานอุตสาหกรรมและต้องควบคุมคุณภาพของสินค้าให้ได้ตามเกณฑ์ รูปแบบที่นิยมผลิตกันเป็นดังนี้

9.1 เครื่องปรับอากาศขนาดไม่เกิน 50 ตันความเย็น จะสร้างเป็นชุดสำเร็จจากโรงงานสามารถนำมาติดตั้งบริเวณที่ต้องการปรับอากาศแล้วใช้ได้เลย การควบคุมระบบของเครื่องเป็นแบบอัตโนมัติ ใช้งานง่ายและสะดวก ติดตั้งง่ายราคาถูก บำรุงรักษาง่าย มีหลายแบบ เช่น

9.1.1 แบบหน้าต่าง (Window Type) เป็นชุดสำเร็จใช้ติดตั้งที่ฝานั่งเป็นเครื่องปรับอากาศที่คุณภาพสูง ติดตั้งง่าย บำรุงรักษาง่าย แต่ก้อเสียงดังรบกวนเนื่องมาจากเครื่องเย็นทำงาน ราคาถูกกว่าทุกแบบเพราะผลิตจำนวนมาก เลือกใช้กับงานที่ไม่เข้มงวดเรื่องเสียงดัง ดังแสดงในรูป 5

9.1.2 แบบแยกส่วน (Split Type) สร้างสำเร็จจากโรงงานจะแยกออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่อยู่ภายในห้องปรับอากาศเรียกว่า Fan Coil Unit ทำหน้าที่ผลิตลมเย็นใช้ปรับอากาศ ส่วนที่อยู่ภายนอกห้องปรับอากาศเรียก Condensing Unit ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องเย็นและเวลาทำงานจะเกิดเสียงดังรบกวน เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนสร้างมาเพื่อแก้ปัญหาในเรื่องเสียงดังและถูกเลือกใช้เมื่อไม่มีตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งเครื่องแบบหน้าต่าง ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบหน้าต่าง แต่ราคาสูงกว่า กินกระแสไฟฟ้ามากกว่าเมื่อเทียบจากขนาดเท่ากัน สำหรับแบบของ Fan Coil Unit อาจเป็นแขวนเพดานติดข้างฝา และตั้งพื้น ก็ได้แต่แบบแขวนเพดานจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า

9.1.3 แบบดาดฟ้า (Roof Top Type) กับชุดสำเร็จผลิตขึ้นเพื่อนำไปติดตั้งบนดาดฟ้า เพื่อต้องการสงวนเนื้อที่อาคารให้ใช้ประกอบการอย่างอื่น ที่คุ้มค่ากว่า นิยมใช้ในงานร้านค้าพาณิชย์ ดังรูปที่ 6

9.1.4 เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) ผลิตเป็นชุดสำเร็จ เพื่อใช้ปรับอากาศด้วยน้ำเย็น ติดตั้งบริเวณห้องปรับอากาศ ดังรูปที่

9.2 เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่เกิน 50 ตันความเย็น เป็นเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่

ต้องสร้างศูนย์กลางจ่าย (Central Station) ซึ่งเรียกว่า Mechanical Room (ห้องเครื่อง) ควบคุมระบบทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ จำเป็นต้องมีช่างควบคุมเครื่องประจำขณะทำงาน แบ่งออกได้

9.2.1 ระบบอากาศทั้งหมด (All Air System) ด้วยการผลิตลมเย็นจากห้องเครื่องส่งผ่านท่อลมไปยังห้องปรับอากาศในส่วนต่างๆ ของตึกโดยที่อาคารขนาดใหญ่กิจการมีหลายประเภท แต่ละประเภทต้องการสภาวะ อากาศแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบ ต้องวางแผนอย่างดี และลงทุนสูงมาก ระบบนี้ไม่ค่อยนิยมเพราะก่อสร้างท่อลมขนาดใหญ่ยุ่งยากลำบาก เปลืองเนื้อที่เดินท่อน้ำ และมีปัญหาการรบกวนของอคูสติกส์ (ดังรูปที่ 7)

9.2.2 ระบบอากาศ - น้ำ (Air - Water System) ระบบนี้จะผลิตน้ำเย็น (Chilled water) จากห้องเครื่อง แล้วสูบส่งไปเลี้ยงชุดส่งลม (Air Handling Unit) ที่ติดตั้งตามจุดต่างๆ ของห้องปรับอากาศ ระบบนี้เป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน สามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากระบบอากาศทั้งหมดได้ ดังรูปที่ 8

9.2.3 ระบบชักนำลม (Induction System) เป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ที่ใช้กับโรงแรมหลายๆ ชั้น แบ่งเป็นห้องๆ ขนาดเล็ก คนพัก ห้องละ 2 - 3 คน เป็นระบบปรับอากาศพิเศษ จะมีอุปกรณ์ชักนำลมเรียกว่า "Convactor" ติดอยู่ภายในแต่ละห้อง (ดังรูปที่ 9) ห้องเครื่องของระบบนี้จะอยู่ที่ชั้นโกล์ฟพื้นดินเพื่อแก้ปัญหาการนำเครื่องขนาดใหญ่ไปไว้บนตึกสูงๆ จะมีปัญหา น้ำหนักของเครื่องจะกระทบกระเทือนความแข็งแรงโครงสร้างอาคารตลอดจนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศจะยากลำบาก โดยจะผลิตลมเย็นจากห้องเครื่องสูบลัดให้มีความเร็วสูงเรียก Primary Air พ่นออกที่ Convactor ประกอบด้วยหัวฉีด (Nozzles) ทำให้เกิดความดันต่ำสามารถชักนำลมภายในห้องซึ่งเรียก Secondary Air เข้ามาผสมกันแล้วจะถูกส่งออกไปใช้ปรับอากาศในห้องได้ วิธีการนี้ปริมาณ Primary Air 1 ส่วนจะชักลม Secondary Air มาได้ 4 - 5 ส่วน รวมกันเป็น 5 - 6 ส่วน (ต้องจัดปริมาณลมให้พอเพียงกับงานปรับอากาศซึ่งมีสูตรคำนวณได้)

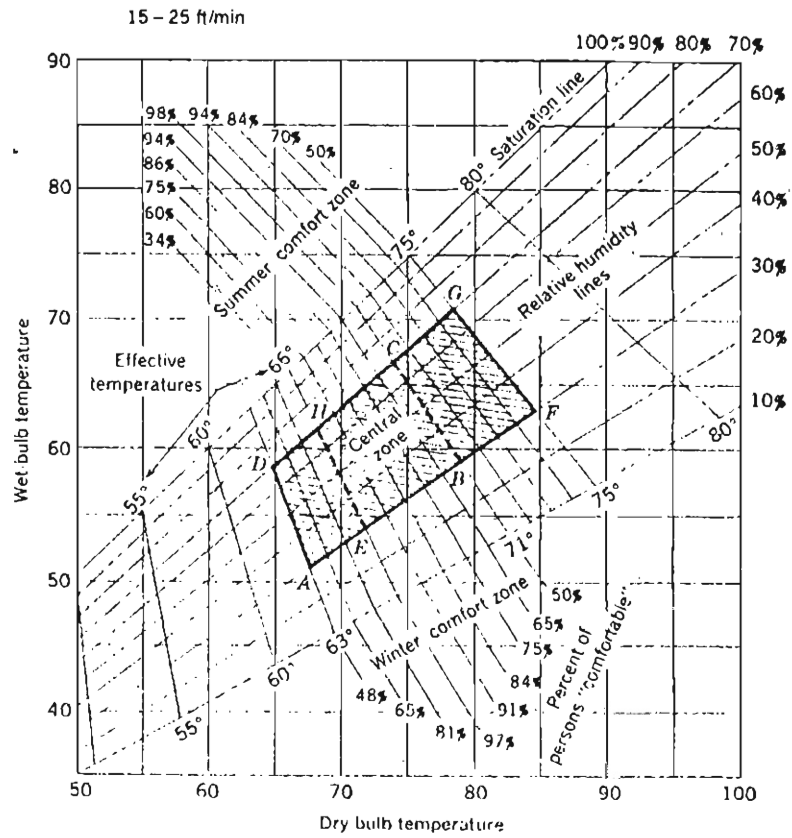
10 บทสรุป

การปรับอากาศเป็นการสร้างสภาวะอากาศขึ้นใหม่โดยอาศัยอากาศในห้องถิ่นที่มีอยู่แล้ว หรือเรียกว่าทรัพยากรของห้องถิ่น แต่เนื่องจากเกิดมลภาวะของอากาศในห้องถิ่น หรือมีความจำเป็นต้องสร้างสภาวะของกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมที่ไวต่ออุณหภูมิหรือไวต่อความชื้น หรือต้องการสร้างห้องมืดหรือห้องควบคุมเสียง ห้องป้องกันเชื้อโรค ห้องป้องกันฝุ่นละออง เป็นต้น ซึ่งนับวันปัญหาเกี่ยวกับมลภาวะก็จะเพิ่มมากขึ้นตามการขยายตัวของชุมชน การผลิตสินค้าสำหรับอุปโภค บริโภค การบริการต่างๆ ก็นับวันขยายตัวตามการขยายตัวของบ้านเมือง ขณะเดียวกันปัญหาเรื่องมลภาวะเกี่ยวกับอากาศจะไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ วิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมและประหยัดที่สุดคงต้องอาศัยวิชาการปรับอากาศ

เอกสารอ้างอิง

- [1] HARRIS N.C. Modern Air - Conditioning Practice 3 rd.ed.
McGraw - Hill International Book Company.
- [2] ไพบูลย์ หังสพฤกษ์ และ เฮอโซ ไชโต การปรับอากาศ บริษัท สำนักพิมพ์ ดวงมล
จำกัด กทม.
- [3] เกษม อภินันท์กุล บทความเรื่องการปรับอากาศ ห้างปิกิริมแอนโก กทม.
- [4] Carrier Air Conditioning Company. Handbook of Air Conditioning
System Design McGraw - Hill Book Company, 1966.

ทำโดย ร.ร. ๑๐๖/๒๕๖๒



รูปที่ 1 แผนภูมิสภาวะอากาศเพื่อความสบาย (The Comfort Chart) [1]

ตารางที่ 3 มาตรฐานของการระบายอากาศสำหรับคนเข้าพักตามงานที่ระบุ [1]

Space or Application	Smoking	Cfm per Person	
		Optimum	Minimum
Bank	Some	15	10
Cocktail bar	Heavy	40	35
Offices	Some	15	10
General	Some	25	15
Private	Considerable	30	25
Residence	Occasional	10	7
Restaurant	Considerable	20	15
Retail store	Very little	15	10
Theater auditorium	Very little	10	5
	None	10	2

ตารางที่ 2 เกณฑ์ออกแบบภายใน (Inside Design) ของห้องปรับอากาศตามระบุ [1]

[Recommended Inside Design Conditions,* Summer and Winter—Present Practice and Possible Future Trends]

Type of Application	Summer					Winter				
	Present Practice		Future Trends (Energy-Dictated)			Present Practice			Future Trends (Energy-Dictated)	
	Dry Bulb, °F	Rel. Hum., %	Dry Bulb, °F	Rel. Hum., %	Temp. Swing, † °F	Dry Bulb, °F	Rel. Hum., %	Temp. Swing, ‡ °F	Dry Bulb, °F	Temp. Swing, ‡ °F
General comfort										
Apartment, house, hotel, office, hospital, school, etc.	78–80	50	80–82	50	2 to 4	72–74	40–50	–3 to –4	68–70	–4
Retail shops (short-term customer occupancy)										
Bank, barber or beauty shop, department store, supermarket, etc.	78	50	78–80	50	2 to 4	70–72	40–50§	–3 to –4	68–70	–4
Low sensible-heat-factor (SHF) applications (high latent load)										
Auditorium, church, bar, restaurant, kitchen, etc.	78	60–50	78–80	60–50	1 to 2	70–72	40–55	–2 to –3	68–70	–4
Factory comfort										
Assembly areas, machining rooms, etc.	78–80	60–50	80–85	60–50	2 to 4	68–72	35–50	–3 to –5	66–68	–4

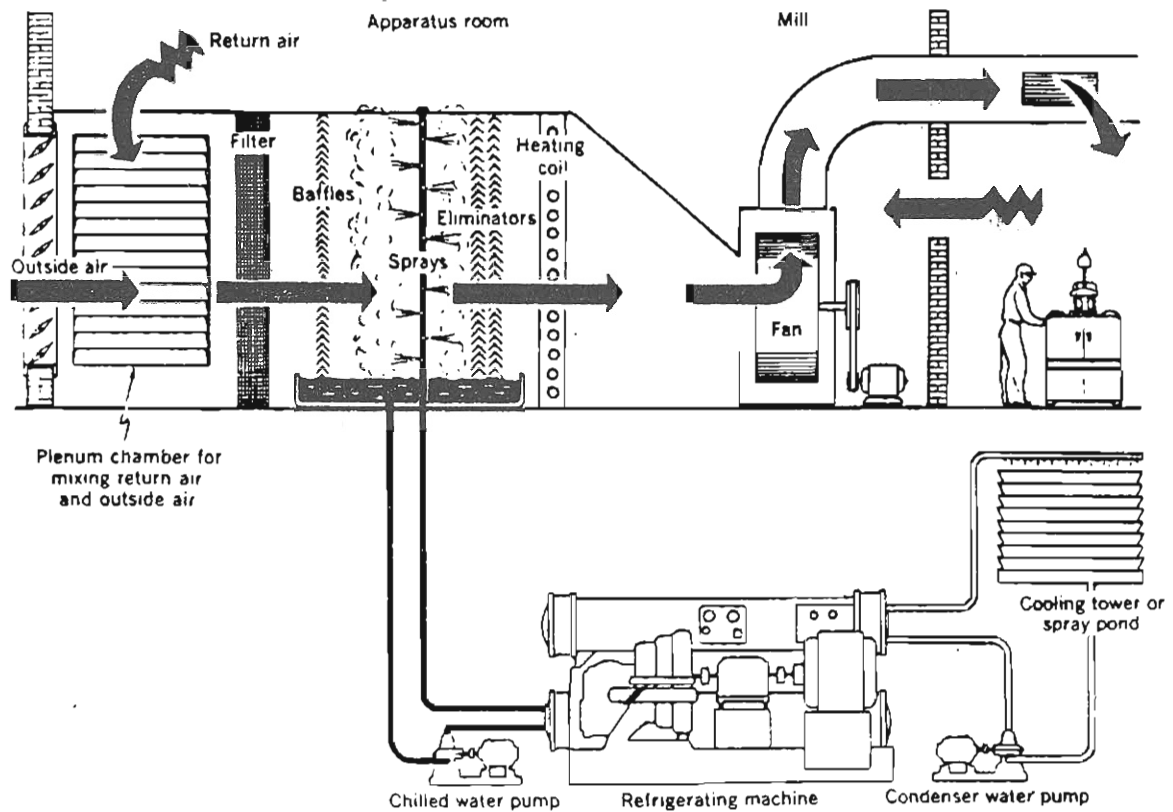
* The room design dry-bulb temperature should be reduced when hot, radiant panels are adjacent to the occupant and increased when cold panels are adjacent, to compensate for the increase or decrease in radiant heat exchange from the body. A hot or cold panel may be unshaded glass or glass block windows (hot in summer, cold in winter) and thin partitions with hot or cold spaces adjacent. An unheated slab floor on the ground or walls below the ground level are cold panels during the winter and frequently during the summer also. Hot tanks, furnaces, or machines are hot panels.

† Temperature swing is above the thermostat setting at peak summer load conditions.

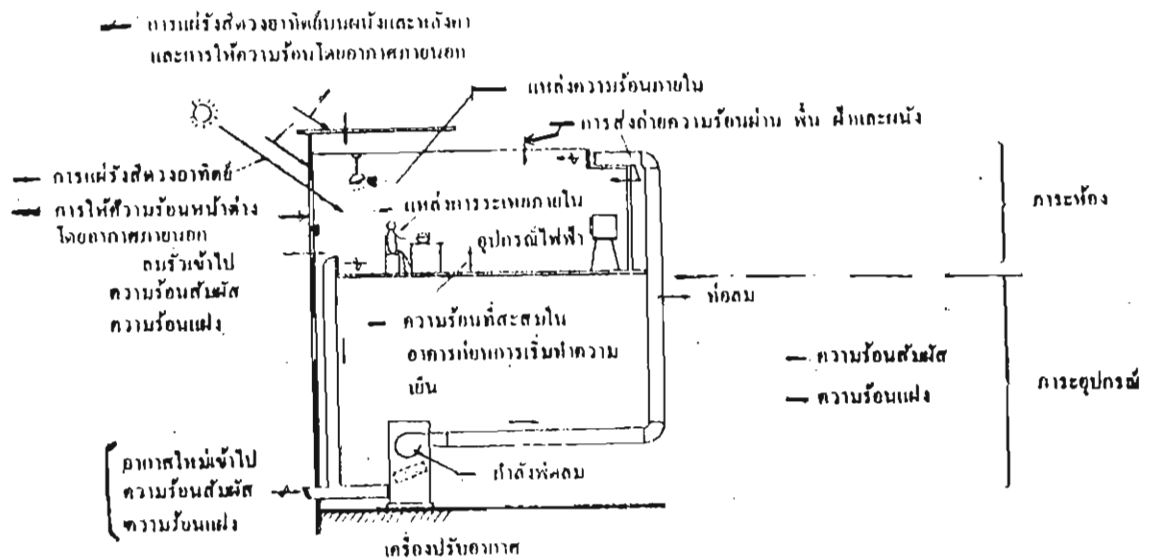
‡ Temperature swing is below the thermostat setting at peak winter load conditions (no lights, people, or solar heat gain).

§ Winter humidification in retail clothing shops is recommended to maintain the quality texture of goods.

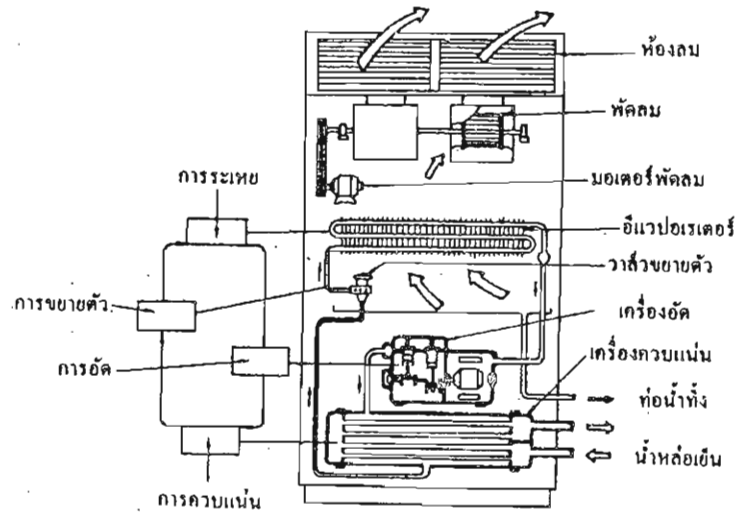
Sources: Carrier Air Conditioning Co., *Handbook of Air Conditioning System Design*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1966; and current federal, state, and local standards.



รูปที่ 2 เครื่องปรับอากาศแบบเครื่องล้างอากาศ (Air Washer) [1]



รูปที่ 3 บ่อเกิดความร้อนจากแหล่งต่าง ๆ รวมกันเพื่อกำหนดขนาดเครื่องปรับอากาศ [2]



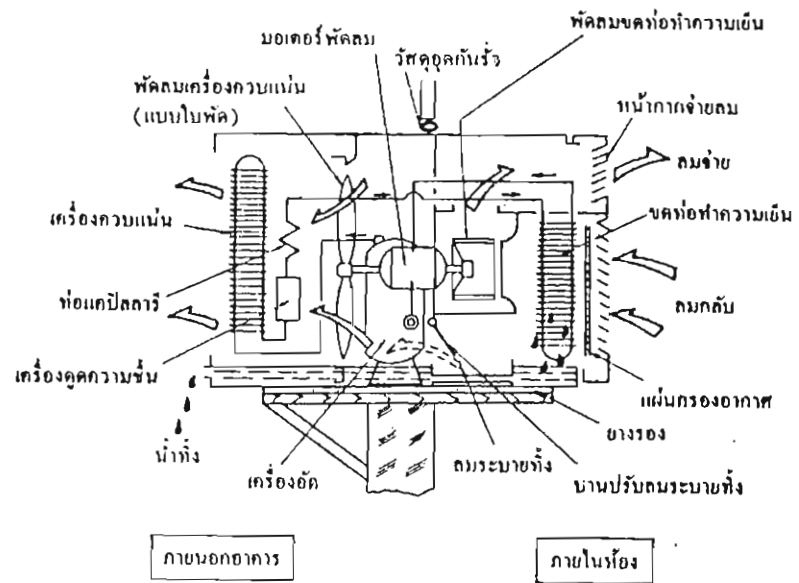
รูปที่ 4 เครื่องปรับอากาศที่นำเครื่องเย็นแบบอัดไอน้ำมาประยุกต์ใช้โดยตรง [2]

ตารางที่ 4 เกณฑ์ระดับเสียงที่ใช้ในงานปรับอากาศตามระบุ [1]

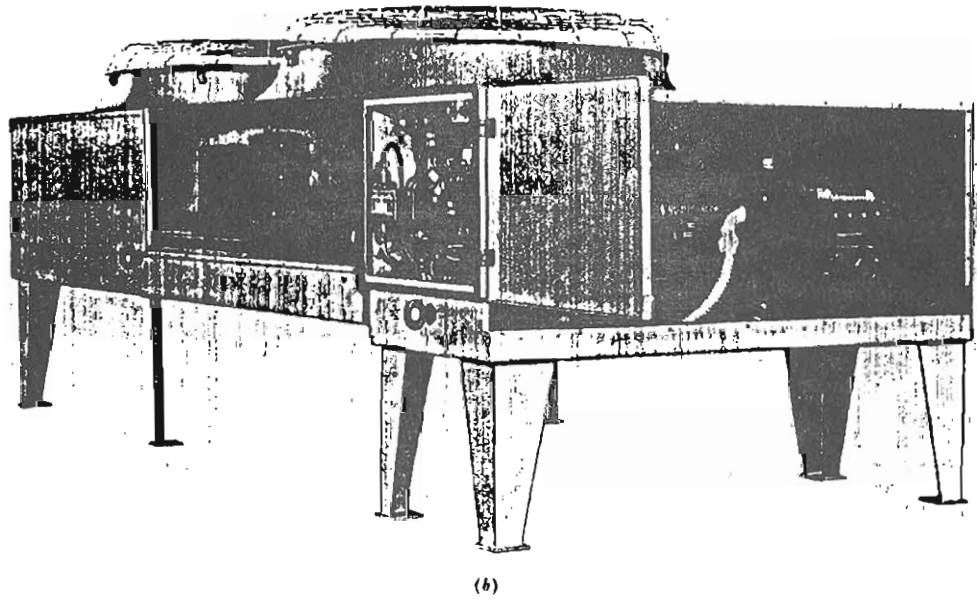
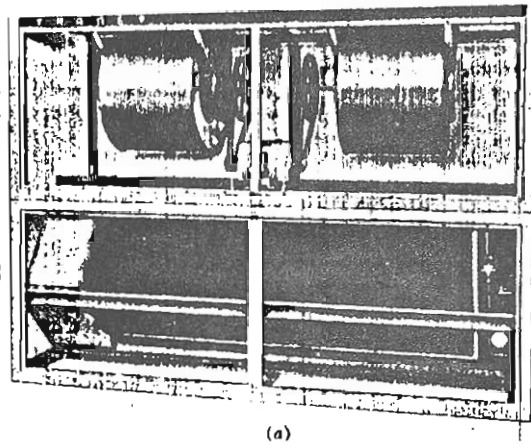
[Recommended NC (Noise Criteria) for Selection of Diffusers and Various Applications]

Recommended Noise Criteria (dB Attenuation)		
NC Curve	Communication Environment	Typical Occupancy
Below NC 25	Extremely quiet environment, suppressed speech is quite audible, suitable for acute pickup of all sounds. Recording and performing studios require NC levels below 20	Broadcasting studios, concert halls, music rooms, church sanctuaries
NC 30	Very quiet office, suitable for large conferences, telephone use satisfactory. Levels below NC 30 are considered "very quiet"	Residences, theaters, libraries, executive offices, directors' rooms
NC 35	Quiet office; satisfactory for conference at a 15-ft table; normal voice 10-30 ft; telephone use satisfactory	Private offices, schools, hotel rooms, courtrooms, hospital rooms
NC 40	Satisfactory for conferences at a 6-8-ft table; normal voice 6-12 ft; telephone use occasionally difficult	General offices, labs, dining rooms, building lobbies
NC 45	Satisfactory for conferences at a 4-15-ft table; normal voice 3-6 ft; raised voice 6-12 ft; telephone use occasionally difficult	Retail stores, cafeterias, corridors, large drafting & engineering offices, noisy reception areas
Above NC 50	Unsatisfactory for conferences of more than two or three persons; normal voice 1-2 ft; raised voice 3-6 ft; telephone use often difficult. Levels above NC 50 are considered "noisy"	Noisy offices, stenographic pools, print machine rooms, process areas, manufacturing

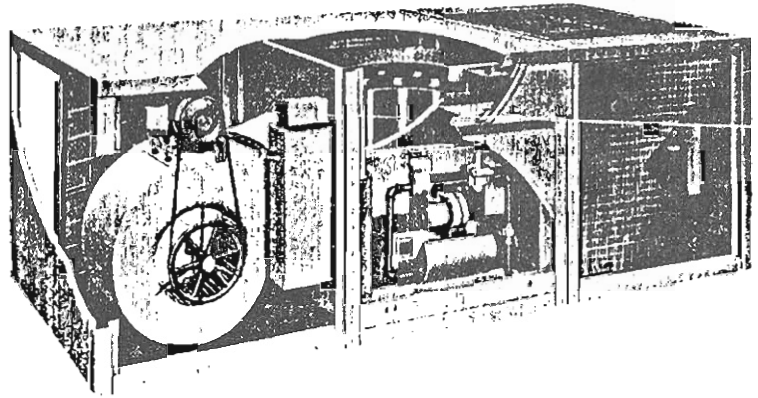
Source: Tuttle and Bailey Manufacturing Company.



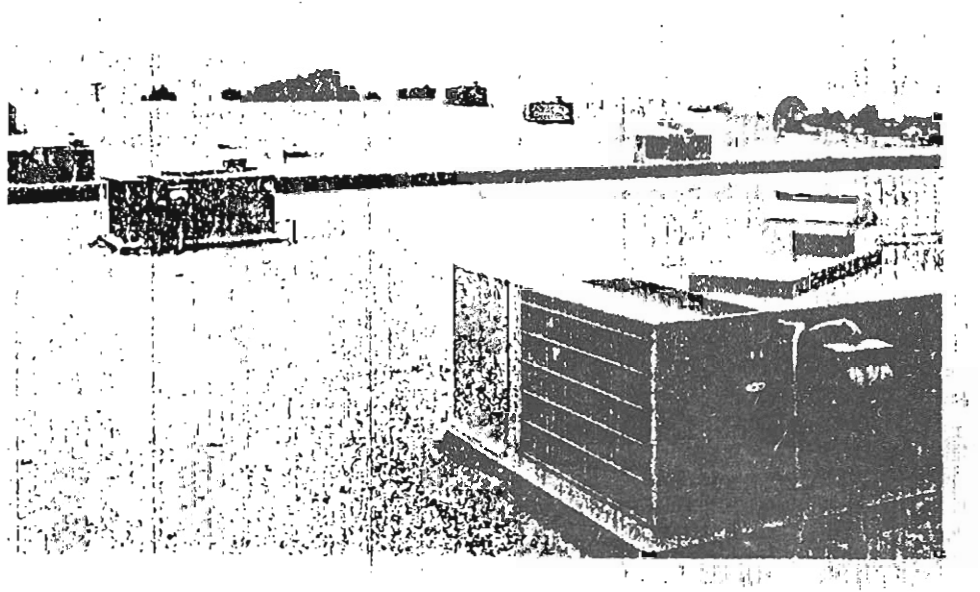
รูปที่ 5 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window Type Air-Conditioner) [2]



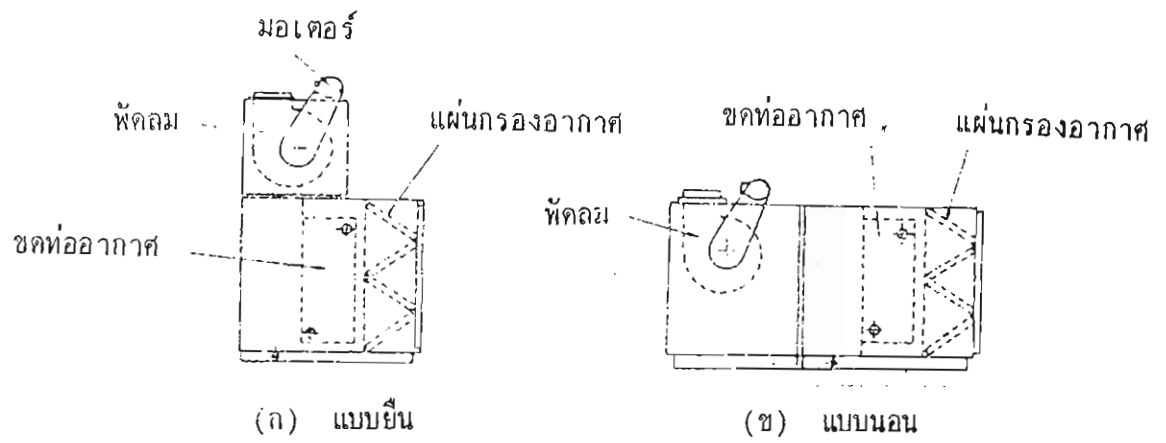
รูปที่ 6 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air-Conditioner) [1]



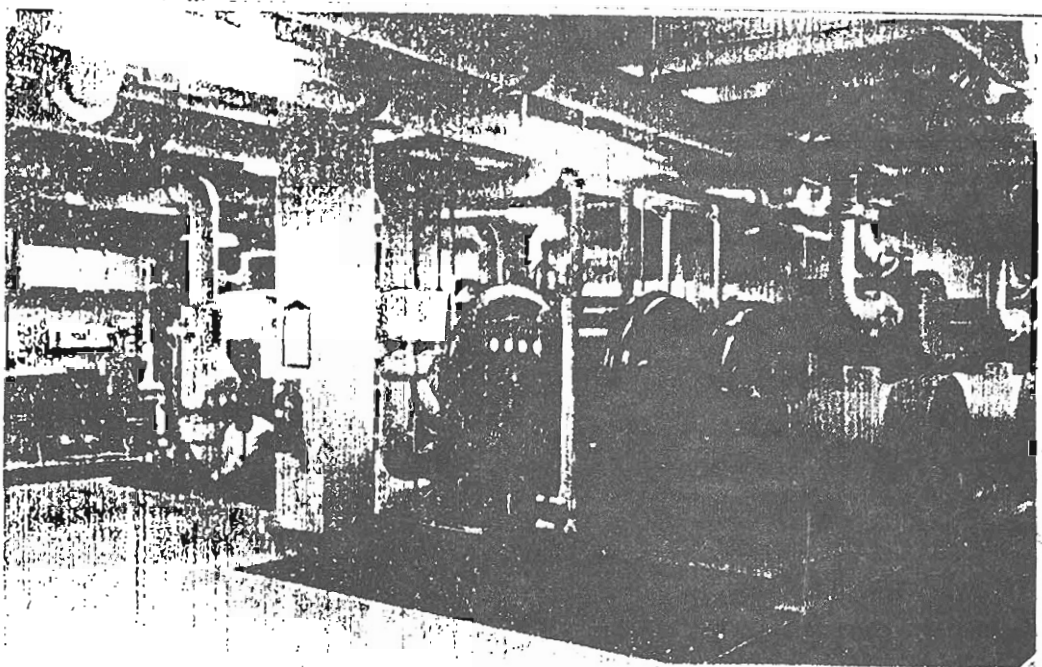
รูปที่ 7 รูปผ่านองเครื่องปรับอากาศสำเร็จรูปแบบคาตฟ้า [1]
(Roof-Top Type Air-Conditioner)



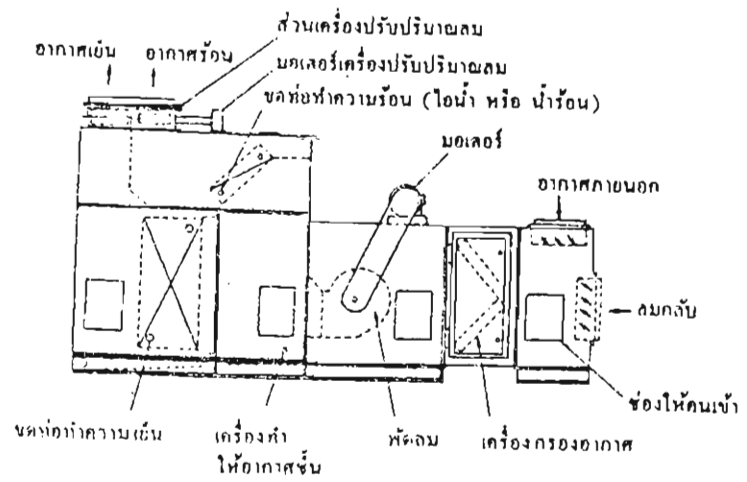
รูปที่ 8 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบคาตฟ้า [1]



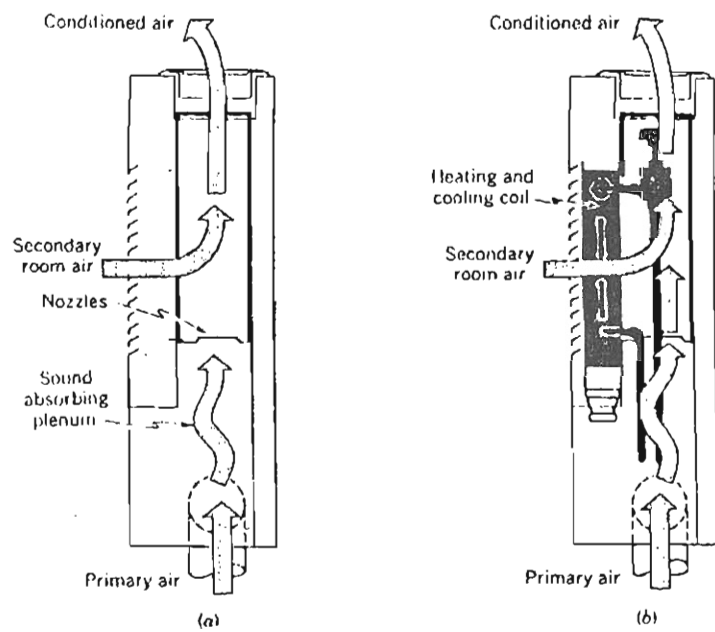
รูปที่ 9 เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) [2]



รูปที่ 10 ห้องเครื่องของระบบปรับอากาศศูนย์กลางจ่าย [1]
(Central Station Air-Conditioning System)



รูปที่ 11 เครื่องผลิตลมเย็นเพื่อส่งโดยท่อลมไปยังห้องปรับอากาศ [2]



รูปที่ 12 อุปกรณ์ชักนำลม (Convactor) ที่ใช้กับระบบปรับอากาศของ โรงแรม
ขนาดใหญ่หลาย ๆ ชั้น [1]
(ใช้โดยใช้ Primary air 1 ส่วนชักนำลมห้อง (Secondary
air ประมาณ 4 ส่วน)

พัดลม (Fan)

พัดลมเป็นอุปกรณ์เพื่อเพิ่มพลังงานให้แก่ของไหลที่เป็นก๊าซ ซึ่งจะทำให้ก๊าซสามารถไหลหรือเคลื่อนที่ และเอาชนะแรงเสียดทานต่าง ๆ ได้ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้อากาศไหลได้นั้นเป็นผลมาจากความดันแตกต่าง (Pressure difference) ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการถ่ายเทพลังงานจากการหมุนของใบพัด ซึ่งถ้าหากมีท่อมาต่อทางด้านขาเข้าและด้านขาออกของพัดลมจะมีแรงเสียดทาน และการอัดเกิดขึ้นบางส่วนทางด้านขาออก ของไหลบางส่วนจะเจือจางทางด้านขาเข้าซึ่งค่าแรงเสียดทานทางด้านขาออกนั้นก็ขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซทางขาเข้าที่พัดลมดูดเข้ามาเมื่อแรงเสียดทานการไหลเพิ่มขึ้น อัตราการไหลก็จะลดน้อยลงเป็นอัตราส่วนผกผันกัน จนกระทั่งแรงเสียดทาน เอาชนะอัตราการไหลได้ จะทำให้ก๊าซหยุดไหล

โดยทั่วไป พัดลมแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ ๆ ได้ 2 ชนิด คือ

1. พัดลมพัดตามแนวแกน (Axial flow Fan)
2. พัดลมแรงเหวี่ยง (Centrifugal Fan)

1. พัดลมพัดตามแนวแกน

ใบพัดลมประเภทนี้จะเป็นแบบ disk-type และตัวเรือนพัดลมเป็นรูปทรงกระบอก ลมจะไหลในแนวเดียวกับแกนของใบพัดทั้งขาเข้าและขาออก ความดันที่เกิดขึ้นได้มาจากการเพิ่มความเร็วของลมขณะวิ่งผ่านใบพัดแล้ว จึงเปลี่ยนมาเป็นการดันสถิตย (static pressure) พัดลมประเภทนี้จะสามารถผลิตปริมาณลมได้มาก แต่จะเพิ่มความดันสถิตยได้น้อย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะคือ

1.1 Propeller

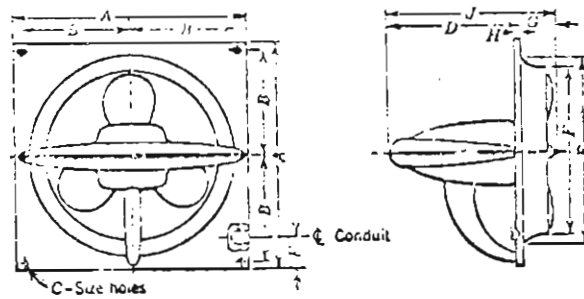
มีประสิทธิภาพและความดันต่ำ ลมได้รับพลังงานส่วนมากในรูปของความเร็ว ซึ่งลักษณะของลมที่เป่าออกมาจะคงเป็นลำ จะใช้ในระบบที่ไม่ต้องการความดัน โดยจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดที่ปริมาณลมฟรี (ไม่ได้ต่อกับท่อ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ) ใบพัดจะมีลักษณะที่ยาว เมื่อเทียบกับแกนกลางและมีทางเป่าเป็นรูปวงแหวน

ตารางที่ 1 เป็นตารางแสดงสมรรถนะของพัดลมแบบพลาฟเฟเลอร์

(Courtesy of American Blower Corp., Detroit, Mich.)

(Model A Ventura fan. Direct drive, constant speed. 60 cycle, 115 or 230 volts, single phase.
60 cycle, 220 or 440 volts, 3 phase.)

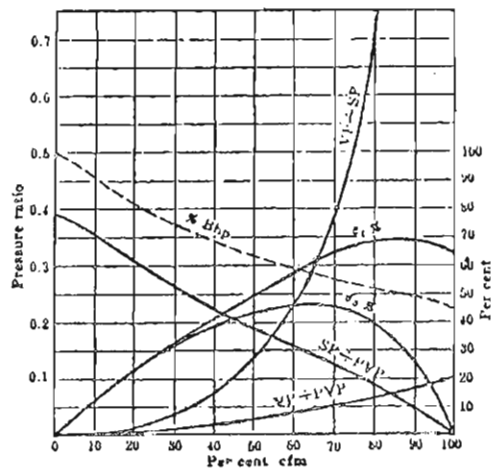
Catalog Number	Cfm Free Delivery	Fan rpm	Motor hp	Nominal Wheel Diameter, inches	Foot-candle Rating	Approx. Shipping Weight, pounds
10A	1000	1150	1/20	12	58	36
15A	1500	1725	1/12	12	65	40
20A	2000	1150	1/12	16	61	56
26A	2600	1150	1/8	18	62	68
30A	3000	1725	1/4	16	69	62
36A	3600	1150	1/8	20	63	72
40A	4000	1725	1/3	18	72	79
45A	4500	860	1/6	24	66	90
50A	5000	1150	1/4	24	73	90
60A	6000	1150	1/3	24	74	105
72A	7250	860	1/3	30	71	128
92A	9700	1150	1/4	30	77	143



Dimensions in Inches

Catalog Number	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
10A	16	7 1/4	7/16	11 3/8	14 1/2	12 1/2	2 1/4	3/4	13 1/8	2 1/4
15A	16	7 1/2	7/16	11 3/8	14 1/2	12 1/2	2 1/4	3/4	13 1/8	2 1/4
20A	22	10 1/2	7/16	12 3/4	19 1/2	16 5/8	3	3/4	15 3/4	3
26A	24	11 1/2	7/16	15	22 1/2	18 1/2	3 1/8	1	18 1/8	3 1/2
30A	22	10 1/2	7/16	12 3/4	19 1/2	16 5/8	3	3/4	15 3/4	3
36A	26 1/2	12 3/8	7/16	15	24	20 1/4	3 3/4	1	18 3/4	3 1/2
40A	24	11 1/2	7/16	15	22 1/2	18 1/2	3 1/8	1	18 1/8	3 1/2
45A	31	14 3/8	9/16	15 1/2	27 3/4	25 3/8	3 7/8	1 1/4	19 3/8	3 1/2
50A	31	14 5/8	9/16	15 1/2	27 3/4	25 3/8	3 7/8	1 1/4	19 3/8	3 1/2
60A	31	14 5/8	9/16	15 1/2	27 3/4	25 3/8	3 7/8	1 1/4	19 3/8	3 1/2
72A	26	12 1/8	9/16	18 1/8	33 3/8	35 3/8	4 5/8	1 1/4	22 3/4	3 1/2
92A	36	17 1/8	9/16	18 1/8	33 3/8	35 3/8	4 5/8	1 1/4	22 3/4	3 1/2

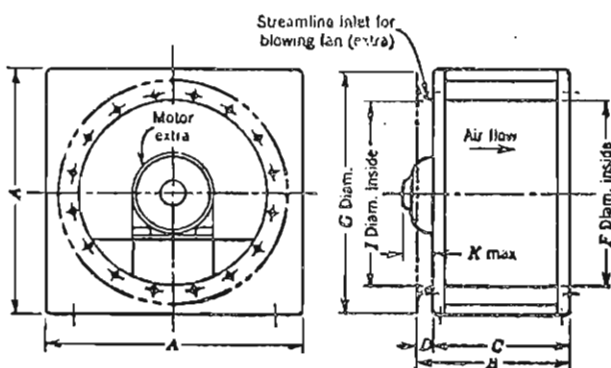
รูปที่ 1 แสดงลักษณะและขนาดมิติของพัดลม Propeller (Courtesy of American Blower Corp., Detroit, Mich.)



รูปที่ 2 กราฟแสดงสมรรถนะของพัดลม Propeller

1.2 Tube axial fan

มีตัวถังเป็นรูปทรงกระบอก สามารถช่วยลดช่องว่างระหว่างใบพัดกับตัวถังให้เหลือน้อย หมุนได้ทีรอบสูงกว่าทำให้ได้ความดัน และประสิทธิภาพที่สูงกว่า propeller แกนกลางมักจะเล็กกว่า 50% ของพัดลม ลักษณะของลมที่ออกมาจะคงเป็นลำถ้าหากไม่มีโค้ดเวนน้าได้น้อย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ



Fan Size	A	B	C	D	F	G	I	K
18	25	17 5/8	15 1/4	2 3/8	18	22 1/2	18	2 3/8
22	30	19 1/8	16 3/4	2 3/8	22 1/8	26 1/2	22 1/8	1 1/4
27	37	22 5/8	19 1/2	3 1/2	27 1/16	33	27 1/16	3 3/8
33	45	26	22 1/4	3 3/4	32 9/16	39 1/8	32 9/16	5 1/2

Fan Size	A	B	C	D	F	G	I	K
40	53	29	24 1/2	4 1/2	39 7/8	47 5/16	39 7/8	5 1/8
49	65	33 5/8	28 1/4	5 3/8	48 11/16	57 3/16	48 11/16	9 5/8
60	80	41 7/8	35 1/4	6 5/8	59 9/16	69 1/2	59 9/16	3 3/4
73	96	50 1/4	42	8 1/2	72 3/4	92 7/8	72 3/4	1 5/8

รูปที่ 3 แสดงลักษณะและมิติของพัดลม Tubeaxial Fans

รูป 201 (Courtesy of American Blower Corp., Detroit, Mich.,)

ตารางที่ 2 แสดงสมรรถนะของพัดลม Tubeaxial Fans รุ่น 201

(Courtesy of American Blower Corp, Detroit, Mich.)

Fan Size	Rpm	Motor hp	Capacity in Cubic Feet per Minute			
			1/2 in. SP	1 in. SP	1 1/2 in. SP	2 in. SP
18-3	3450 1750	5 1/2	7990 3900	7130	6500	5815
22-3	1750	1 1/2	7025			
27-3	1750 1150	5 1	12680 6680	10850		
33-3	1750 1150	10 3	23180 13280	20900	18700	
40-3	1150 860	7 1/2 3	26500 17350	22250		
49-3	1150 860 690	20 10 5	50600 34800 25200	45750 27800	40600	
60-3	860 690 570	25 15 7 1/2	67000 49800 36200	57100		
73-3	860 690 570	60 30 20	129200 100400 78200	119700 87600 61800	109700 72500	98700

1.3 Vaneaxial Fan

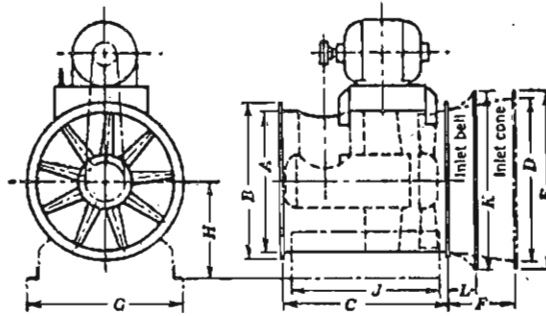
มีลักษณะเหมือนพัดลม Tubeaxial Fan แต่มีใบพัดเว้าเข้าใน และมีความดันและประสิทธิภาพดีกว่า 50% ของพัดลม

ตารางที่ 3 แสดงสมรรถนะของพัดลม Vaneaxial Fan No 32 Type B

(Courtesy of Buffalo Forge Co., Buffalo, N.Y.)

Outlet Velocity *	Cfm	1/2 in. SP		1 in. SP		1 1/2 in. SP		2 in. SP		2 1/2 in. SP	
		Rpm	Hp	Rpm	Hp	Rpm	Hp	Rpm	Hp	Rpm	Hp
1600	9130	784	1.17	981	2.35						
1800	10260	828	1.39	1011	2.60						
2000	11400	880	1.64	1051	2.86						
2200	12550	934	1.94	1091	3.20	1205	4.37				
2400	13700	980	2.31	1135	3.59	1279	5.17	1378	6.50		
2600	14830	1053	2.68	1186	4.04	1316	5.64	1440	7.46		
2800	16000	1117	3.15	1237	4.52	1362	6.17	1482	8.03	1560	9.44
3000	17100	1180	3.64	1291	5.12	1406	6.74	1522	8.65	1597	10.1
3200	18250	1245	4.21	1350	5.75	1459	7.45	1565	9.36	1635	10.7
3400	19400	1311	4.84	1403	6.49	1506	8.21	1610	10.1	1670	11.5
3600	20550	1379	5.56	1466	7.27	1560	9.06	1658	11.0	1710	12.3

* Outlet velocity is through fan casing. Outlet velocity through large diam. cone = 0.725 times outlet velocity given. Ratings are based on tapered cone outlet. If cones are not used, deduct 4% from cfm.



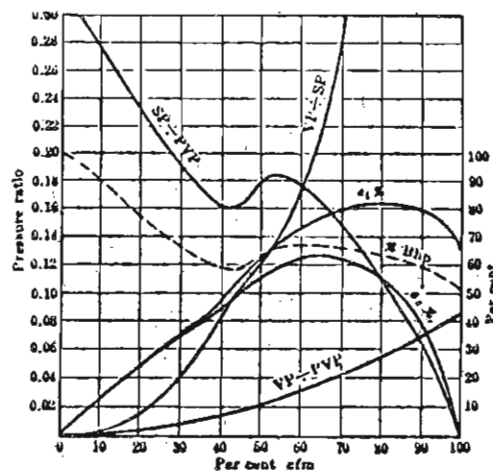
Dimensions in Inches

Size	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
15	15 5/32	18 5/8	22	18	21 1/4	7 1/2	18 1/4	12	18	19 1/2	3
18	18 3/16	21 5/8	23 1/2	21 1/2	24 3/4	9	21 1/4	13 1/2	19 1/2	23 1/4	3 9/16
21	21 7/32	24 5/8	26 1/2	25	28 1/4	11	25 1/4	15 1/2	22 1/2	27 1/4	4 3/16
24	24 1/4	27 5/8	29 1/2	28 1/2	31 3/4	12	28 1/4	17	24 1/2	31	4 3/4
28	28 9/32	31 6/8	33 1/2	33 1/2	36 3/4	14	32 1/4	19 1/2	28 1/2	36 1/2	5 9/16
32*	32 5/16	35 7/8	37 1/2	38	41 3/8	16	37 1/4	22	33	41 1/2	6 3/8
30	36 11/32	39 7/8	42 1/2	43	46 3/8	18	41 1/4	25	37 1/2	46 1/2	7 3/16
42	42 3/8	45 7/8	49	50	53 3/8	21	47 3/4	29	44	54 1/4	8 3/8
48	48 7/16	52 1/8	57 1/2	57	60 3/8	24	53 3/4	33	53	62 3/8	9 9/16

* Table 11 gives ratings for this size.

รูปที่ 4 แสดงลักษณะและมิติของพัดลม Vaneaxial Fans

(Courtesy of Buttalo Forge Co., Buttalo , N.Y)



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงสมรรถนะของพัดลม Vaneaxial Fan.

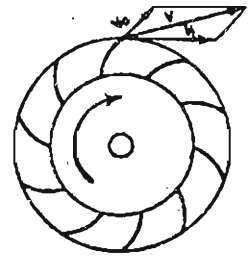
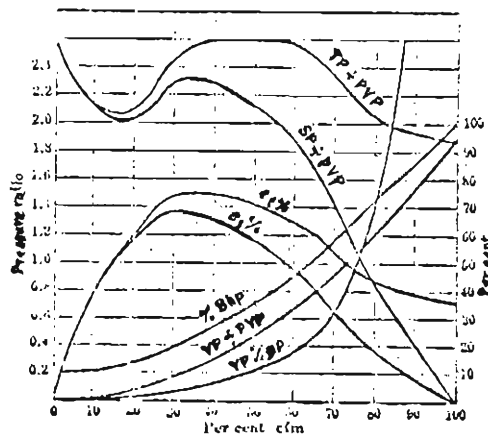
2. พัดลมแรงเหวี่ยง (Centifugal Fan)

ใบพัดเป็นแบบ squirrel-cage type ทำงานร่วมกับตัวเรือนแบบ scroll-Type ลมจะไหลเข้าในทิศทางที่ขนานกับแกนของใบพัด และหมุนไปเป็นมุมประมาณ 90 องศา แล้วไหลไปตามรัศมีของใบพัด และออกที่เส้นรอบวงของใบพัด โดยความดันสถิตจะมาจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่เกิดจากก่อนอากาศที่ขังอยู่ระหว่างใบพัด ถูกเหวี่ยงออกทำให้ลมมีพลังงานจลน์ขึ้น ความเร็วของลมที่ทำให้เกิดพลังงานจลน์นี้เป็นผลรวมของความเร็ว เนื่องจากการหมุนของใบพัดกับความเร็วสัมพันธ์ของลมเมื่อเทียบกับใบพัดทำให้ความดันสถิตที่ได้มีค่าสูง

พัดลมแรงเหวี่ยงสามารถแบ่งเป็นพวกใหญ่ ๆ ได้ 3 ชนิดคือ

2.1 พัดลมแรงเหวี่ยงใบพัดโค้งหน้า (Forward Curved Fan)

ความเร็วลมที่ได้เป็นผลรวมของความเร็วเนื่องจากการหมุนของใบพัดกับความเร็วสัมผัสของลมเมื่อเทียบกับใบพัด ใบพัดจะโค้งมีทิศทางเดียวกับทิศทางหมุนลมจะวิ่งออกด้วยความเร็วที่สูงกว่าความเร็วปลายใบพัด ลมจึงได้รับพลังงานส่วนมากในรูปของความเร็ว จะมีความเร็วรอบต่ำสุดเมื่อเทียบกับพัดลมแรงเหวี่ยงแบบอื่นค่าประสิทธิภาพจะต่ำกว่าแบบใบพัดโค้งหลังกำลังงาน (Power) ไม่มีขีดจำกัดถ้าเดินเครื่องเกินกำลังจะทำให้เครื่องไหม้ได้



รูปที่ 6 กราฟแสดงสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งหน้า

รูปที่ 7 รูปแสดงลักษณะโครงสร้างของใบพัดและ Velocity diagram ของพัดลมแรงเหวี่ยงใบพัดโค้งหน้า

ตารางที่ 4 แสดงสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงใบพัดโค้งหน้า (No 593 S.I.S.W Sirocco Fan, Series 81) (Courtesy of American Blower Corp, Detroit, Mich.)

Cfm	Outlet Velocity	Outlet Velocity Pressure	1/2 in. SP		1 in. SP		1 1/2 in. SP		2 in. SP		2 1/2 in. SP		3 in. SP		4 in. SP		5 in. SP		6 in. SP	
			Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp
16568	800	.040																		
18639	900	.051	119	2.20																
20710	1000	.063	120	2.47																
22781	1100	.076	121	2.77																
24852	1200	.090	122	3.18	168	5.75														
26923	1300	.106	125	3.61	169	6.30														
28994	1400	.123	127	4.07	170	6.89														
31065	1500	.141	128	4.56	171	7.54	206	10.77												
33136	1600	.160	131	5.18	172	8.28	207	11.56												
35207	1700	.181	133	5.92	173	9.04	208	12.48	238	16.28										
37278	1800	.203	136	6.70	175	9.88	209	13.41	239	17.37										
39349	1900	.226	138	7.49	177	10.80	210	14.55	240	18.51	266	22.85								
41420	2000	.250	141	8.36	179	11.75	211	15.69	241	19.68	267	24.02								
43491	2100	.276	145	9.42	182	12.81	213	16.85	242	20.90	268	25.65	291	30.07						
45562	2200	.303	149	10.48	184	13.98	215	18.08	243	22.42	269	27.14	292	31.92						
47633	2300	.331	154	11.78	186	15.17	217	19.32	244	23.99	270	28.63	293	33.71						
49704	2400	.360	158	13.16	188	16.69	219	20.63	245	25.65	271	30.21	294	35.50	335	46.03				
51775	2500	.391	162	14.66	190	18.27	221	22.23	247	27.36	272	32.05	295	37.18	336	48.20				
53846	2600	.423	167	16.15	193	19.81	223	23.86	249	29.07	273	34.14	296	39.41	337	50.37				
55917	2700	.456	171	17.70	196	21.41	225	25.65	251	30.83	275	36.29	297	41.66	338	52.71	375	64.19		
57988	2800	.490	175	19.24	199	23.01	228	27.41	254	32.73	277	38.45	298	43.91	339	55.15	376	65.54		
60059	2900	.526	179	20.95	203	24.94	230	29.64	256	34.74	279	40.63	300	46.17	341	57.75	377	69.21		
62130	3000	.563	184	22.80	207	27.00	232	31.97	259	36.91	281	42.80	302	48.44	342	60.36	378	73.14	411	85.76
64201	3100	.601	188	24.83	211	29.18	235	34.25	261	39.19	283	44.97	304	50.97	343	63.13	379	75.72	412	88.48
66272	3200	.640	192	27.09	215	31.75	237	36.37	263	41.52	285	47.50	305	53.68	344	65.95	381	79.11	413	92.82
68343	3300	.681	196	29.28	219	34.47	240	38.54	265	43.97	288	50.21	308	56.45	345	68.94	382	82.23	415	96.08
70414	3400	.723	201	31.48	224	37.32	242	41.20	267	46.68	290	52.92	310	59.30	347	72.19	383	85.76	416	99.74
72485	3500	.766	204	33.65	228	40.03	246	44.10	269	49.94	291	55.77	313	62.56	349	75.58	384	89.29		
74556	3600	.810	207	36.10	232	43.02	250	47.28	271	53.19	294	58.70	315	65.68	351	79.03	385	93.09		
76627	3700	.856	210	38.95	236	46.14	254	50.48	273	56.45	296	62.42	317	68.94	353	82.51	387	96.89		
78698	3800	.903	214	41.80	241	49.12	258	53.79	276	59.71	298	66.22	319	72.60	355	86.41	388	100.69		
80769	3900	.951	218	44.86	245	52.24	262	56.99	280	62.96	301	70.16	321	76.29	358	90.32	390	104.62		
82840	4000	1.000	222	47.55	250	55.64	265	60.25	283	66.76	303	73.82	324	80.20	360	94.01	391	108.83		

Outlet { 64 3/4 in. x 46 7/8 in. outside.
Area 20.710 sq ft inside.
Class I rating above heavy line.
Class II rating below heavy line.
For dimensions, see Table 6.

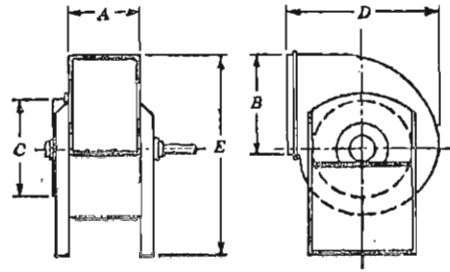
Wheel { 59 3/8 in. diameter.
15.54 ft circumference.

Wheel peripheral velocity
15.54 X rpm = fpm

Inlet { 65 1/4 in. diameter outside.
Area 23.044 sq ft inside.

2.2 พัดลมแรงเหวี่ยงใบพัดโค้งหลัง (Backward Curved Fan)

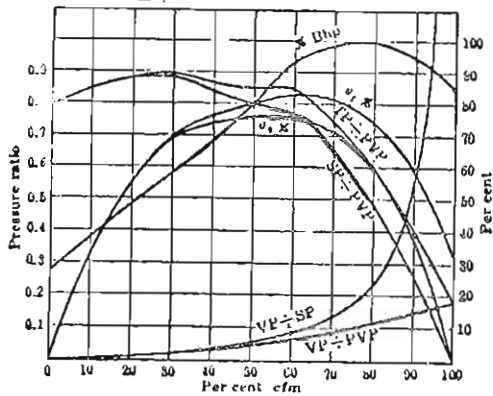
ความเร็วลมเป็นผลต่าง ๆ ของความเร็ว เนื่องจากการหมุนของใบพัดกับความเร็วของลม เมื่อเทียบกับใบพัด ใบพัดจะโค้งมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางการหมุนประสิทธิภาพ จะมากกว่าชนิดใบพัดโค้งหน้า และหมุนด้วยความเร็วรอบที่สูงกว่าลมที่วิ่งออกจะมีความเร็วน้อยกว่าความเร็วที่ปลายใบพัด ความลึกของใบพัดจะช่วยให้ลมขยายตัวอย่างมีประสิทธิภาพ จากกราฟรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าที่ประสิทธิภาพสูงสุดความดันสถิตย และกำลังงาน (Power) จะมีค่ามาก แล้วย่อย ๆ ลดลงเมื่อปริมาณของลมเพิ่มขึ้น ลักษณะเช่นนี้จะทำให้พัดลมไม่มีการ Over load ได้เลย



Fan Size	Dimensions, in.									
	Wheel Diam.	Width, A,	Outlet Depth, H,	Inlet Diam., C,	Length, D		Height, E			
		S.L.S.W.			THD or BHD	UBD DBD	THD	BHD	UBD	DBD
122	12 1/4	9 3/4	13 1/16	13	22 1/8	23 5/8	28 5/8	25	26	26 1/8
135	13 1/2	10 3/4	14 3/8	14 3/8	24 1/4	25 7/8	31	27	28	28 1/4
150	15	11 15/16	15 13/16	15 7/8	26 1/2	28 5/8	34	29 5/8	30 1/2	31
165	16 1/2	13 1/16	17 9/16	17 3/8	28 3/4	31 1/4	37 1/8	32 1/4	33	33 3/4
182	18 1/4	14 7/16	18 5/16	19 3/8	31 1/4	34 1/2	41	35 1/2	36	37 1/4
200	20	15 13/16	21 5/16	21 1/4	34 1/8	37 5/8	44 3/4	38 7/8	39 1/2	40 5/8
222	22 1/4	17 9/16	23 6/8	23 5/8	37 5/8	41 3/4	49 5/8	43 1/8	43 1/2	45 1/8
245	24 1/2	19 3/8	26 1/8	26	41	45 3/4	54 1/2	47 1/4	47 1/2	49 1/8
270	27	21 3/8	28 5/8	28 5/8	44 5/8	50 1/4	59 1/8	51 5/8	51 1/2	54 1/8
300	30	23 5/8	31 7/8	31 3/4	49 1/8	55 5/8	65 3/4	56 7/8	56 1/2	59 5/8
330	33	26	35 1/8	35	53 5/8	61 1/8	72 1/2	62 5/8	62	65 5/8
360	36	28 3/8	39 1/4	37 7/8	58 1/4	66 1/2	78 5/8	68	67	71 1/4
397	39 3/4	31 5/8	43 5/8	45 3/8	62 1/2	73 1/4	83 1/8	74 1/8	74 3/4	77 1/2
440	44	34 7/8	48 1/4	50	70 3/8	81	91 1/2	81 7/8	81 1/2	84 1/8
486	48 5/8	38 1/2	53 1/4	55 3/8	77 1/2	89 1/4	100 7/8	90 3/8	89 3/4	92 1/2
537	53 3/4	42 1/2	58 3/4	59 1/4	85 1/2	98 1/2	110 3/4	100 7/8	99 3/4	102 1/2
593	59 3/8	46 7/8	64 3/4	65 1/4	93 3/4	108 3/4	122 3/4	110 3/4	110	113 1/4
657	65 3/4	52	71 1/4	72 7/8	103 1/4	120 1/2	135 3/8	121 1/4	120 3/4	123 1/4
726	72 5/8	57 3/8	78 5/8	79 3/4	114 1/2	132 7/8	149 1/4	134	133	136 1/4
803	80 3/8	63 5/8	87 3/8	88 1/2	129 1/8	148	167 7/8	149 1/4	148 1/4	151 1/4
887	88 3/4	70 1/4	96 1/4	97	142 5/8	163 1/4	184 1/8	165 5/8	164 1/2	167 1/2
980	98	77 1/2	106 1/4	106 1/2	157	179 3/4	202 7/8	182 1/8	181 1/2	184 1/2
1082	108 1/4	85 1/2	117 1/4	117	173 1/2	198 1/4	223 3/4	200 3/4	199 3/4	202 1/2
1195	119 1/2	94 1/4	129 3/8	128 1/2	191 1/8	218 5/8	246 3/8	221 1/4	220 1/4	223 1/4
1320	132	104	142 3/4	141 1/2	211 3/8	241	281 1/2	246 1/4	245 1/4	248 1/4

* THD = top horizontal discharge. BHD = bottom horizontal discharge. UBD = upward blowing discharge. DBD = downward blowing discharge.

รูปที่ 8 แสดงลักษณะและมิติของพัดลมแรงเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งหน้า รุ่นที่ 81 (Courtesy of American Blower Corp, Detroit, Mich.)



รูปที่ 9 กราฟแสดงสมรรถนะของ

พัดลมแรงเหวี่ยงใบพัดโค้งหลัง

รูปที่ 10 รูปแสดงโครงสร้างของใบพัด

และ Velocity diagram

ของพัดลมแรงเหวี่ยงใบพัด

โค้งหลัง

ตารางที่ 5 แสดงสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงใบพัดโค้งหลัง (No.593,S.I.S.W. High Speed

Fan รุ่น 81 (Courtesy of American Blower Corp., Detroit, Mich.)

Cfm	Outlet Velocity	Outlet Pressure	1/2 in. SP		1 in. SP		1 1/2 in. SP		2 in. SP		2 1/2 in. SP		3 in. SP		4 in. SP		5 in. SP		6 in. SP	
			Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp
16568	800	.040																		
18639	900	.051	215	1.08																
20710	1000	.063	223	2.25																
22781	1100	.076	231	2.61																
24852	1200	.090	242	2.99	297	5.18														
26923	1300	.106	253	3.45	306	5.70														
28994	1400	.123	265	3.91	315	6.24														
31065	1500	.141	279	4.42	324	6.92	367	9.72												
33136	1600	.160	293	4.99	333	7.60	375	10.50												
35207	1700	.181	308	5.67	345	8.41	382	11.37	420	14.66										
37278	1800	.203	324	6.43	358	9.23	393	12.28	428	15.74										
39349	1900	.226	336	7.22	370	10.18	403	13.25	437	16.83	469	20.46								
41420	2000	.250	349	8.03	382	11.18	416	14.47	445	18.05	479	21.87								
43491	2100	.276	362	9.04	395	12.27	427	15.78	454	19.19	488	23.26	518	27.25						
45562	2200	.303	375	10.18	409	13.43	438	16.96	463	20.73	498	24.75	525	28.80						
47633	2300	.331	390	11.34	422	14.71	449	18.21	476	22.25	508	26.27	532	30.34						
49704	2400	.360	405	12.60	436	16.01	461	19.70	488	23.68	518	27.76	541	32.19	594	41.47				
51775	2500	.391	420	13.65	450	17.51	471	21.20	501	25.32	527	29.37	551	34.14	604	43.42				
53846	2600	.423	435	14.79	464	19.00	482	22.93	514	26.87	536	31.10	562	36.12	612	45.60				
55917	2700	.456	448	16.24	477	20.76	494	24.67	527	28.39	546	33.23	572	38.10	621	47.77	664	57.94		
57988	2800	.490	463	18.27	491	22.55	506	26.43	540	30.70	556	35.39	582	40.22	630	49.94	671	60.69		
60059	2900	.526	478	20.17	506	24.42	526	28.42	553	33.00	565	37.53	593	42.34	639	52.54	678	63.72		
62130	3000	.563	493	22.09	521	26.33	538	30.42	561	35.35	580	39.68	603	45.16	648	55.37	684	66.76	727	75.80
64201	3100	.601	508	24.02	536	28.50	553	32.60	574	37.75	594	42.34	618	47.98	657	57.97	691	69.78	738	79.79
66272	3200	.640	523	26.22	551	30.67	568	34.59	587	40.14	608	45.03	631	50.61	668	60.79	705	72.82	746	83.78
68343	3300	.681	538	28.44	565	32.90	583	36.89	600	42.61	623	47.71	644	53.63	679	64.05	718	75.86	758	87.77
70414	3400	.723	553	30.64	579	35.28	598	39.30	613	45.35	637	50.91	656	56.45	691	67.31	731	78.90	769	91.76
72485	3500	.766	568	32.87	592	38.00	613	42.88	633	47.98	651	54.14	668	59.27	703	70.56	745	82.53		
74556	3600	.810	583	35.55	606	40.71	627	45.62	647	50.64	666	57.80	681	62.10	715	73.82	759	86.17		
76627	3700	.856	598	38.43	621	43.70	642	48.10	660	53.74	681	61.63	696	65.62	727	77.51	773	90.43		
78698	3800	.903	613	41.31	636	46.68	657	50.68	673	57.18	694	63.60	708	69.86	739	79.85	786	94.66		
80769	3900	.951	628	43.91	651	50.07	672	54.10	685	61.01	707	67.47	721	74.09	751	85.11	799	98.93		
82840	4000	1.000	643	46.60	667	53.47	687	59.37	702	64.70	721	71.90	734	78.53	764	89.02	813	103.16		

Outlet { 84 3/4 in. x 48 7/8 in. outside.
Area 20.710 sq ft inside.
Class I Rating above heavy line.
Class II Rating below heavy line.
For dimensions see Table 8.

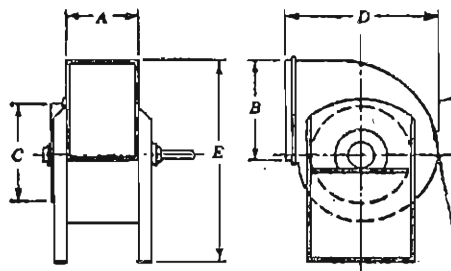
Wheel { 58 3/8 in. diameter.
15.54 ft circumference.
Maximum bhp = 200 (rpm/1000)

Inlet { 65 1/4 in. diameter outside.
Area 23.044 sq ft inside.
Wheel peripheral velocity
15.54 X rpm = fpm

ตารางที่ 6 แสดงมิติของพัดลมแรงเหวี่ยงใบพัดโค้งหลัง (Courtesy of American Blower Corp, Detroit, Mich รุ่น 81 Single inlet, single width).

Fan Size	Dimensions in Inches									
	Wheel Diam.,	Width, A	Outlet Depth, B	Inlet Diam., C	Length, D		Height, E			
					THD*	UBD	THD	BHD	UBD	DBD
122	12 1/4	9 3/4	13 1/16	13	22 1/8	23 5/8	28 5/8	25	26	26 1/8
135	13 1/2	10 3/4	14 3/8	14 3/8	24 1/4	25 7/8	31	27	28	28 1/4
150	15	11 15/16	15 13/16	15 7/8	26 1/2	28 5/8	34	29 5/8	30 1/2	31
165	16 1/2	13 1/16	17 9/16	17 3/8	28 3/4	31 1/4	37 1/8	32 1/4	33	33 3/4
182	18 1/4	14 7/16	19 5/16	19 3/8	31 1/4	34 1/2	41	35 1/2	36	37 1/4
200	20	15 13/16	21 5/16	21 1/4	34 1/8	37 5/8	44 3/4	38 7/8	39 1/2	40 5/8
222	22 1/4	17 9/16	23 6/8	23 5/8	37 5/8	41 3/4	49 6/8	43 1/8	43 1/2	45 1/8
245	24 1/2	19 2/8	26 1/8	26	41	45 3/4	54 1/2	47 1/4	47 1/2	49 1/2
270	27	21 2/8	28 5/8	28 5/8	44 6/8	50 1/4	59 5/8	51 5/8	51 1/2	54 1/8
300	30	23 6/8	31 7/8	31 3/4	49 1/8	55 5/8	65 3/4	56 7/8	56 1/2	59 5/8
330	33	26	35 1/8	35	53 6/8	61 1/8	72 1/2	62 6/8	62	65 6/8
360	36	28 3/8	39 1/4	37 7/8	58 1/4	66 1/2	78 5/8	68	67	71 1/4
397	39 3/4	31 5/8	43 5/8	45 3/8	62 1/2	73 1/4	83 1/8	74 1/8	74 3/4	77 1/2
440	44	34 7/8	48 1/4	50	70 3/8	81	91 1/2	81 7/8	81 1/2	85 1/2
486	48 5/8	38 1/2	53 1/4	55 3/8	77 1/2	89 1/4	100 7/8	90 3/8	90 3/4	94 1/2
537	53 3/4	42 1/2	58 3/4	59 1/4	85 1/2	98 1/2	110 3/4	100 7/8	100 3/4	105 1/2
593	59 2/8	46 7/8	64 3/4	65 1/4	93 3/4	108 3/4	122 3/4	110 3/4	110 3/4	115 1/2
657	65 2/4	52	71 1/4	72 7/8	103 1/4	120 1/2	135 3/8	121 1/4	121 1/4	126 1/2
726	72 6/8	57 3/8	78 5/8	79 3/4	114 1/2	132 7/8	148	133 1/8	133 1/8	138 1/2
803	80 2/8	63 5/8	87 3/8	88 1/2	129 1/8	148	167 7/8	149 1/4	149 1/4	154 1/2
887	88 3/4	70 1/4	96 1/4	97	142 5/8	163 1/4	184 6/8	165 5/8	165 5/8	171 1/2
980	98	77 1/2	106 1/4	106 1/2	157	179 3/4	202 7/8	182 1/8	182 1/8	188 1/2
1082	108 1/4	85 1/2	117 1/4	117	173 1/8	198 1/4	223 3/4	200 3/4	200 3/4	206 1/2
1195	119 1/2	94 1/4	129 3/4	128 1/2	191 1/8	218 5/8	246 3/8	221 1/4	221 1/4	227 1/2
1320	132	104	142 3/4	141 1/2	211 3/8	241	281 1/2	246 1/4	246 1/4	252 1/2

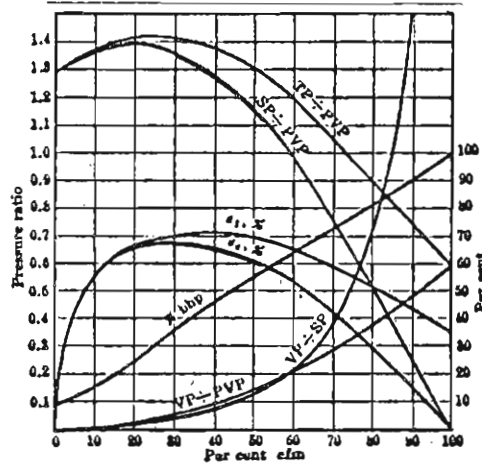
* THD = top horizontal discharge. BHD = bottom horizontal discharge. UBD = upward blowing discharge. DBD = downward blowing discharge.



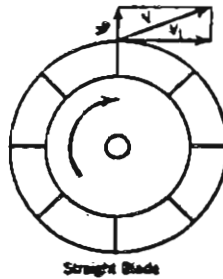
รูปที่ 11 แสดงลักษณะพัดลมแรงเหวี่ยงใบพัดโค้งหลัง (Courtesy of American Blower Corp, Detroit, Mich. รุ่น 81)

2.3 พัฒนแรงเหวี่ยงแบบใบตรง (Radial Curved Fan)

มีประสิทธิภาพต่ำสุดในพวกพัฒนแรงเหวี่ยง ใบพัดแข็งแรงทำงานที่ความเร็วลมปานกลาง



รูปที่ 12 กราฟแสดงสมรรถนะของ
พัฒนแรงเหวี่ยงแบบใบตรง



รูปที่ 13 รูปแสดงลักษณะโครงสร้างของใบพัดและ
Velocity diagram ของพัฒนแรงเหวี่ยงแบบใบตรง

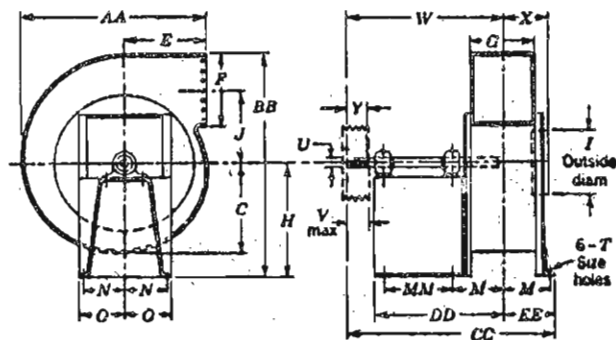
ตารางที่ 7 แสดงสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงแบบใบตรง (Courtesy of American Blower Corp, Detroit, Mich, No 600 Type E Fan with HE Wheel)

Cfm	Outlet Velocity	1 in. SP		2 in. SP		3 in. SP		4 in. SP		6 in. SP		8 in. SP		10 in. SP		14 in. SP	
		Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp	Rpm	Bhp
3295	1000	331	0.75	457	1.52	550	2.27										
3954	1200	341	0.91	463	1.80	555	2.67	634	3.60								
4613	1400	356	1.10	470	2.06	562	2.95	642	4.24	772	6.22						
5272	1600	373	1.36	481	2.43	566	3.49	647	4.75	780	7.07	896	9.85				
5931	1800	389	1.64	492	2.78	579	4.02	661	5.50	787	7.98	903	10.88	1002	14.04		
6590	2000	407	1.94	504	3.16	589	4.49	668	5.90	793	8.63	909	11.96	1010	15.23	1189	21.39
7249	2200	423	2.27	522	3.67	602	5.10	674	6.58	801	9.57	916	13.22	1013	16.61	1196	23.47
7908	2400	442	2.69	540	4.19	617	5.71	683	7.27	811	10.62	923	14.33	1019	18.04	1198	25.39
8567	2600	461	3.16	556	4.77	631	6.34	700	8.10	818	11.51	926	15.35	1024	19.77	1202	27.17
9226	2800	480	3.67	573	5.36	649	7.14	712	7.70	831	12.54	938	16.57	1035	20.80	1205	29.13
9885	3000	500	4.26	591	6.08	662	7.86	729	9.83	842	13.69	946	17.74	1044	22.28	1211	31.15
10544	3200	519	4.91	607	6.81	680	8.80	746	10.88	855	14.79	956	19.16	1053	23.84	1216	32.97
11203	3400	538	5.62	626	7.65	698	9.69	765	12.03	870	16.05	967	20.59	1061	25.30	1227	34.10
11862	3600	558	6.22	644	8.47	714	10.72	778	13.03	886	17.62	982	22.16	1072	26.91	1233	37.18
12521	3800	577	7.23	663	9.52	732	11.79	795	14.16	904	19.05	994	23.54	1086	28.88	1243	39.22
13180	4000	599	8.19	685	10.65	749	13.01	812	15.51	922	20.62	1013	25.60	1099	30.91	1251	41.70
13839	4200	621	9.24	701	11.79	768	14.27	836	17.20	935	22.14	1025	27.24	1112	32.76	1261	44.25
14498	4400	641	10.37	721	13.06	788	15.68	850	18.28	952	23.87	1044	29.25	1125	34.63	1271	46.43
15157	4600	663	11.63	741	14.41	807	17.06	864	19.66	969	25.62	1060	31.38	1145	37.44		
15816	4800	685	12.99	760	15.94	825	18.72	883	21.55	988	27.50	1076	33.51	1158	39.66		
16475	5000	707	14.46	791	18.21	844	20.24	901	23.40	1003	29.27	1092	35.52	1172	42.45		
17134	5200									1021	31.38	1112	38.28	1192	44.79		
17793	5400									1041	33.81	1127	40.51	1205	47.50		
18452	5600									1056	35.99	1145	43.08	1222	49.73		
19111	5800									1075	38.47	1161	45.61	1243	53.24		
19770	6000									1095	41.21	1180	48.67	1258	55.93		
20429	6200									1113	44.02	1197	51.48	1275	59.41		
21088	6400									1132	46.82	1220	55.34				
21747	6600									1152	50.08	1233	57.80				

Outlet { 23 3/4 in. x 20 7/16 in. outside.
Area 3.295 sq ft or 474 sq in.

Standard wheel { 41 3/4 in. diameter.
10.03 ft circumference.

Inlet { 25 1/16 in. diameter outside.
Area 3.319 sq ft or 478 sq in.



รูปที่ 14 รูปแสดงลักษณะพัดลมแรงเหวี่ยงแบบใบตรงชนิด E (Courtesy of American Blower Corp, Detroit, Mich.)

ตารางที่ 8 แสดงมิติของพัดลมแรงเหวี่ยงแบบใบตรงชนิด E (Courtesy of American Blower Corp., Detroit, Mich)

Arrangement 1-B consists of housing, overhung fan wheel, two bearings located on drive side, and the running gear support is a tapered box type pedestal with straight top. The shaft is extended beyond the outer bearing and key-seated to overhang the sleeve or pulley.
This is the most popular arrangement as it permits the application and removal of belts without dismounting the bearings and shaft.
Pulley or sleeve shown in the above diagram is for illustration purposes only and is not included in regular equipment.

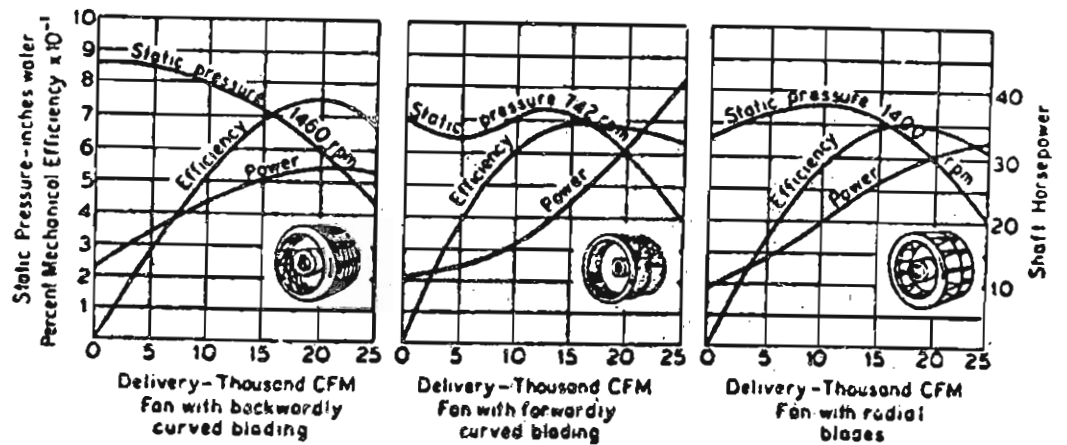
Fan Size	C	E	F	G	H	I	J	M	N	Keyway, HE Wheel	U, HE Wheel
250	12 7/16	12	9 7/8	8 9/16	17	10 1/2	10 3/16	7 5/8	6 7/16	3/8 X 3/16	1 7/16
300	15 11/16	14 1/2	12 7/16	10 3/4	21	13 3/16	12 3/4	8 11/16	7 7/8	3/8 X 3/16	1 11/16
350	17 1/2	16	13 7/8	11 15/16	23	14 5/8	14 5/16	9 5/16	8 7/8	1/2 X 1/4	1 15/16
400	19 3/4	18	15 5/8	13 1/2	26	16 1/2	16 3/16	10 1/16	9 5/8	1/2 X 1/4	1 15/16
450	22 3/16	20	17 1/2	15 1/8	29	18 1/2	18 2/16	11 1/8	10 7/8	1/2 X 1/4	2 3/16
500	24 15/16	22 1/2	19 11/16	16 15/16	32 1/2	20 3/4	20 1/2	12 1/8	12 1/8	5/8 X 5/16	2 7/16
550	27 3/8	24 1/2	21 5/8	18 5/8	35 1/2	22 13/16	22 1/2	12 15/16	13 5/8	5/8 X 5/16	2 7/16
600	30 1/8	27	23 3/4	20 7/16	38 1/2	25 5/16	24 3/4	13 7/8	14 5/8	5/8 X 5/16	2 11/16
700	33 3/16	30	26 1/4	22 5/8	42 1/2	27 11/16	27 1/4	16 3/16	16 1/2	5/8 X 5/16	2 11/16
750	36 9/16	33	28 7/8	24 7/8	47	30 3/4	30	17 5/16	19 3/4	3/4 X 3/8	2 15/16
800	40 3/16	36	31 11/16	27 5/16	51 1/2	33 3/8	33	19 9/16	19 7/8	7/8 X 7/16	3 7/16
900	44 5/16	40	34 7/8	30 1/16	56 1/2	36 3/4	36 3/8	20 15/16	21 3/4	7/8 X 7/16	3 7/16

Fan Size	O	T	W	X	AA	BB	CC	DD	EE	MM	Dimension V, HE Wheel °		Y
											BAO	D	
250	7 1/16	6/8	27 1/2	8 1/16	25 3/4	32 1/8	36	21 3/4	6 1/2	13 1/6	5 1/4	4	4
300	8 1/2	5/8	30 11/16	9 1/16	31 7/8	40	40 1/4	23 13/16	9 9/16	14 1/4	6 3/8	4 1/2	4 1/2
350	9 3/4	5/8	33 5/16	9 13/16	35 3/8	44 1/8	43 1/8	25 15/16	10 3/16	15 3/8	6 3/16	5	5
400	10 1/2	5/8	37 1/16	10 9/16	39 7/8	50	48	29 3/16	10 16/16	18 1/4	6 11/16	5 1/2	5 1/2
450	12	3/4	30 3/4	11 5/16	41 9/16	55 15/16	53	32 1/8	12 1/4	20	7 1/8	6	6
500	13 1/4	3/4	45 5/8	12 3/16	50 1/8	62 13/16	58 7/8	38 1/8	13 1/4	23	9	6 1/2	6 1/2
550	14 3/4	3/4	48 14/16	12 15/16	54 13/16	68 13/16	63	38 15/16	14 1/16	25	9 1/2	7	7
600	15 3/4	3/4	53 7/8	13 15/16	60 3/8	75 1/8	69 7/8	42 7/8	15	28	9 5/16	7 1/2	7 1/2
700	18	7/8	56	15 11/16	66 3/4	82 7/8	73 3/8	45 11/16	17 11/16	27 1/8	9 7/8	7 12/16	8
750	20 3/4	7/8	57 1/4	16 15/16	73 1/2	91 7/16	76	46 13/16	18 13/16	27 1/8	9 1/2	8 7/16	8
800	21 3/8	7/8	63	18 9/16	80 1/2	100 5/16	84	50 9/16	21 1/16	28 5/8	11 1/2	9 7/16	9
900	23 1/4	7/8	67 1/4	19 13/16	89	110 5/16	89 5/8	53 16/16	22 7/16	30 4/8	12 3/8	10 5/16	10

*BAO = ball bearings; D = sleeve bearings

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงทั้ง 3 แบบ

Blade Type	Forward Curved	Radial	Backward Curved
Tip speed, for fixed pressure	Low	Medium	High
Pressure trend characteristics	Flat	Medium	Steep
Power trend characteristics	Rising	Rising	Nonoverloading
Peak pressure ratio (SP + PVP)	2.2 to 2.6	1.1 to 1.4	0.70 to 0.80
Tip speed for 1 in. P ₀	2700 to 3500	3800 to 3400	4800 to 4500
Peak static efficiency, %	65 to 75	60 to 75	70 to 80
Wheel diameter	Minimum	Maximum	Intermediate
Space requirement	Minimum	Maximum	Intermediate
Operating rpm	Minimum to moderate	Moderate to minimum	Maximum



รูปที่ 15 รูปแสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงทั้ง 3 แบบที่อัตรา 20,000 cfm ที่ 6" sp แต่ความเร็วรอบไม่เท่ากัน

3. กำลังม้าของพัดลม (Fan Horsepower)

แรงม้าตามทฤษฎีที่ต้องการขับพัดลม เป็นกำลังที่ต้องการถ้าไม่มีการสูญเสียใด ๆ ในพัดลม คือประสิทธิภาพเป็น 100% แรงม้าตามทฤษฎีที่ต้องการขับพัดลมคำนวณได้จากสูตร

$$\begin{aligned} \text{Air horsepower} &= \frac{\text{Weight of gas per minute} \times H}{33,000} \\ &= \frac{\text{Cfm} \times d \times H}{33,000} \quad (1) \end{aligned}$$

เมื่อ d = ความหนาแน่นของแก๊ส
 H = เฮดของแก๊ส (ft)

เมื่อเราทราบความดันทั้งหมด (total pressure) ของระบบ; P_t (น้ำของน้ำ)

$$\text{จาก } H = \frac{P_t \times 62.3 \, d}{12}$$

แทนค่า H ลงในสมการ (3.1) จะได้

$$\text{Air horsepower (hp)}_t = \frac{\text{cfm} \times d \times P_t \times 62.3}{33,000 \times 12 \times d}$$

$$\text{กำลังม้าทั้งหมดของระบบ (hp)}_t = \frac{\text{cfm} \times P_t}{6356} \quad \dots (2)$$

ถ้าหากเราทราบความดันสถิต (static pressure) เราสามารถหากำลังม้าสถิตของพัดลมได้คือ

$$\text{Air horsepower (ph)}_s = \frac{\text{cfm} \times P_s}{6356} \quad \dots (3)$$

เมื่อ P_s = static pressure (นิ้วของน้ำ)

แต่ในความจริงแล้ว Brake horsepower เป็นกำลังจริง ๆ ที่ใช้ขับเคลื่อน โดยที่ Brake horsepower ที่ต้องการขับเคลื่อนจะมากกว่าแรงม้าทฤษฎีเสมอ เพราะมีการสูญเสียพลังงานในพัดลม ค่า Brake horsepower นี้หาได้จากการทดสอบพัดลมจริง ๆ

3.4 ประสิทธิภาพของพัดลม (Fan Efficiency)

หลังจากทดสอบพัดลมทราบค่า Brake horsepower แล้ว เราสามารถหาประสิทธิภาพทั้งหมด และประสิทธิภาพสถิตได้

ประสิทธิภาพทั้งหมดหรือประสิทธิภาพเชิงกล หาได้โดยใช้ความดันทั้งหมดของพัดลมแทนในสูตรต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพทั้งหมดของพัดลม, } E_t = \frac{\text{cfm} \times P_t}{\text{bhp} \times 6356} \quad \dots (4)$$

ประสิทธิภาพสถิตก็คำนวณได้ในลักษณะเดียวกัน โดยใช้ความดันสถิตของพัดลมแทนความดันทั้งหมดของพัดลม

$$\text{ประสิทธิภาพสถิตของพัดลม, } E_s = \frac{\text{cfm} \times P}{\text{bhp} \times 6356} \quad \dots (5)$$

5. กฎของพัดลม (Fan law)

เป็นการหาความสัมพันธ์ของพัดลมที่มีรูปทรงทางเลขาคณิตเหมือนกันแต่มีค่าต่าง ๆ เปลี่ยนไป ตารางที่ 16 เป็นตารางแสดงสูตรกฎของพัดลมเมื่อค่าพวกหนึ่งคงที่ และค่าอีกพวกหนึ่งเปลี่ยนไป

ตาราง 10 สูตร และกฎของพัดลม

เมื่อค่าเหล่านี้คงที่	ค่าเหล่านี้เปลี่ยนไป	กฎ	สูตร
Fan System Density	Speed (n)	1. Flow rate varies directly as the speed ratio	$Q_2 = Q_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$
		2. Pressure varies as the square of the speed ratio	$p_2 = p_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2$
		3. Horsepower varies as the cube of the speed ratio	$HP_2 = HP_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3$
Speed Density Point of Rating	Fan Diameter (D)	4. Flow rate varies as the cube of the fan diameter ratio	$Q_2 = Q_1 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^3$
		5. Pressure varies as the square of the fan diameter ratio	$p_2 = p_1 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2$
		6. Horsepower varies as the 5th power of the fan diameter ratio	$HP_2 = HP_1 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^5$
Flow Rate Speed	Density (ρ)	7. Horsepower and pressure vary directly as the air density ratio	$p_2 = p_1 \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)$
			$HP_2 = HP_1 \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)$
Weight Flow	Density (ρ)	8. Air flow, speed and pressure vary inversely as the density ratio	$Q_2 = Q_1 \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)$
			$n_2 = n_1 \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)$
			$p_2 = p_1 \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)$
		9. Horsepower varies inversely as the square of the density ratio	$HP_2 = HP_1 \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^2$

LEGEND: n = Fan speed in revolutions per minute
Q = Flow rate in cubic feet per minute
p = Pressure in inches of water column
HP = Horsepower
D = Fan diameter in inches
ρ = Air density in lbs/cubic foot (standard ρ₁ = .075 lbs/cu. ft.)

6. การเลือกใช้พัดลม (Fan Selection)

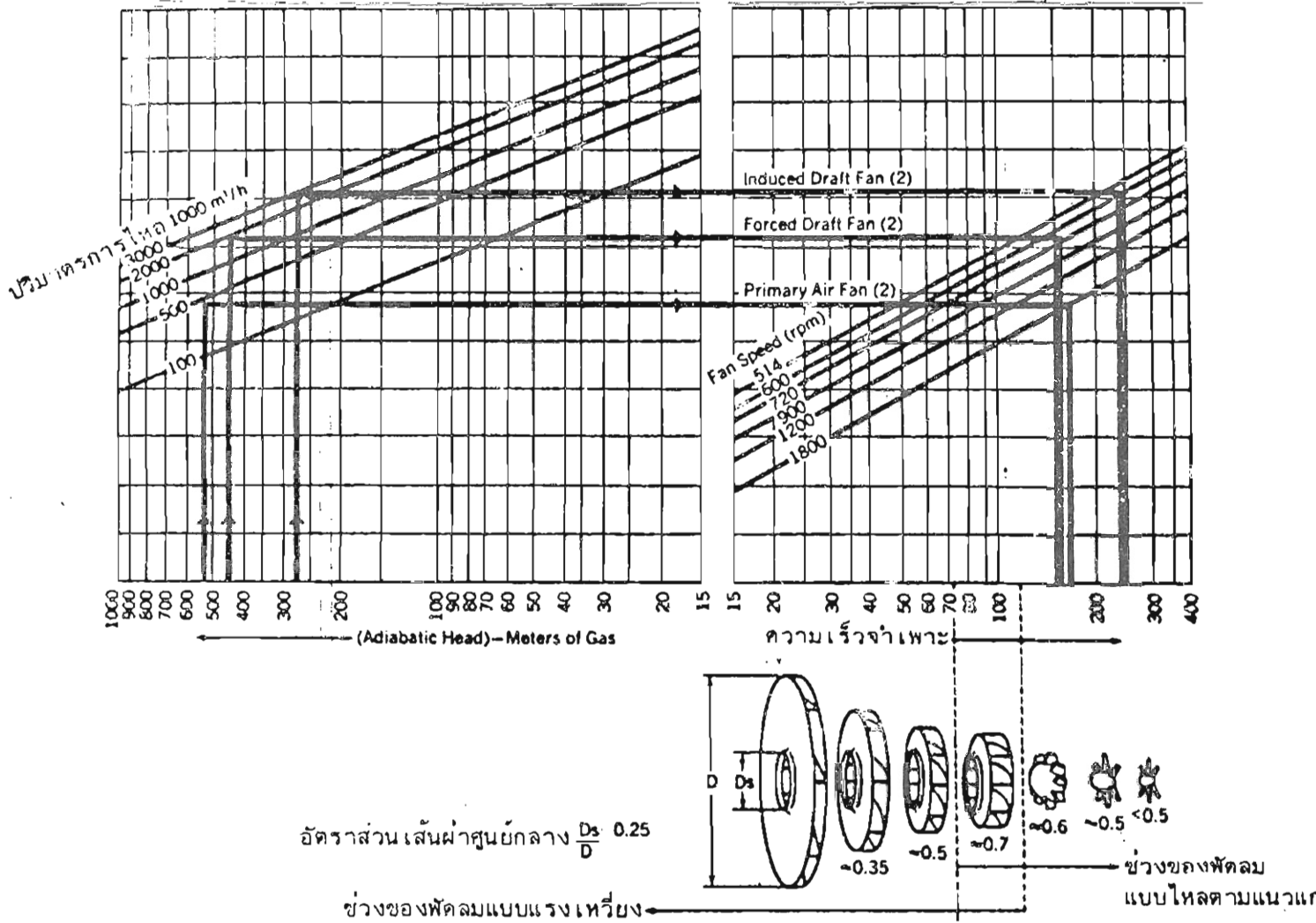
การเลือกใช้พัดลมให้เหมาะสมจะต้องพิจารณาเรื่องการประหยัดที่เกี่ยวข้องเช่น ต้นทุนดำเนินงานต่ำ (Operating Cost) หรือต้นทุนครั้งแรก (First Cost) ต่ำว่าอย่างไหนมีความสำคัญกว่ากัน

การที่จะเลือกพัดลมให้เป็นที่พอใจกับความต้องการต้องรู้จักสิ่งสำคัญต่อไปนี้คือ

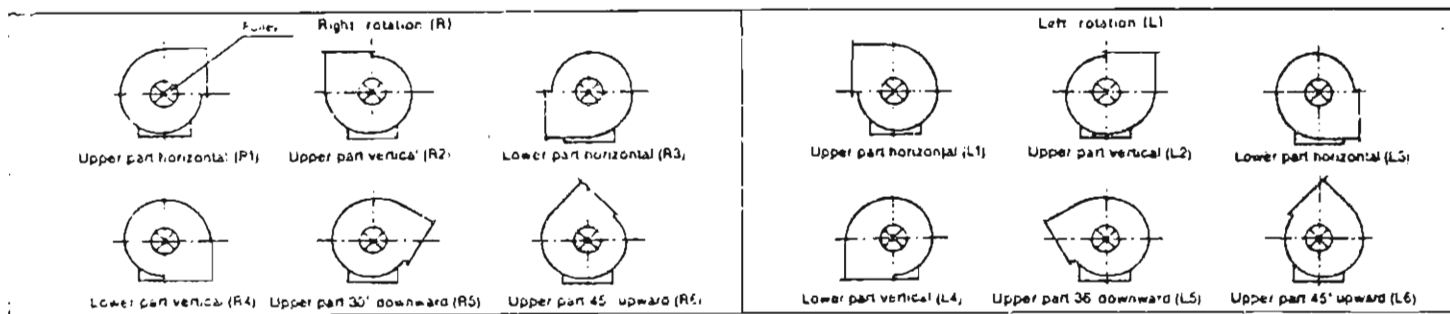
1. ปริมาตรอากาศเป็น cfm หาได้จากความต้องการในการปรับหรือถ่ายเทอากาศที่ทางออกของพัดลม
2. ความดันสถิต คือ ค่าที่เอาชนะความผิดในท่อที่ต้องการในการออกแบบ ท่อที่กำหนดดังกล่าวมาก่อนว่า ความดันสถิตของพัดลมก็คือความดันสถิตที่ทางออกของพัดลมลบด้วยความดันทั้งหมดที่ทางเข้าของพัดลม
3. ความหนาแน่นของอากาศ ที่เปลี่ยนไปจากสภาวะมาตรฐาน ความดันสถิตจะต้องแก้ไขให้เป็นภาวะมาตรฐาน จากการใช้ความดันสถิตกับปริมาตรอากาศที่กำหนดให้ ค่า bhp, rpm ก็เลือกได้จากตารางพัดลม (ของผู้ผลิต) แล้วแก้ไขให้เป็นที่ภาวะการทำงานจริง
4. ลักษณะการใช้งาน เช่น ควรใช้แบบแรงเหวี่ยงหรือแบบใบพัดซึ่งเราสามารถหาชนิดของพัดลมได้ จากกราฟรูปที่ 3.16 เมื่อเรารู้ค่า จำนวนรอบ (rpm) ปริมาตรการไหล และ Head ของพัดลม
5. ลักษณะการติดตั้งพัดลม จะต้องติดตั้งในลักษณะใด
6. ระดับเสียงปกติของพัดลมที่จะติดตั้ง เป็นเท่าใดเพื่อไม่ให้เกิดเสียงดัง
7. ขนาดและรูปร่างของห้องที่จะติดตั้ง พร้อมด้วยลักษณะการทำงาน เช่นถ้าจะติดตั้งภายในที่ว่างก็ไม่จำเป็นต้องต่อท่อตรงเข้ากับพัดลม

เอกสารอ้างอิง

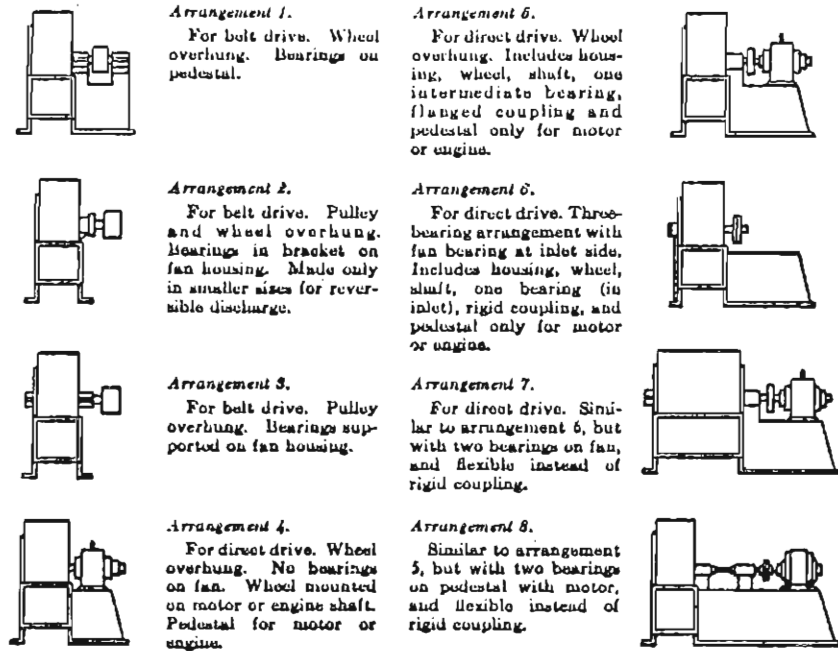
1. รัชชัย พวงสูงเนิน และไพศาล วิศิษฐ์พงศ์ "การศึกษาและออกแบบการระบายควันพิษจากห้องปฏิบัติการเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น" รายงานโครงการ หมายเลข M 87 - 10 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น หน้า 25 ถึง 43



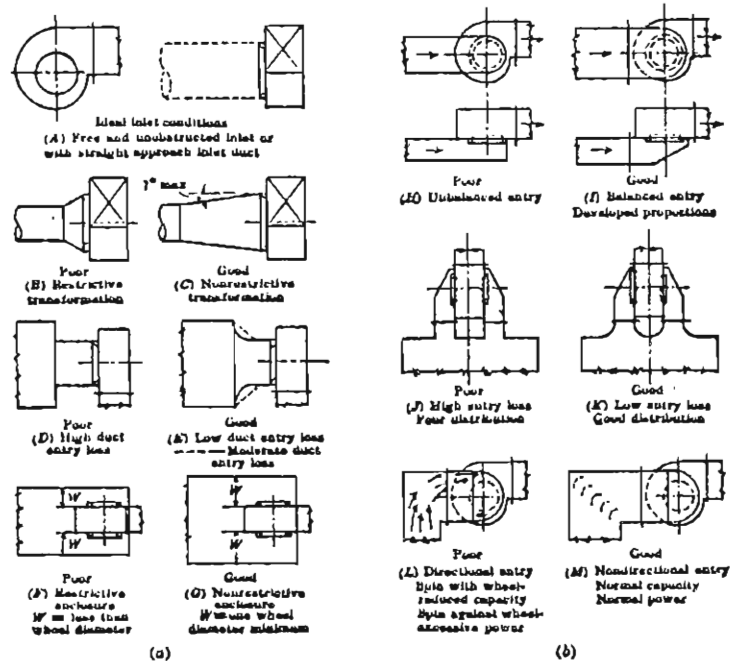
รูปที่ 16 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ในการเลือกใช้ชนิดของพัดลม



รูปที่ 17 แสดงลักษณะการติดตั้ง และทางจ่ายของพัดลมแรงเหวี่ยง (ที่มาบริษัท National Matsushita Electric)



รูปที่ 18 แสดงลักษณะการต่อมอเตอร์เพื่อขับพัดลมในรูปแบบต่าง ๆ



รูปที่ 19 แสดงลักษณะการต่อท่อกับทางเข้าของพัดลมที่ดีและไม่ดี