

จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 6 สาเหตุที่ทำให้ผลการคำนวณโดยวิธีขั้นพื้นฐาน มีค่าตอบแตกต่างกับผลการคำนวณ โดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง มีรายละเอียดดังนี้

### ความถูกต้องในการคำนวณ

1. การกำหนดค่า  $L/G$  ใช้ในการคำนวณ บริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นไม่ได้ กำหนดค่า  $(L/G)_{\max}$  เพื่อใช้กำหนดช่วงค่า  $L/G$  ในการคำนวณสร้างเส้นแอปโพรช
2. การเลือกพื้นที่ภาคตัดขวางของแผงขยายฟิล์มน้ำ จากผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด บริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นไม่ได้ นำผลการคำนวณพื้นที่ภาคตัดขวางของแผงขยายฟิล์มน้ำจากการคำนวณไปคำนวณปรับแก้ตามพื้นที่การไหลอิสระของอากาศและน้ำกับผลิตภัณฑ์ ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด
3. ค่าสัมประสิทธิ์ การถ่ายโอนความร้อนเชิงปริมาตรของแผงขยายฟิล์มน้ำ ( $K_a$ ) ในหน่วย  $\text{Kcal/hr.m}^3$  ต่อผลต่างเอนทัลปี 1 หน่วย ใช้สมการเดียวกันทุก ๆ แผงขยายฟิล์มน้ำที่เลือกใช้
4. การหาค่าความดันสถิต บริษัทผลิตหอทำน้ำเย็น หาค่าเฉพาะค่าความดันสูญเสียผ่านแผงขยายฟิล์มน้ำ , ค่าความดันสูญเสียผ่านแผงกันละอองน้ำและค่าความดันสูญเสียผ่านบานเกล็ดช่องลมทางเข้า ซึ่งในการคำนวณที่ถูกต้อง มีค่าความดันอื่น ๆ อีกหลายค่า
5. การคำนวณหาค่าความดันของบริษัท ผลิตหอทำน้ำเย็นไม่มีการคำนวณหาค่าความดันที่สภาวะมาตรฐาน
6. บริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นไม่ได้ นำค่า ความหนาแน่นของอากาศ ( $\rho_a$ ) และปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น ( $v$ ) มาใช้ประกอบการคำนวณ
7. การหาขนาดบานเกล็ดช่องลมทางเข้า และแผงกันละอองน้ำของบริษัทผลิตน้ำเย็นไม่มีการตรวจสอบขนาดที่ได้จากการคำนวณ

8. ค่าความหนาแน่นของน้ำ ( $\rho_w$ ) ไม่ได้เลือกค่าที่อุณหภูมิใช้งาน ในการคำนวณของบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นทุกครั้ง ใช้ค่า  $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$  ซึ่งการคำนวณที่ถูกต้องจะต้องเปลี่ยนแปลงค่าที่อุณหภูมิใช้งานค่าต่างๆ

9. การหาปริมาณลมที่ผ่านหอทำน้ำเย็นในการคำนวณไม่ได้ นำค่าปริมาตรจำเพาะมาคำนวณผลที่ได้ จึงมีค่าแตกต่างกัน

10. การตรวจสอบภาระการใช้น้ำ ( $L'$ ) และภาระการใช้อากาศ ( $G'$ ) ตามคำแนะนำค่าออกแบบ

$L'$  ควรอยู่ระหว่าง 3.33 ถึง 4.44  $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$

$G'$  ควรอยู่ระหว่าง 2.2 ถึง 2.78  $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$

จากการตรวจสอบค่าดังกล่าว การคำนวณโดยบริษัทผลิต ผลการคำนวณที่ได้ค่า  $L'$  และ  $G'$  จะมีค่าอยู่ในช่วงแนะนำหรือไม่ ไม่มีการปรับแก้ไขค่าดังกล่าว ก่อนที่จะนำข้อมูลไปคำนวณต่อในขั้นตอนต่อไป จากการคำนวณที่ได้โดยการคำนวณของบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็น ค่าภาระการใช้น้ำ ( $L'$ ) มีค่า 2.876  $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$  ซึ่งต่ำกว่าคำแนะนำการออกแบบ เป็นผลให้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้แตกต่างกันมาก

11. การหาค่าความสูงจากปลายแผงขยายฟิล์มน้ำถึงปากปล่องปล่อยลมทางเข้ามุมที่ใช้ในการคำนวณโดยบริษัทผลิตใช้ค่ามุม  $30^\circ$  ทุกการคำนวณ ซึ่งการคำนวณที่ถูกต้องจะต้องทำการคำนวณหาค่ามุมดังกล่าวใหม่ทุกครั้งที่ทำกรคำนวณ

จากข้อมูลในรายละเอียดของการคำนวณที่แตกต่าง ในข้อ 1 และ 2 จึงส่งผลให้ได้ผลการคำนวณที่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าผลการคำนวณโดยวิธีขั้นพื้นฐาน มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลด้านความร้อนอยู่ในช่วง  $-25.52$  ถึง  $10.39$  เปอร์เซ็นต์ของผลการคำนวณโดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็น สำหรับเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลด้านขนาด ซึ่งประกอบด้วยขนาดส่วนประกอบภายในและขนาดส่วนประกอบภายนอก มีความคลาดเคลื่อนดังนี้ ขนาดส่วนประกอบภายในหอทำน้ำเย็นมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 8 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ของผลการคำนวณ โดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นและขนาดส่วนประกอบภายนอกหอทำน้ำเย็นมี

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง  $-8.8$  ถึง  $9.8$  เปอร์เซ็นต์ของผลการคำนวณ โดยบริษัทผลิต หอทำน้ำเย็น

จากค่าต่างๆ สามารถสรุปได้ว่า หอทำน้ำเย็นที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีขั้นพื้นฐานมีขนาด เล็กกว่าและใช้พลังงาน ไฟฟ้าน้อยกว่า หอทำน้ำเย็นที่ได้จากการคำนวณ โดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็น จึงทำให้ประหยัดต้นทุนในการติดตั้งและประหยัดค่ากระแสไฟฟ้าในการใช้งาน

หมายเหตุ สำหรับการคำนวณหาขนาดพัดลมและส่วนประกอบซึ่งประกอบด้วย การหา เส้นผ่านศูนย์กลางพัดลม, จำนวนใบพัดลม, ความดันความเร็ว, จำนวนรอบ, มุมกระจายลมสูงสุด, ระยะเวลาพัด, กำลังม้าเบรกมอเตอร์และอัตราเฟืองทดรอบ ในการคำนวณหาขนาดของบริษัทผลิตหอ ทำน้ำเย็น ปกติใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากต่างประเทศที่จำหน่ายพัดลมในการคำนวณหาค่า จากการตรวจสอบผลการคำนวณ โดยวิธีขั้นพื้นฐานกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ผลคำตอบที่ได้ มีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การออกแบบหอทำน้ำเย็นชนิดลมดูดแบบไหลสวนทาง สำหรับงานอุตสาหกรรม โดยวิธีขึ้นพื้นฐานเป็นการคำนวณหาขนาดของส่วนประกอบต่างๆ ของหอทำน้ำเย็น โดยได้รวบรวมวิธีการคำนวณการหาขนาดของส่วนประกอบต่างๆ ของหอทำน้ำเย็นให้อยู่ในเนื้อหาเดียวกัน จากการศึกษาผลการคำนวณได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลกับบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นรายหนึ่ง ประกอบด้วยข้อมูลด้านความร้อนและข้อมูลด้านขนาด ผลที่ได้ ข้อมูลด้านความร้อนมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง  $-25.52$  ถึง  $10.39$  เปอร์เซ็นต์ สำหรับข้อมูลด้านขนาดมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขนาดส่วนประกอบภายในหอทำน้ำเย็น ซึ่งประกอบด้วย ขนาดบานเกล็ดช่องลมทางเข้า, ขนาดแผงขยายฟิล์มน้ำ, ขนาดแผงกันละอองน้ำ และขนาดพัดลมมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 8 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ของผลการคำนวณ โดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นและขนาดส่วนประกอบภายนอกหอทำน้ำเย็นซึ่งประกอบด้วย ขนาดปล่องปล่องลม, ขนาดตัวเรือนหอทำน้ำเย็น และขนาดความสูงหอทำน้ำเย็น มีความคลาดเคลื่อน อยู่ในช่วง  $-8.8$  ถึง  $9.8$  เปอร์เซ็นต์ของผลการคำนวณ โดยบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นหรือผลการคำนวณ โดยวิธีขึ้นพื้นฐานที่ได้ หอทำน้ำเย็นมีขนาดเล็กกว่าและใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าหอทำน้ำเย็นที่ได้จากการคำนวณโดยบริษัทหอทำน้ำเย็น

สำหรับการออกแบบหอทำน้ำเย็นชนิดลมดูดแบบไหลสวนทาง สำหรับงานอุตสาหกรรม โดยวิธีขึ้นพื้นฐานและการคำนวณหอทำน้ำเย็นโดยทั่วไป ต้องใช้ข้อมูล จากบริษัทที่จำหน่าย แผงขยายฟิล์มน้ำ บานเกล็ดช่องลมทางเข้าและแผงกันละอองน้ำ มาประกอบในการคำนวณ ซึ่งถ้าไม่มีข้อมูลดังกล่าวทำให้ไม่สามารถทำการคำนวณหาขนาดหอทำน้ำเย็นได้

### ข้อเสนอแนะ

1. การออกแบบหอทำน้ำเย็นชนิดลมดูดแบบไหลสวนทาง สำหรับงานอุตสาหกรรมในการคำนวณนั้นมีขั้นตอนต่างๆ ที่ต้องใช้เวลาในการคำนวณเป็นอย่างมาก เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้ในงานการทำงานวิจัยครั้งต่อไปควรจัดทำเป็น โปรแกรมคอมพิวเตอร์

2. ควรมีหน่วยงานราชการที่ทำหน้าที่ทดสอบสมรรถนะของหอทำน้ำเย็น เพื่อใช้ทดสอบหอทำน้ำเย็นหลังจากที่ได้ดำเนินการออกแบบและผลิตหอทำน้ำเย็น

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในหอทำน้ำเย็น เช่น แผงขยายฟิล์มน้ำ, บานเกล็ดช่องลมทางเข้าและแผงกันละอองน้ำ เนื่องจากข้อมูลต่างๆ ทางด้านเทคนิคยังไม่เป็นที่แพร่หลายในประเทศไทย ควรทำงานวิจัยในส่วนนี้เพิ่มขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับบริษัทผลิตหอทำน้ำเย็นต่างๆ สามารถนำไปใช้ได้เพราะในปัจจุบันอุปกรณ์ดังกล่าว เป็นผลิตภัณฑ์ต่างประเทศ ข้อมูลทางเทคนิคต่างๆ จึงไม่มี

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2535. **คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน**. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์และสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมไทย, กรุงเทพฯ.
- นิรัตน์ เดชไพบูลย์ศ และ กัมปนาท ไชยฤกษ์. 2535. **การพัฒนาหอระบายความร้อยแบบลมอัดไหลสวนทาง**. วิทยานิพนธ์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- นที ลิ้มประสิทธิ์ศักดิ์. 2534. **การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของหอผึ่งน้ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บริษัท สแควร์ คูลิ่ง ทาวเวอร์ จำกัด. ม.ป.ป. **Cooling Tower**. บริษัท สแควร์ คูลิ่งทาวเวอร์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- พันธุ์ศักดิ์ อำนาจตระกูล. 2545. **การศึกษาสมรรถนะและสมการคุณลักษณะเฉพาะการทดสอบของหอทำน้ำเย็นชนิดลมดูดแบบไหลสวนทาง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มนตรี พิรุณเกษตร. 2544. “**คูลิ่งทาวเวอร์ ภาคคำนวณ (1) การถ่ายโอนความร้อน, ค่าของ KaV/L และแผนภาพการถ่ายโอนความร้อนระหว่างอากาศและน้ำ**”. **วารสารเทคนิค** 18(203): 99-105.
- \_\_\_\_\_. 2545ก. “**คูลิ่งทาวเวอร์ ภาคคำนวณ (2) อัตราส่วนของการไหล (L/G) และพื้นฐานการออกแบบ**”. **วารสารเทคนิค** 18 (205): 108 – 116.
- \_\_\_\_\_. 2545ข. “**คูลิ่งทาวเวอร์ ภาคคำนวณ (3) ค่า KaV/L ตามวิธีของ Tchebycheff**”. **วารสารเทคนิค** 18 (207): 99 – 104.
- \_\_\_\_\_. 2545ค. “**คูลิ่งทาวเวอร์ ภาคคำนวณ (4) การหาขนาดของคูลิ่งทาวเวอร์ชนิดไหลสวนทางตามทฤษฎีเมอร์เคล**”. **วารสารเทคนิค** 19 (209): 94 – 100.

- มนตรี พิรุณเกษตร. 2545ง. “คู่มือเครื่องท้าวเวอร์ ภาคคำนวณ (5) การใช้งานกับคู่มือเครื่องท้าวเวอร์, การทดสอบสมรรถนะของคู่มือเครื่องท้าวเวอร์”. **วารสารเทคนิค** 19 (211): 103-110.
- \_\_\_\_\_. 2545จ. “คู่มือเครื่องท้าวเวอร์ ภาคคำนวณ (6) การกำหนดเงื่อนไขของการทดสอบตามมาตรฐาน CT”. **วารสารเทคนิค** 19 (214): 109-110.
- \_\_\_\_\_. 2545ฉ. “คู่มือเครื่องท้าวเวอร์ ภาคคำนวณ (7) การคำนวณสมรรถนะ ตัวอย่างการสร้างเส้นลักษณะเฉพาะค่าออกแบบเส้นแอปโพรชและเส้นลักษณะเฉพาะค่าทดสอบ”. **วารสารเทคนิค** 19 (217): 109-116.
- \_\_\_\_\_. 2545ช. “การคำนวณสมรรถนะของคู่มือเครื่องท้าวเวอร์ตามมาตรฐาน CTI”. **Mechanical Technology Magazine** 14: 104-106.
- \_\_\_\_\_. 2545ค. “คู่มือเครื่องท้าวเวอร์ ภาคคำนวณ (8) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณค่า KaV/L ของคู่มือเครื่องท้าวเวอร์ตามวิธีขยายเซฟฟ์และวิธีอินทิเกรตทีละช่วง หาอุณหภูมิน้ำทางออกของแผงขยายฟิล์มน้ำและขนาดพื้นที่หน้าตัดของแผงขยายฟิล์มน้ำตามทฤษฎีของเมอร์เคิล”. **วารสารเทคนิค** 20 (223): 123-136.
- \_\_\_\_\_. 2546ข. “การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แก้ปัญหาด้านความร้อนในงานวิศวกรรมเครื่องกล (13)”. **Mechanical Technology Magazine** 15: 106-110.
- \_\_\_\_\_. 2546ค. “การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แก้ปัญหาด้านความร้อนในงานวิศวกรรมเครื่องกล (14)”. **Mechanical Technology Magazine** 16: 115-118.
- \_\_\_\_\_. 2548ก. “การทดสอบคู่มือเครื่องท้าวเวอร์ในห้องปฏิบัติการและการคำนวณผลที่ได้จากการทดสอบตามมาตรฐาน CTI”. **Mechanical Technology Magazine** 25: 73-76.
- \_\_\_\_\_. 2548ข. “การคำนวณหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรของแผงขยายฟิล์มน้ำในคู่มือเครื่องท้าวเวอร์”. **Mechanical Technology Magazine** 26: 43-48.

มนตรี พิรุณเกษตร. 2548ค. “การทดสอบคู่มือทาวเวอร์หน้างานตามมาตรฐาน CTI”.

**Mechanical Technology Magazine** 27: 59-63.

\_\_\_\_\_. 2548ง. “การหาเส้นลักษณะเฉพาะสำหรับแผงขยายฟิล์มน้ำ”.

**Mechanical Technology Magazine** 28: 66-69.

\_\_\_\_\_. 2548จ. “การสร้างเส้นแอปโพรชและการหาจุดออกแบบของแผงขยายฟิล์มน้ำ”.

**Mechanical Technology Magazine** 29: 78-80.

\_\_\_\_\_. 2548ฉ. “ผลกระทบอัตราการไหลของอากาศที่เพิ่มขึ้นต่อความสูงของแผงขยายฟิล์มน้ำและความดันลดขณะอากาศไหลผ่านแผงขยายฟิล์มน้ำ”. **Mechanical Technology**

**Magazine** 30: 67-69.

\_\_\_\_\_. 2548ช. “การกำหนดขนาดและขีดความสามารถของพัดลมในคู่มือทาวเวอร์”.

**Mechanical Technology Magazine** 31: 65-70.

\_\_\_\_\_. 2548ซ. “การคำนวณหาขนาดแรงม้าเบรกตามมาตรฐานของ CTI (ตอนที่ 1)”.

**Mechanical Technology Magazine** 32: 67-70.

\_\_\_\_\_. 2549. “การคำนวณหาขนาดแรงม้าเบรกตามมาตรฐานของ CTI (ตอนจบ)”.

**Mechanical Technology Magazine** 33: 57-60.

วศิษฐ์ ชีระเจตกุล. 2536. การจำลองแบบทางคณิตศาสตร์และทดสอบแผงกระจายน้ำของ  
หอบายความร้อนชนิดลมอัดแบบไหลสวนทาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วิภาค อรรถนกุล. 2528. การศึกษาสมรรถนะของหอทำน้ำเย็นชนิดพัดลมดูด.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุระเดช นิ้วสุวรรณ. 2540. การศึกษาประสิทธิภาพของพลาสติกฟิล์มที่ใช้ในหอทำน้ำเย็น  
ชนิดลมดูด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรินทร์ ลิ้มตระกูล. 2531. การศึกษาวิจัยเสียงรบกวนและการสูญเสียน้ำจากหอทำน้ำเย็น  
ชนิดพัดลมดูด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Brentwood Industries., Inc. n.d. **Produce Brentwood Industries.** Brentwood Industries., Inc, USA

BSI 4485. 1996. **Code of practice for structural design and construction part 4.**

British standards Institution, London.

\_\_\_\_\_. 1997. **Code of practice for thermal and functional design part 3.**

British standards Institution, London.

Burger, R. 1990. **Cooling tower technology: Maintenance, Upgrading and Rebuilding.**

2nd ed., Fairmont Press, Inc., United State of America.

CTI Code ATC-105. 1982. **CTI Code Tower Standard Specifications.** CTI, United State of  
American.

CTI PFM-143. 1994. **Recommended Practice for Airflow Testing of Cooling towers.** CTI, Texas.

Hill, G.B. and E.J. Pring. 1990. **Cooling towers Principles and Practice.** 3rd ed.,

Butterworth Ltd., London.

Hundemann, A.S. 1978. "Cooling tower : Design and performance". **NTIS Search** 10: 1978.

Meytsar, J.M. 1978. "Estimate cooling tower requirements easily". **Hydrocarbon Process**

57: 238-239.

- Monroe, R.C. 1974. **Fans key to Optimum Cooling-Tower Design**. Hudson Products Corporation, Houston, Texas.
- \_\_\_\_\_. 1979. **Improving Cooling Tower Fan System Efficiencies**. Combustion magazine, Volume 50, Number 11: 14.
- \_\_\_\_\_. 1993. **Minimizing Fan Energy Costs**. Chemical Engineering Cost file.
- Mortensen, K.P. and S.N. Conley. 1994. "Film Fill Fouling in Counterflow Cooling Tower". **Mechanism and Design CTI Journal** 15(2): 10-12.
- Nicholas, P.C. 1983. **Cooling towers Selection Design and Practice**. 2d de., Ann Arbor Science Publishers Ltd., Michigan.
- Siemens Limited. n.d. **Low-Voltage Motors Catalogue M 11**. Siemens Limited, Germany.
- Soylemez, M.A. 1993. "Theoretical and experimental analyses of cooling towers". **ASHRAE Trans** 35: 330-337.
- Van der Spek, H.F. 2000. **Cooling Fan Manual Application. Howden Cooling Fans**. Netherlands.
- Whittemore, K.P. and T. Massay. 1992. **Current Fouling Problems or PVC Film Fill and Research into New Designs to Eliminate Fouling**. Proceeding of the American Power Conference, USA.