เทคนิคและขั้นตอนการทดสอบ ปรับแต่ง และปรับดุล งานระบบจ่ายลมคงที่

โดย นายสุพจน์ เตชะอำนวยวิทย์
ผู้จัดการฝ่ายการตลาด
บริษัท ไทยเอ็นจิเนียริง สเปเชียลลิซ จำกัด

เนื่องจากสิ่งแวดล้อมภายในอาคารปัจจุบันมีลักษณะซับซ้อนเพิ่มขึ้นทั้งระบบกลไกและระบบควบคุม ทำให้การทดสอบ ปรับแต่งและปรับดุลสิ่งแวดล้อมในอาคารจำเป็นต้องอาศัยผู้ชำนาญเฉพาะด้าน จึงได้เกิดหน่วยงานหนึ่ง คือ สำนักงานการปรับดุลสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (National Environmental Balancing Bureau-NEBB) ในสหรัฐเมริกา เพื่อสร้างมาตรฐานและขั้นตอนการปรับดุลสิ่งแวดล้อมโดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางวิศวกรรมศาสตร์และการวิจัย โดยอาศัยที่ปรึกษาและข้อมูลจาก ผู้ผลิต ผู้ใช้งาน และห้องทดลอง ตลอดจนถึงผู้มีประสบการณ์เฉพาะทาง มาตรฐานและขั้นตอนที่กำหนดขึ้นจะต้องมีการปรับปรุงตามวิวัฒนาการและเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไปอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นแนวทางต่อไปนี้เป็นเพียงสรุปแนวทางมาตรฐานและขั้นตอนบางส่วนของมาตรฐานของสำนักงานการปรับดุลสิ่งแวดล้อมแห่งชาติอเมริกา เพื่อการประยุกต์ใช้ให้เหมาะกับเมืองไทยและเป็นไปเพื่อการแก้ไขปัญหาข้อขัดแย้งระหว่างเจ้าของโครงการ ฝ่ายออกแบบ และผู้รับเหมาก่อสร้าง หรือเป็นจุดเริ่มเพื่อกำหนดแบบแผนที่เหมาะสมจากผู้รู้และผู้ชำนาญเฉพาะด้านในอนาคต

สำหรับเนื้อหาในมาตรฐานประกอบด้วยส่วนสำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนของมาตรฐาน (Standards) และส่วนของขั้นตอนการปฏิบัติ (Procedures)

ส่วนของมาตรฐานประกอบด้วย ข้อกำหนดเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ (Quality Control) ข้อกำหนดคุณสมบัติของเครื่องมือในการวัด และ แบบรายงานของการทดสอบ (Testing) การปรับแต่ง (Adjusting) และการปรับดุล (Balancing)

ส่วนขั้นตอนการปฏิบัติ ประกอบด้วย ขั้นตอนการวัด การทดสอบ การปรับแต่ง และ การปรับดุล ทั้งระบบกระจายลมและของเหลว

ตามมาตรฐานของสำนักงานปรับดุลสิ่งแวดล้อมในส่วนที่เกี่ยวกับมาตรฐานขั้นตอนการทดสอบ ปรับแต่งและปรับดุลสิ่งแวดล้อมนั้น จะมีขั้นตอนต่างๆ ในการทดสอบระบบปรับอากาศและการหมุนเวียนอากาศทั้งระบบลมและน้ำในลักษณะต่างๆ ทั้งแบบชนิดจ่ายลมคงที่และแบบปรับลมตามการใช้งาน ตลอดจนถึงขั้นตอนการปรับระบบน้ำ แต่ในที่นี้จะขอนำเสนอเพียงระบบการจ่ายลมแบบปริมาณลมคงที่ (Constant Volume Supply Systems)

ส่วนที่ I - มาตรฐาน (Standards)

ชุดที่1. คำจำกัดความที่สำคัญบางคำ

การปรับแต่ง (Adjusting) - เป็นการปรับการไหลของระบบ โดยใช้อุปกรณ์การปรับดุลแบบปิดบางส่วน เช่น ใบปรับลม (Dampers) และ วาล์ว และ การปรับความเร็วรอบพัดลม เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของสิ่งแวดล้อมที่ได้ออกแบบและติดตั้งไว้มากที่สุด

การปรับดุล (Balancing) - เป็นวิธีการที่จะปรับอัตราส่วนของปริมาณลมหรือของเหลวที่เข้าสู่ระบบในท่อหลัก สาขา และ อุปกรณ์ ปลายทาง โดยใช้ขั้นตอนปฏิบัติอันเป็นที่ยอมรับเพื่อให้ปริมาณลม น้ำหรือของเหลวเป็นไปตามข้อกำหนดในการออกแบบและการทดสอบ

ระบบของสิ่งแวดล้อม (Environmental System) - เป็นระบบองค์รวมขั้นต้นของอุปกรณ์กล กระแสลม กระแสน้ำ และ พลังงานไฟฟ้า เพื่อที่จะสร้าง ความร้อน การหมุนเวียนอากาศ การปรับอากาศ ความชื้น เพื่อความสบายของมนุษย์ หรือ กระบวนการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ความแม่นยำ (Accuracy) - เป็นความสามารถของเครื่องวัดที่จะทำการวัดตัวแปรได้ตรงตามจริง

ความเที่ยงตรง (Precision) - หมายถึง ความสามารถของอุปกรณ์ในการวัดที่จะให้ค่าที่อ่านได้ซ้ำๆกัน มีค่าเดียวกันเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมเดียวกัน คือ มีค่าเกาะกลุ่มอยู่ใกล้ค่าเฉลี่ยของการวัด

ขั้นตอนปฏิบัติ (Procedure) - หมายถึงวิธีการตามลำดับในการปฏิบัติงานเพื่อให้ได้ผลที่กำหนดไว้อย่างซ้ำๆ

ความละเอียด (Resolution) - หมายถึงค่าเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดที่เครื่องมือจะทำการวัดได้

อาจจะ (May) - เป็นแนวทางปฏิบัติที่ทาง NEBB อนุญาตให้หน่วยงานรับรองสามารถกำหนดขึ้น

ควรจะ (Should) - บ่งชี้ว่ามีแนวทางที่ดีกว่าในการกระทำแต่ไม่ถึงกับจำเป็นต้องทำ

ต้อง (Shall) - บ่งชี้ว่าเป็นขั้นตอนที่ต้องทำตามอย่างเคร่งครัดเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานและขั้นตอนปฏิบัติอย่างไม่ผิดเพี้ยน ในบางกรณีที่ไม่สามารถทำตามขั้นตอนและกระบวนการได้อย่างสมบูรณ์ ต้องมีการระบุเหตุผลที่ไม่สามารถทำตามได้ และไม่อนุญาตให้ใช้คำดังต่อไปนี้เป็นเหตุผล - ไม่สามารถใช้ได้ (Not Available) ไม่เหมาะสม (Not Applicable) หรือ ไม่สามารถเข้าถึง (Not Accessible) เป็นต้น การระบุเพียงคำ - ไม่สามารถใช้ได้ N/A - นั้น ไม่อนุญาตให้ใช้

การทดสอบ (Testing) - เป็นการใช้เครื่องมือเฉพาะทางที่ได้รับการสอบเทียบเพื่อทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้น ความดัน ความเร็วรอบ คุณสมบัติทางไฟฟ้า ความเร็ว ตลอดจนถึงปริมาณลมและน้ำเพื่อประเมินสภาพการไหล

NEBB - เป็นหน่วยงานที่ไม่หวังผลกำไรที่ตั้งขึ้นเพื่อพัฒนามาตรฐาน, ขั้นตอนการปฏิบัติและแบบแผนการดำเนินการทดสอบ ปรับดุลและการใช้งานของระบบในอาคาร ตลอดจนถึงการพัฒนาอุตสาหกรรมโดยการอบรมพัฒนาบุคลากร และ การหลักสูตรเพื่อรับรองหน่วยงานและบุคคลที่สามารถทำได้ตามมาตรฐานอย่างสมบูรณ์

ชุดที่ 2. มาตรฐานของเครื่องวัดและการสอบเทียบ

หน่วยงานที่จะทำการวัดและทดสอบควรมีเครื่องวัดที่มีคุณสมบัติตามตารางข้อกำหนดของเครื่องวัด และเครื่องวัดนั้นอาจสามารถวัดตัวแปรได้หนึ่งอย่างหรือหลายอย่างในเวลาเดียวกันก็ได้ แต่ต้องมีคุณสมบัติในการวัดแต่ละอย่างตามมาตรฐานในตารางโดยต้องมีรายงานการรับรองการทดสอบและการสอบเทียบจากผู้ผลิตหรือห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่มีอุปกรณ์การสอบเทียบที่สามารถสืบอ้างอิงได้ (Traceable) สำหรับความสามารถในการวัดแต่ละอย่าง

ตารางแสดงข้อกำหนดคุณสมบัติต่ำสุดของเครื่องวัดตามข้อกำหนดของ NEBB

	การใช้งาน (Function)	ช่วงการวัดต่ำสุด (Minimum Range)	ความแม่นยำ (Accuracy)	ความละเอียด (Resolution)	เวลาห่างการสอบเทียบ (Calibration Interval)
A, II	การวัดความเร็วรอบ (Rotation Measurement)	0 ถึง 5,000 rpm.	±2%ของค่าวัด	±5 rpm.	12 เดือน
	การวัดอุณหภูมิ (Temperature Measurement)				
A	อากาศ(Air)	-40 ถึง 240°F (-40ถึง 115°C)	±1%ของค่าวัด	0.2°F (0.1°C)	12 เดือน
H	การจุ่ม(Immersion)	-40 ถึง 240°F (-40ถึง 115°C)	±1%ของค่าวัด	0.2°F (0.1°C)	
H	การสัมผัส(Contact)	-40 ถึง 240°F (-40ถึง 115°C)	±1%ของค่าวัด	0.2°F (0.1°C)	
A, II	การวัดค่าทางไฟฟ้า (Electrical Measurement)				12 เดือน
	Volts AC	0 ถึง 600 VAC	±2%ของค่าวัด	1.0 Volt	
	Amperes	0 ถึง 100 Amps	±2%ของค่าวัด	0.1 Ampere	
A	การวัดความดัน (Air Pressure Measurement)	0 ถึง 10.0 นิ้วน้ำ	±2%ของค่าวัด	0.01 นิ้วน้ำ ≤1 นิ้วน้ำ 0.1 นิ้วน้ำ >1 นิ้วน้ำ	12 เดือน
A	การวัดความเร็วลม (Air Velocity Measurement)	50 ถึง 2,500 fpm.	±5%ของค่าวัด	20 fpm.	12 เดือน
	ชนิดไม่ใช้ท่อPitot	0.25 ถึง 12.5 m/s	±5%ของค่าวัด	0.1 m/s	
A	การวัดความชื้น (Humidity Measurement)	10 ถึง 90%RH	2%RH	1%	12 เดือน
A	ครอบวัดลมตรง (Direct Reading Hood)	100 ถึง 2,000 cfm.	±5%ของค่าวัด	แบบดิจิตัล – 1 cfm.	12 เดือน
			±5 cfm.	แบบอนาล็อก-ไม่เหมาะสม	
		50 ถึง 1,000 L/s	±5%ของค่าวัด	แบบดิจิตัล – 0.5 L/s	
			±2.5 L/s	แบบอนาล็อก-ไม่เหมาะสม	
A	ท่อPitot (อย่างน้อย 2 ท่อ)	ยาวไม่น้อยกว่า 18"(45 cm) ให้เพียงพอต่อการใช้งาน	ไม่ได้กำหนด	ไม่ได้กำหนด	ไม่จำเป็น
H	การวัดความดันน้ำ (Hydronic Pressure Measurement)	- 30"Hg. ถึง 60 PSI	2%ของค่าวัด	0.5 PSI	12 เดือน
		- 0 – 100 PSI	2%ของค่าวัด	1.0 PSI	
		- 0 – 200 PSI	2%ของค่าวัด	2.5 PSI	
II	การวัดความดันต่างของน้ำ Hydronic Differential Pressure Measurement	0 ถึง 100 นิ้วน้ำ	2%ของค่าวัด	1.0 นิ้วน้ำ	12 เดือน
		0 ถึง 100 ฟุตน้ำ	2%ของค่าวัด	1.0 ฟุตน้ำ	
A	การวัดความดันอากาศ (Air Pressure Measurement)	0 ถึง 2,500 KPa	2%ของค่าวัด	2.5 Pa≤250 Pa 25 Pa>250 Pa	12 เดือน

H	การวัดความดันน้ำ (Hydronic Pressure Measurement)	-760 mm.Hg ถึง400 kPa 0 ถึง 700 kPa 0 ถึง 1,400 kPa	2%ของค่าวัด 2%ของค่าวัด 2%ของค่าวัด	3.3 kPa 6.7 kPa 16.7 kPa	12 เดือน
H	การวัดความดันต่างของน้ำ (Hydronic Differential Pressure Measurement)	0 ถึง 25 kPa 0 ถึง 300 kPa	2%ของค่าวัด 2%ของค่าวัด	250 Pa 3.0 kPa	12 เดือน

ที่มา : National Environmental Balancing Bureau, Procedural Standards for Testing, Adjusting and Balancing of Environmental Systems, Pages 12-13 2005-Seventh Edition

หมายเหตุ : 1. เครื่องวัดที่ต้องสอบเทียบจะต้องอ้างอิงได้กับมาตรฐาน NIST หรือ มาตรฐานองค์กรอื่นที่เทียบเท่า

2. เครื่องวัดที่สามารถวัดหรือทำงานได้หลายอย่าง จะต้องมีใบรับรองการสอบเทียบสำหรับการทำงานแต่ละประเภท

"A" - เครื่องวัดที่ต้องการการสอบเทียบด้านอากาศ

"H" - เครื่องวัดที่ต้องการการสอบเทียบด้านน้ำ

ชุดที่ 3. มาตรฐานของรายงานและรูปแบบของรายงาน

ทาง NEBB ไม่ได้กำหนดว่าจะต้องใช้แบบฟอร์มเฉพาะ แต่กำหนดหัวข้อและรายละเอียดที่เป็นข้อมูลที่จะต้องมีการนำเสนอ หรือ ควรจะระบุในรายงาน หรืออาจจะระบุในรายงาน ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลที่จะต้องมีอยู่ในรายงาน คือ

ก. หัวเรื่องของรายงาน
ข. ใบรับรองของรายงาน
ค. สารบัญ
ง. สรุปผลรายงาน/หมายเหตุ
จ. แบบของรายงานที่เหมาะสม
ฉ. ใบรับรองการสอบเทียบของเครื่องวัด
ช. คำอธิบายอักษรย่อ หรือ สัญลักษณ์

ส่วนที่ II ขั้นตอนการปฏิบัติ (Procedure)

ชุดที่ 4. - หลักการวัดเบื้องต้น

ในส่วนนี้จะเกี่ยวกับขั้นตอนในการวัดเพื่อให้การวัดเที่ยงตรงแม้จะทำซ้ำหลายครั้งการวัดที่จะให้ข้อมูลที่เที่ยงตรงต้องอาศัยความชำนาญของผู้วัด ทั้งเรื่องการกำหนดตำแหน่งในการวัดที่จะวัดที่จุดปลายทาง อุปกรณ์ ท่อลม หรือ ท่อน้ำ

สำหรับการวัดลม ผู้ทำการวัดอาจต้องเจาะรูที่ท่อเพื่อทำการวัดแล้วอุดด้วยวัสดุที่ยอมรับตามมาตรฐานหลังการวัดเสร็จสมบูรณ์ ส่วนท่อน้ำ ควรจะมีการต่อช่อง/ท่อทดสอบ ตามตำแหน่งที่เหมาะสมซึ่งผู้ทาการวัดอาจนำเสนอแก่ผู้ออกแบบหรือผู้รับเหมาก่อสร้างเพราะในส่วนนี้มักจะเป็นความรับผิดชอบของผู้รับเหมา

1. การวัดความดันของอากาศ

เครื่องมือในการวัดสามารถใช้ทั้งเครื่องวัดแบบดิจิตอล, แบบ Inclined Manometer, Magnehelic, U-tube, หรือ Pitot/Static sensing tip ซึ่งมีทั้งการวัด Static-Velocity-Total Pressure

มีสิ่งที่ต้องคำนึงเกี่ยวกับการวัดความดันของพัดลมนั้นทำได้ยาก และมีปัจจัยหลายหลายที่เกี่ยวข้องทั้งรอบพัดลม ปริมาณลม การใช้พลังงานของพัดลม และการประเมินผลกระทบของระบบ

การวัดความดันสถิต สามารถใช้ Manometer และ Pitot tube ที่ผ่านการสอบเทียบ โดยการสอดปลายท่อเข้าในกระแสลมโดยไม่ต้องมี static tip

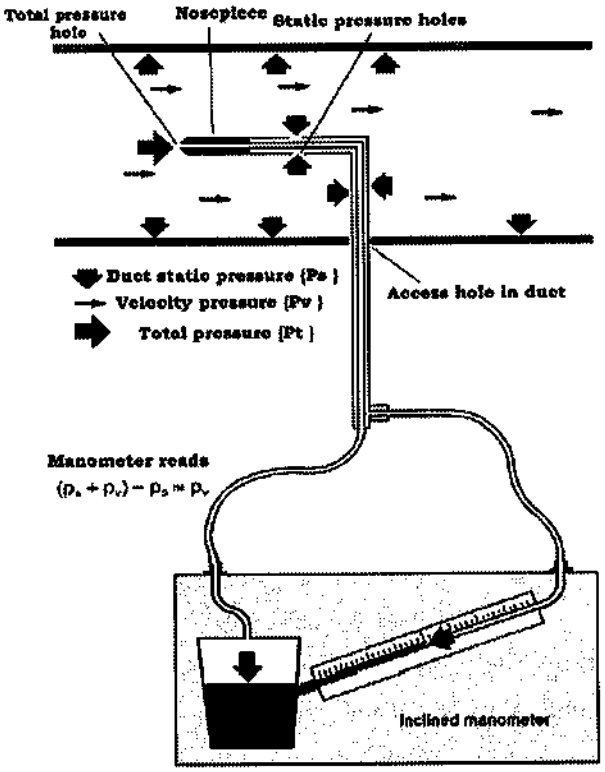
การวัด Velocity Pressure จะต้องใช้ Pitot tube หรือ manometer ที่ผ่านการสอบเทียบ

2. การวัดความเร็วลม

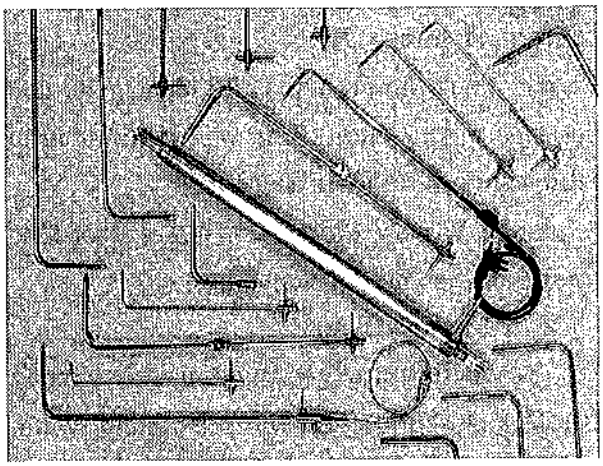
เครื่องมือในการวัดความเร็วลม มีทั้งเครื่องวัดแบบ Velocity grid, hot wire, Rotating vane, Swinging vane, หรือ เครื่องวัดอื่นที่มีการสอบเทียบ

การวัดความเร็วลมนั้นมักจะทำการวัดที่ท่อลมที่ด้านหน้าหน้ากากลม (Grille) ทางลมเข้า (Register) หรือแผงกระจายลม (Diffuser) (GRD) ที่ด้านลมดูดของปล่องควัน หรือ ตู้ปลอดเชื้อ ที่คอยล์ ที่แผงกรองอากาศ

หรือจุดกำหนดอื่น การวัดความเร็วลมมักจะทำเพื่อหาปริมาณลม ของอุปกรณ์หรือท่อลม การใช้เครื่องวัดความเร็วลมมักจะใช้ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ Flow Hood หรือในกรณีที่ความเร็วลมต่ำมาก จนไม่สามารถวัดด้วย Pitot tube ได้อย่างเที่ยงตรง



รูปแสดงการวัดความเร็วลมด้วยท่อ Pitot



ตัวอย่างของท่อ Pitot แบบต่างๆ

เทคนิคการวัดด้วย Pitot tube

ก) วัดขนาดภายนอกของท่อลมที่จะวัด

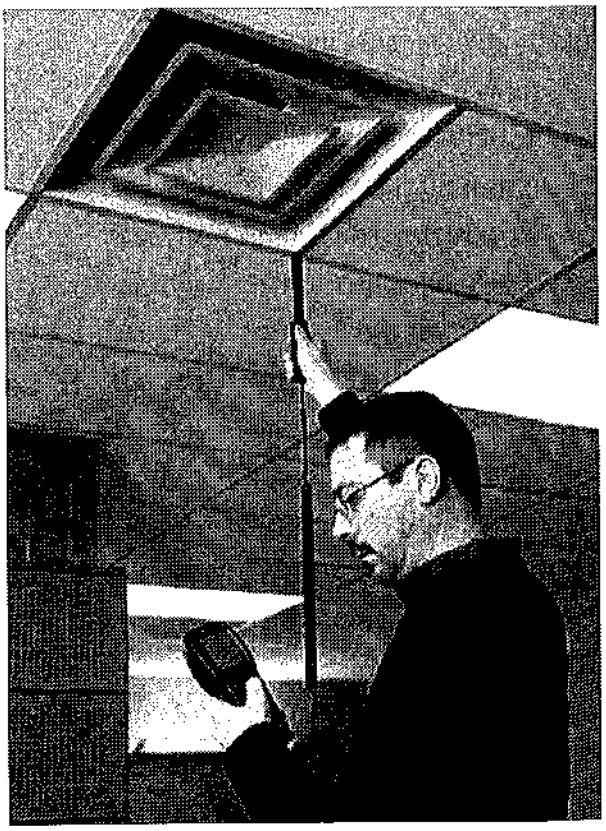
ข) อาจต้องเจาะช่องเพื่อสอดท่อ Pitot

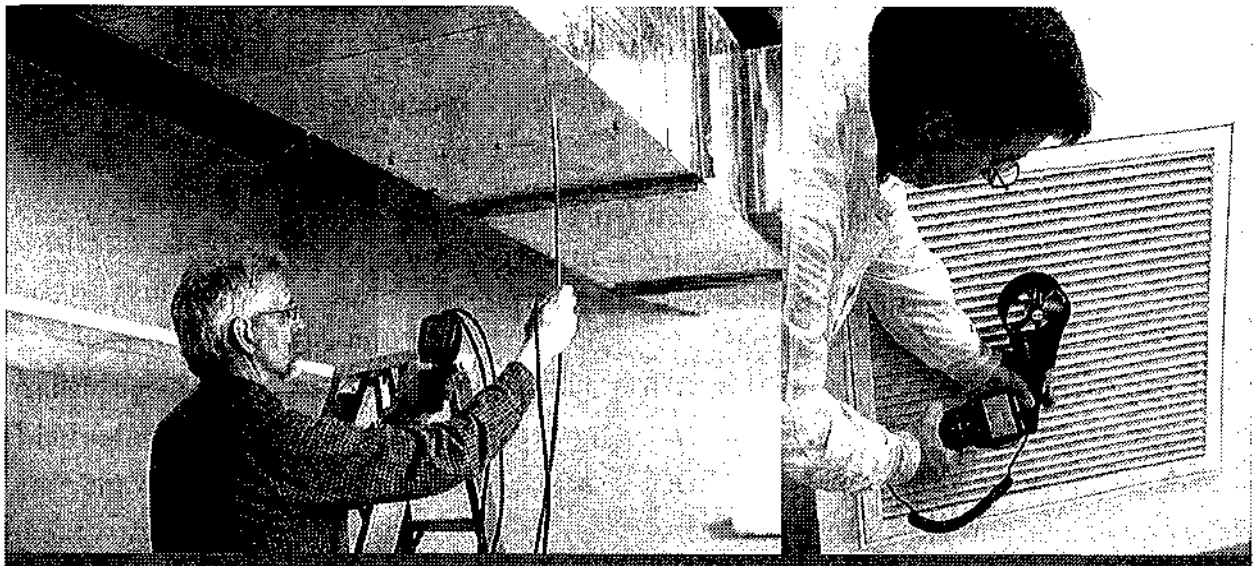
ค) วางตำแหน่งของท่อ Pitot ให้ถูกต้อง และต่อท่อเข้ากับ Pitot และ Manometer และต้องปรับเครื่องวัดให้อยู่ ณ ตำแหน่ง "0" ก่อนจะสอด Pitot Tube เข้าท่อลม

ง) สอดท่อ Pitot เข้าในท่อลม โดยให้ปลายท่อหันไปทางกระแสลม และขนานกับทิศทางลม

จ) ทำการวัดและบันทึกความเร็วตามจุดที่กำหนด กรณีที่อุปกรณ์ที่ทำการวัดไม่แสดงผลเป็นความเร็วลม อาจใช้ค่าของความดันที่วัดได้แปลงค่าเป็นความเร็วลม สำหรับแต่ละค่าก่อนคำนวณความเร็วลมเฉลี่ย หลังจากนั้นให้คูณค่าความเร็วลมเฉลี่ยกับพื้นที่หน้าตัดภายในของท่อลมโดยหักความหนาของฉนวน ก็จะได้ปริมาณลมเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อนาที หรือ ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือ ลิตรต่อวินาที

ฉ) ความแม่นยำของการใช้ Pitot tube มาจากตำแหน่งการวัดที่เหมาะสม จะยอมรับว่าค่าที่ได้แม่นยำเมื่อประมาณ 75% ของค่าที่วัดได้ มีค่าสูงกว่า 10% ของค่าสูงสุดที่วัดได้ระหว่างการทดสอบ ค่าการยอมรับนี้จะพิจารณาจากคุณภาพของข้อมูลเท่านั้น โดยอาจไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงตำแหน่งในการวัด





รูปแสดงการวัดความเร็วลมด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ด้วยเครื่องวัดลมแบบต่าง ๆ

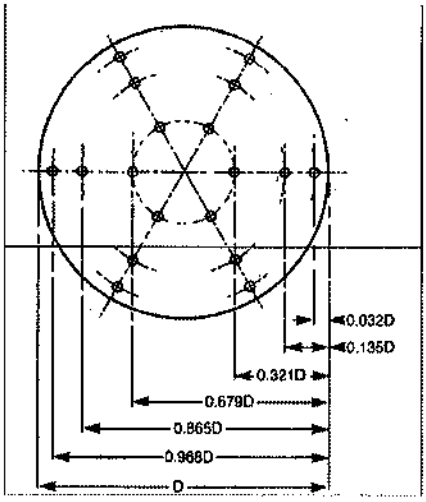


Fig 13. Measuring points for circular ducts. Log linear rule for traverse points on 3 diameters. Readings on two diameters may be used where access is limited.

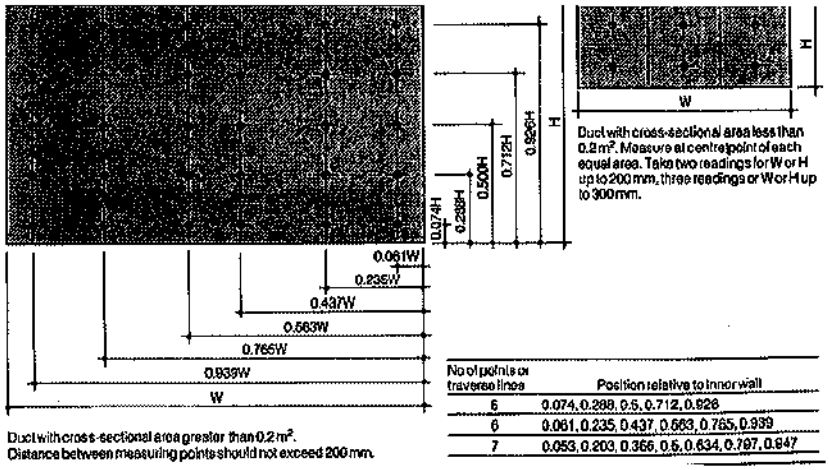


Fig 14. Measuring points in rectangular ducts. Log Tchebycheff rule.

รูปแสดงจุดในการวัดความเร็วลมที่หน้าตัดของท่อลมตามจุดต่าง ๆ ทั้งแบบท่อกลมและท่อเหลี่ยม

3. การวัดความเร็วลมที่ผิวหน้าตัด (Face velocity measurement)

การใช้เครื่องวัดความเร็วลม Anemometer หรือตาข่ายวัดความเร็วลม velocity grid สำหรับวัดความเร็วลมที่ GRD เป็นเรื่องปกติ แต่ก็ยังไม่แม่นยำสำหรับการหาค่าปริมาณลมโดยไม่นำค่าปรับแก้ (Correction Factor) มาคำนวณ เนื่องจากมีปัจจัยหลากอย่างที่มีผลต่อกระแสลม ดังนั้นจึงอาจต้องสร้างค่าปรับแก้ขึ้นที่หน้างานหากทางผู้ผลิตเครื่องวัดไม่ได้กำหนด อย่างไรก็ตามในกรณีของความหนาแน่นของอากาศต่ำกว่าระดับสูง 2,000 ฟุต อาจไม่ต้องปรับแก้ หากจะคำนวณค่าปรับแก้อาจใช้สูตรดังนี้

สมการ 3.1

ENGLISH (IP) UNITS

$$V = 1096.2\sqrt{\frac{V_p}{D}}$$

SI (METRIC) UNITS

$$V = 1.414\sqrt{\frac{V_p}{D}}$$

เมื่อ

: V = Air velocity – fpm (m/s)
V_P = Velocity pressure – in.w.g. (pascals)
D = Air density – lb/ft^3 (kg/m^3)

จากสมการข้างต้นต้องคำนวณจำเป็นต้องคำนวณหาความหนาแน่นของอากาศโดยคำนวณได้จากสูตรดังนี้

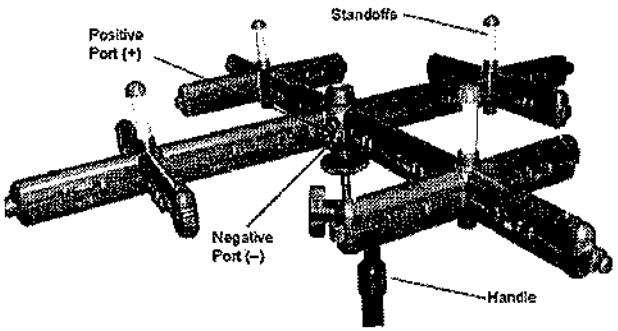
$$D = \frac{1.325P_B}{(460+T)}$$

$$D = \frac{3.48P_B}{(273+T)}$$

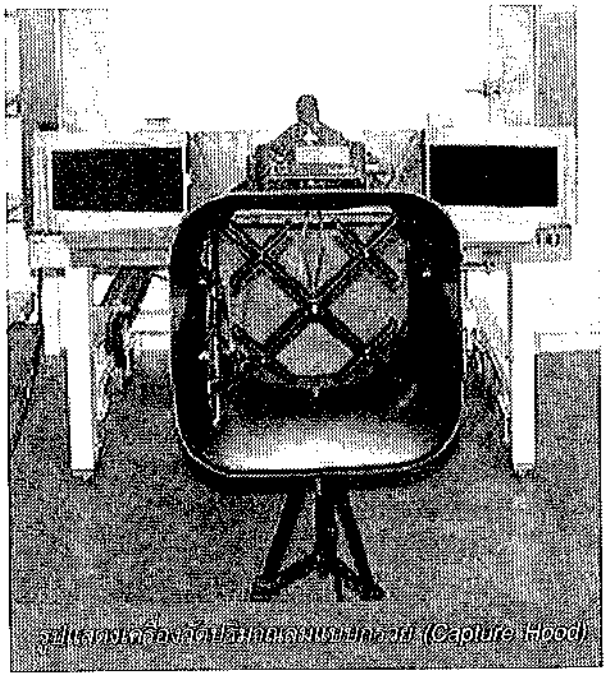
เมื่อ

:

P_B = Absolute static pressure - in. Hg (kPa)
(Barometric pressure + Static pressure)
T = Air temperature -°F (°C)



รูปแสดงเครื่องวัดแบบตาข่าย (Grid)



รูปแสดงเครื่องวัดประสิทธิภาพแบบ Hood (Capture Hood)

4. ขั้นตอนการวัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิต้องใช้เครื่องมือที่ผ่านการสอบเทียบ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการทดสอบ ปรับแต่ง และ ปรับดุลนั้น เพื่อกำหนด กระแสการถ่ายเทความร้อน และนำไปสู่การปรับดุลของอุณหภูมิ ซึ่งการปรับดุลของความร้อนอาจไม่สมบูรณ์จากหลายสาเหตุ เช่น อุณหภูมิและความเร็วลมไม่สม่ำเสมอ ความเที่ยงตรง ความละเอียด และความไวของเครื่องมือ

ในการหากระแสความร้อนหรือดุลความร้อนจำเป็นต้องคำนึงถึงความต่างของอุณหภูมิ ซึ่งมีสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึง คือ

1. การผสมผสานของของเหลวอย่างทั่วถึงขณะที่ผ่านเข้าและออกจากเครื่องถ่ายเทความร้อน ซึ่งมักจะเป็นได้สำหรับน้ำ แต่อาจยากสำหรับระบบลม

2. สภาวะคงที่ของการถ่ายเทความร้อน ซึ่งเป็นสภาวะที่เกิดขึ้นได้ยาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการวัดอุณหภูมิหลายครั้ง

3. ใช้เครื่องมือวัดชุดเดียว ในการวัดเพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อน

เทคนิคการวัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิ-กะเปาะแห้ง

ในกรณีที่อุณหภูมิสม่ำเสมอ อาจสามารถวัดเพียงค่าเดียวที่ส่วนกลางของท่อลมแต่ในกรณีที่สภาพอุณหภูมิไม่สม่ำเสมออาจต้องทำข่ายในการวัด เพื่อวัดอุณหภูมิและความเร็วลมหรือปริมาณ จากนั้นจึงคำนวณหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักดังตัวอย่าง

อุณหภูมิ-กะเปาะเปียก

ในกรณีของอุณหภูมิกะเปาะเปียกก็คล้ายกับกะเปาะแห้ง หากภาวะสม่ำเสมอ ก็สามารถวัด ณ จุดเดียวได้ แต่ในกรณีที่สภาวะไม่สม่ำเสมออาจต้องวัดหลายครั้งทั้งอุณหภูมิและความเร็วลม จากนั้นจึงหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก

อุณหภูมิน้ำ

การวัดอุณหภูมิน้ำสามารถทำได้หลายอย่าง เช่น การสอด Probe เข้าวัดที่ Port สำหรับวัดอุณหภูมิและความดัน หรือ วัดที่อุณหภูมิที่ผิวสัมผัส เป็นต้น ในกรณีวัดที่ผิวสัมผัสจะต้องใช้กับท่อเหล็กหรือท่อทองแดงเท่านั้นและที่ผิวสัมผัสจะต้องสะอาดไม่มีสนิมหรือตะกรัน

POSITION		A	B	C	D
1	Temp	100°/38°	90°/32°	90°/32°	90°/32°
	Velocity	1000/5.0	900/4.5	900/4.5	850/4.3
2	Temp	105°/41°	100°/38°	90°/32°	90°/32°
	Velocity	1100/5.5	100/0.5	850/4.3	850/4.3
3	Temp	110°/43°	100°/38°	95°/35°	95°/35°
	Velocity	1200/6.0	1100/5.5	900/4.5	900/4.5
4	Temp	110°/43°	100°/38°	90°/32°	90°/32°
	Velocity	1300/6.5	1200/6.0	100/0.5	900/4.5

Weighted Average Temperature - 97.74°F / 36.52°C

ตารางที่ 4.1 กรณีที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่างกัน

POSITION		A	B	C	D
1	Temp	100°/38°	90°/32°	90°/32°	90°/32°
	Velocity	1000/5.0	1000/5.0	1000/5.0	1000/5.0
2	Temp	105°/41°	100°/38°	90°/32°	90°/32°
	Velocity	1000/5.0	1000/5.0	1000/5.0	1000/5.0
3	Temp	110°/43°	100°/38°	95°/35°	95°/35°
	Velocity	1000/5.0	1000/5.0	1000/5.0	1000/5.0
4	Temp	110°/43°	100°/38°	90°/32°	90°/32°
	Velocity	1000/5.0	1000/5.0	1000/5.0	1000/5.0

Weighted Average Temperature – 96.56°F / 35.87°C

ตารางที่ 4.2 กรณีที่อุณหภูมิต่างกันแต่ความเร็วลมเท่ากัน

5. การวัดโดยการใช้กรวยวัดปริมาณลม

กรวยวัดปริมาณลมสามารถวัดปริมาณลมได้โดยตรง โดยอาศัยกรวยผ้าใบสามารถหดเข้าออกตามขนาดที่ผู้ผลิตสร้างขึ้น ซึ่งส่วนของปลายกรวยด้านลมออกจะมีระบบวัดความเร็วลมแบบตาข่ายเพื่อเฉลี่ยความเร็วลม และมีระบบคำนวณปริมาณโดยการป้อนข้อมูลขนาดพื้นที่หน้าตัดของปลายท่อลมหรือหัวจ่ายลมเข้าเครื่องมือวัด เครื่องจะทำการวัดและหาค่าปริมาณลมที่วัดได้ ที่สำคัญคือ จะต้องลดการรั่วของลมหน้าหัวลมจ่ายก่อนที่จะเข้าสู่กรวยวัดลม โดยใช้วัสดุกันรั่วรอบกรวย และการใช้ขนาดของกรวยให้เท่ากับขนาดของหัวจ่ายลมที่จะวัด ซึ่งผู้ผลิตบางรายจะมีตารางหรือกราฟชดเชยค่าซึ่งเกิดจากแรงเสียดทานของกรวย

6. การวัดความเร็วรอบ

การวัดความเร็วรอบมักจะเป็นไปตามวิธีการที่แนะนำของผู้ผลิตของเครื่องมือวัด ซึ่งอาจใช้ Chronometric Tachometers, Digital Contact Tachometer, Photo Tachometer หรือ Stroboscopes ซึ่งต้องเป็นไปตามมาตรฐานในตารางที่แสดงตอนต้น

7. การวัดแรงดันน้ำ

การวัดแรงดันน้ำสามารถใช้เครื่องวัดทั้งManometer หรือ Pressure Gage แบบดิจิตอล เป็นต้น ซึ่งมีค่าในการวัดถึง 4 ชนิด คือ Static Pressure, Velocity Pressure, Total Pressure และ Differential Pressure โดยมีเทคนิคในการวัดดังนี้

ก. ระบบภายในจะต้องไม่มีอากาศ และ เครื่องมือจะต้อง purge อากาศออกให้หมดก่อนทำการวัด

ข. จะต้องใช้เครื่องวัดที่สามารถวัดช่วงแรงดันอากาศที่ทำการวัด หรือ ตั้งช่วงการวัดให้ครอบคลุมแรงดันน้ำที่จะวัด

ค. อุณหภูมิของน้ำที่จะวัดจะต้องไม่เกินหรือต่ำกว่าความสามารถของเครื่องวัดที่จะทำได้

ง. เครื่องวัดจะต้องเหมาะสมกับสภาพของน้ำที่จะทำการวัด เช่น กรณีน้ำดื่ม เครื่องมือวัดจะต้องผ่านการรับรองจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องว่าจะไม่ก่อให้เกิดสารปนเปื้อนในน้ำขณะทำการวัด

จ. จะต้องปรับแก้ค่าในการวัดหากจุดที่ทำการวัดอยู่ในระดับความสูงที่แตกต่างกัน

ฉ. การวัดจะต้องมีอุปกรณ์เสริมที่เหมาะสมกันเช่น Probe วัดอุณหภูมิและความดัน จะต้องมีความยาวและขนาดที่เหมาะสม วาล์วแบ่งแยก snubber เป็นต้น

8. การวัดค่าทางไฟฟ้า

ขั้นตอนการวัดเป็นไปเพื่อความปลอดภัยขณะทำการวัด และค่าทางไฟฟ้าที่สนใจในการวัดคือ ค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า (Voltage & Amperage) ซึ่งมักจะใช้ Volt-ammeters เพื่อทำการวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า เพื่อความปลอดภัย จึงมีข้อปฏิบัติที่ช่างไฟฟ้าทุกคนมักจะรู้แล้วดังนี้

ก. ตรวจสอบเครื่องวัดก่อน

ข. ไม่ควรสุ่มเดาว่าอุปกรณ์มีการตัดกระแสทันที ควรตรวจสอบให้มั่นใจก่อน และควรใช้เครื่องวัดให้เหมาะกับแรงดันไฟฟ้า

ค. ก่อนที่จะทำงานกับอุปกรณ์ จะต้องมีการป้องกันผู้ไม่รู้หรือไม่เกี่ยวกับเปิดสวิชอุปกรณ์ขณะเข้าใกล้อุปกรณ์

ง. จะต้องมั่นจะว่ามีการต่อสายไฟฟ้าไว้ที่อุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว

จ. ทำการวัดครั้งแรกโดยตั้งค่าเครื่องวัดให้มีช่วงการวัดสูงสุดก่อน แล้วจึงค่อยปรับค่าช่วงการวัดให้ต่ำลงจนค่าที่วัดได้อยู่ในระดับกึ่งกลาง

ฉ. จะต้องไม่ดึงสายไฟฟ้าออกมาวัดกระแสไฟฟ้าก่อนที่จะตัดไฟฟ้าออกก่อน

ช. จะต้องไม่ดึงสายไฟฟ้าออกด้วยเครื่องมือในลักษณะที่จะทำให้ฉนวนหุ้มสายไฟเสียหาย

การวัดค่าไฟฟ้านั้นเพื่อความปลอดภัย และวัดประสิทธิภาพมอเตอร์ของพัดลมและปั๊มน้ำ ว่าอยู่ในค่าเบี่ยงเบนที่กำหนดไว้และทำงานอยู่ในเกณฑ์รับภาระเต็มที่หรือต่ำกว่า

กรณีวัดค่าไฟสำหรับ 3 เฟส ควรจับคู่สายในการวัดดังนี้

ก. T1 & T2

ข. T1 & T3

ค. T2 & T3

ซึ่งค่าที่วัดได้อาจต่างกันถึง 3 ค่า แต่ควรต้องอยู่ในระดับค่าความเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เบี่ยงเบนไปทำให้เกิดความไม่สมดุลในกระแสไฟเครื่องมือควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์มักจะไวต่อความไม่สมดุลของกระแสไฟฟ้า หากเกิดความไม่สมดุลเกินกว่า 2% ของค่าที่วัดได้

กรณีที่เกิดความไม่สมดุลของกระแสไฟฟ้า สามารถคำนวณโดยใช้สมการดังนี้

สมการ 8.1

$$\%V_i = 100 \times V_d / V_a$$

เมื่อ V_i = ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ไม่ได้ดุล

V_d = ค่าแรงดันเบี่ยงเบนสูงสุดที่ต่างจากค่าเฉลี่ย

V_a = ค่าแรงดันเฉลี่ยของ 3 คู่สาย

การหาค่าแรงม้าของมอเตอร์ที่แท้จริงอาจคำนวณจากสมการนี้

สมการ 8.2 กรณีแบบไฟฟ้าเฟสเดียว

$$\text{bhp} = \frac{I \times E \times pf \times eff}{746} \qquad \text{kW} = \frac{I \times E \times pf \times eff}{1000}$$

สมการ 8.3 กรณีไฟ 3 เฟส

$$\text{bhp} = \frac{I \times E \times pf \times eff \times 1.73}{746} \qquad \text{kW} = \frac{I \times E \times pf \times eff \times 1.73}{1000}$$

เมื่อ

bhp = Brake horsepower
kW = Power (kilowatts)
I = Amps
E = Volts
pf = Power factor
eff = Efficiency
1.73 = Constant (3 phase motors)

สมการ 8.4 สำหรับคำนวณหาค่าแรงม้ามอเตอร์โดยประมาณ

$$\text{Actual FL Amps} = \frac{\text{FL amps*} \times \text{voltage*}}{\text{Actual voltage}}$$

***Nameplate ratings**

สมการ 8.5

$$\text{bhp} = \text{HP (kW)*} \times \frac{(\text{MO amps}) - (\text{NL amps} \times 0.5)}{(\text{Actual FL amps}) - (\text{NL amps} \times 0.5)}$$

(* 1 HP = 0.746 kW)

เมื่อ

Bhp = Brake horsepower
MO amps = Motor operating amps
NL amps = No load amps
FL amps = Full load amps
HP (kW) = Motor nameplate horsepower (kW)

ในกรณีที่มีระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์โดยใช้ระบบปรับความถี่ (Variable Frequency Drive) อาจมีค่าของการใช้พลังงานของมอเตอร์ที่หน้าจอแสดงผล ซึ่งเป็นวิธีการวัดที่เที่ยงตรงที่สุด กรณีที่ไม่มีการแสดงผลที่หน้าจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดเพิ่มเติม

ชุดที่ 5 ขั้นตอนการทดสอบ ปรับแต่งและปรับดุลระบบลม

ขั้นตอนต่อไปนี้เป็นแบบพื้นฐานสำหรับใช้กับทุกประเภทของระบบลม

ก. จะต้องมีการกำหนดทีมก่อสร้างและระบุหน้าที่ความรับผิดชอบให้เรียบร้อย

ข. จะต้องมีการบันทึกข้อมูลของแผ่นป้ายพิกัด (Nameplate) ของอุปกรณ์

ค. จะต้องมั่นใจว่าส่วนต่างๆที่มีผลกระทบต่อระบบลมภายในระบบท่อลม เช่น ประตูหน้าต่างต้องปิด หรือฝ้าเพดานก็ต้องติดตั้งให้อยู่ในที่ เพื่อให้พร้อมในการวัด

ง. สร้างสภาวะที่ทำให้เปิดการใช้งานระบบที่ได้ออกแบบไว้สูงสุด

จ. ต้องตรวจว่า ใบปรับลม (Damper) เปิดอยู่ระบบที่เกี่ยวข้องเช่น การจ่ายลม ลมกลับ หรือลมออก เป็นต้น เปิดการใช้งาน มอเตอร์ทำงานที่ต่ำกว่าหรือเต็มกระแส และรอบพัดลมถูกต้อง

ฉ. จะต้องมีการระบุเขตที่มีสภาพแรงดันอากาศเป็นบวกหรือลบ

1. การหาค่ากระแสลมรวม (Total Airflow)

อุปกรณ์ที่จะหาค่ากระแสลมในท่อลมที่แม่นยำที่สุด คือ การใช้ Pitot Tube แบบขวาง ในท่อลม ซึ่งในกรณีที่ใช้ท่อพิโทตไม่ได้ อาจใช้วิธีการอื่น เช่น เครื่องวัดความเร็วลม กรวยวัดปริมาณลม ตาข่ายวัดปริมาณลม เป็นต้น ซึ่งอาจวัดที่หน้าดอยล์ แผงแผ่นกรองอากาศ หรือ หัวลมจ่าย แต่อาจมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าท่อพิโทตขวาง และต้องระวังในการใช้ และ ผลต่างของอุปกรณ์ทั้งสองวิธีอาจช่วยในการหาค่าของปริมาณลมที่เกิดการรั่วในท่อลม หรือ อาจเกิดจากการคำนวณพื้นที่หน้าตัดที่ผิดพลาด หรือใช้ตัวคูณค่าชดเชยที่ไม่ถูกต้อง การประเมินท่อลมว่ารั่วเพียงใดจำเป็นต้องใช้เครื่องมือเฉพาะซึ่งอยู่นอกเหนืองานนี้

ในกรณีที่ปริมาณลมที่วัดได้ ไม่อยู่ในช่วง ±10% ของการออกแบบ จะต้องทำการปรับรอบพัดลม ซึ่งต้องระวังในเรื่องของการปรับค่าไม่ให้เกินกว่าภาระพลังงานมอเตอร์ที่จะรับได้ โดยต้องอาศัยเส้นกราฟแสดงการปริมาณลม แรงดัน ความเร็วรอบพัดลม ประสิทธิภาพ และ พลังงานของพัดลม เข้าเทียบและการวัดปริมาณลมที่หน้างานจริง

ในกรณีที่ระบบมีทั้งลมจ่ายและลมกลับให้วัดทั้งคู่ หากมีระบบดูดอากาศทิ้ง (Exhaust); กรณีที่เป็นท่ออากาศทิ้งรวม ให้กำหนดจากปริมาณลมที่พัดลมดูดลมทิ้ง หากมีการดูดอากาศออกโดยใช้พัดลมดูดหลายประเภททั้งแบบติดที่หลังคา ที่มีผลต่อระบบการจ่ายลม ก็ไม่จำเป็นต้องวัดปริมาณลมออกของพัดลมดูดออกแต่ละตัว จนกว่าระบบการจ่ายลมจะเข้าสู่สภาวะสมดุล

ต้องตรวจสอบว่าขณะทำการวัดระบบลมจ่ายและลมกลับ จะต้องเปิดพัดลมที่เติมอากาศจากภายนอก (Outside Air) และลมดูดทิ้ง (Exhaust) ให้ทำงานสูงสุด 100% และต้องระวังเรื่องอุณหภูมิภายนอกอาคารมีผลกระทบต่อระบบในทางลบ

2 ขั้นตอนการปรับดุลระบบลมขั้นต้น

การปรับดุลของลมอาจมีหลายวิธี แต่มีสองวิธีที่เป็นที่ยอมรับ โดยมีข้อกำหนดเบื้องต้นดังนี้

1. ปริมาณลมที่วัดได้จะต้องอยู่ในเกณฑ์ ±10% ของการออกแบบ นอกจากมีเหตุผลอื่นนอกเหนืออำนาจหน้าที่ของผู้ทำการวัด และจะต้องบันทึกเป็นหลักฐาน หากปริมาณลม ณ ตำแหน่งใดต่ำกว่าเกณฑ์

2. จะต้องให้บานปรับลม (Damper) บานใดบานหนึ่งที่เปิดกว้างสุดทั้งด้านลมดูดและลมเป่าของพัดลม ยิ่งกว่านั้น ในกรณีที่มีใบปรับลมแยกย่อย จะต้องมีอย่างน้อยหนึ่งบานที่เปิดกว้างสุด ทางด้านปลายลม สำหรับทุกบานปรับลมแยกย่อย

I. วิธีการแบบอัตราส่วน (Proportional Method) เทคนิคนี้เหมาะกับระบบการจ่ายลมแบบปริมาณลมคงที่ (Constant Volume Supply System) โดยไม่มีท่อลมย่อย และยังเหมาะกับ ระบบดูดอากาศทิ้งหรือลมกลับ

1. ต้องปรับ หน้ากากลม (Grille) ทางลมเข้า (Register) แผงกระจายลม (Diffuser) [GRD] และบานปรับลม ทุกตัวให้กว้างสุด

2. ปรับทิศทางลมที่หน้ากากลมจ่ายตามที่ต้องการ

3. วัดปริมาณลมรวมของระบบด้วยวิธีการที่เหมาะสม

4. คำนวณอัตราส่วนของปริมาณลมที่วัดได้เทียบกับที่ออกแบบไว้

5. ปรับปริมาณการจ่ายลมของพัดลมที่ 110% ของที่ออกแบบไว้ หากทำได้

6. วัดปริมาณลมที่หน้ากากจ่ายลม, ทางลมเข้าและแผงกระจายลม

7. คำนวณอัตราส่วนปริมาณลมแต่ละจุดที่วัดได้จริงกับที่ออกแบบไว้

8. ยังไม่ต้องปรับใบปรับลม ณ จุด GRD ที่มีอัตราส่วนต่ำสุดในการออกแบบ

9. ปรับ GRD ที่มีอัตราส่วนปริมาณสูงต่อจากอัตราส่วนต่ำสุด (ต่ำอันดับสอง) จนกระทั่งอัตราส่วนของทั้งสองอันเท่ากันกับที่ได้ออกแบบ ดังนั้น GRD นี้เข้าสู่ภาวะสมดุล

10. ปรับใบปรับลมของ GRD ที่มีอัตราส่วนปริมาณลมต่ำอันดับสามจากที่ออกแบบไว้ จนกระทั่ง GRD ทั้งสามมีอัตราส่วนเท่ากันกับที่ออกแบบ และเข้าสู่ภาวะสมดุล

11. ดำเนินการเช่นนี้ต่อเนื่องจนกระทั่ง GRD ทุกอันอยู่ในสมดุลตามอัตราส่วนปริมาณลมที่ได้ออกแบบไว้

12. หากเป็นไปได้ ให้ปรับความเร็วรอบพัดลมเพื่อให้ GRD มีปริมาณลมที่ ±10% ของที่ออกแบบ

13. ทำการวัด GRD ทั้งหมดอีกครั้งและบันทึกค่าไว้

14. ทำเครื่องหมายถาวรที่ GRD ทุกอันในตำแหน่งที่ได้ปรับไว้เพื่อให้ง่ายต่อการปรับในภายหลัง ในกรณีที่เป็นระบบจ่ายปริมาณลมคงที่ที่มีท่อลมย่อย จะมีขั้นตอนดังนี้

15. ให้ทำตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 6

16. คำนวณอัตราส่วนปริมาณลมท่อย่อยที่วัดได้จริงกับที่ออกแบบไว้

17. ยังไม่ต้องปรับใบปรับลมที่จ่ายลมให้กับท่อย่อยที่มีอัตราปริมาณลมต่ำสุดในขั้นตอนนี้

18. ปรับใบปรับลมที่มีอัตราส่วนปริมาณลมต่ำเป็นอันดับสองจนกระทั่งท่อย่อยทั้งสองมีอัตราส่วนเท่ากันกับการออกแบบ ท่อย่อยทั้งคู่นี้จะเข้าสู่ภาวะสมดุล

19. ปรับใบปรับลมที่มีอัตราส่วนปริมาณลมต่ำเป็นอันดับจนกระทั่งท่อย่อยทั้งสามมีอัตราส่วนเท่ากันกับการออกแบบ ท่อย่อยทั้งสามนี้จะเข้าสู่ภาวะสมดุล

20. ดำเนินขั้นตอนแบบเดิมต่อไปจนท่อลมย่อยทุกท่อมีอัตราส่วนปริมาณลมเท่ากันกับที่ได้ออกแบบไว้

21. หากจำเป็น ให้ปรับความเร็วรอบพัดลมเพื่อให้ท่อลมย่อยทั้งหมดมีปริมาณลมเท่ากับ?10% ของการออกแบบ

22. ดำเนินการปรับแผงกระจายลมด้วยเทคนิคอัตราส่วนตามขั้นตอนขั้นต้นจาก ก.1 ถึง ก.13 แล้วบันทึกค่าปริมาณลมไว้

23. ทำเครื่องหมายบานปรับลมทุกบานด้วยสีหรือเครื่องหมายถาวรเพื่อประโยชน์ในการปรับคืนค่าในภายหลัง

II. วิธีการแบบตามลำดับ (Stepwise Method) วิธีการนี้มักใช้กับระบบจ่ายปริมาณลมคงที่ (Constant Volume Supply System) และยังเหมาะกับระบบท่อลมดูดทิ้งและลมกลับ

1. ปรับ ใบปรับลมของ GRD ทุกจุดให้เปิดกว้างสุด

2. ปรับทิศทางของลมที่หัวจ่ายให้เป็นไปตามต้องการ

3. วัดค่าปริมาณลมของระบบด้วยวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

4. คำนวณอัตราส่วนของปริมาณลมจริงกับที่ออกแบบไว้

5. ปรับพัดลมให้จ่ายลมที่ ±110% ของลมที่ออกแบบไว้

6. วัดปริมาณลมที่ทุก GRD

7. เดินเครื่องพัดลม ซึ่ง GRD ที่ใกล้กับพัดลมที่สุดมักจะมีอัตราส่วนสูงสุด ให้ปรับใบปรับลม GRD ให้มีค่าต่ำกว่าที่ออกแบบไว้ประมาณ 10%

8. ขณะดำเนินการตามวิธีการเดิมจนถึงส่วนปลายสุดของระบบ ค่าของ GRD ที่เหลือจะมีปริมาณลมเพิ่มขึ้น

9. ดำเนินการต่อเนื่องไปตามระบบ จนกระทั่งทุก GRD มีทำลมได้ ±10% ของที่ออกแบบไว้

10. หากจำเป็น ให้ปรับความเร็วรอบพัดลมเพื่อให้ทุก GRD จ่ายลมที่ ±10% ของการออกแบบ

11. ทำการวัดแผงกระจายลมทุกอันอีกครั้งและบันทึกค่าปริมาณลมครั้งล่าสุด

12. ทำเครื่องหมายตำแหน่งของใบปรับลมด้วยสีหรือเครื่องหมายถาวร เพื่อให้สามารถปรับคืนที่เดิมได้ ในกรณีจำเป็นในกรณีที่ระบบท่อสาขา จะมีขั้นตอนดังนี้

13. ให้ทำตามขั้นตอนเดิมจากข้อ 1 ถึง 5 สำหรับใบปรับลมของ GRD ของท่อย่อยแต่ละท่อ

14. ให้คำนวณอัตราส่วนของลมที่วัดได้กับการออกแบบ

15. เริ่มต้น ณ จุดที่ใกล้กับพัดลมที่สุดเนื่องจากจะมีปริมาณลมสูงสุด ให้ปรับใบปรับลมท่อย่อยให้มีปริมาณลมประมาณ ±10% ต่ำกว่าค่าที่ได้ออกแบบไว้

16. ขณะดำเนินการตามวิธีการเดิมจนถึงส่วนปลายสุดของระบบ ค่าของ GRD ที่เหลือจะมีปริมาณลมเพิ่มขึ้น

17. หากจำเป็น ให้ปรับความเร็วรอบพัดลมเพื่อให้ทุก GRD จ่ายลมที่ ±10% ของการออกแบบ

18. ปรับดุล GRD ที่ทุกท่อย่อยตามขั้นตอนตั้งแต่ข้อ 5 ถึง 9

19. ทำการวัดปริมาณลมทุก GRD อีกครั้งและบันทึกค่าล่าสุด

20. ทำเครื่องหมายที่ใบปรับลมทุกบานด้วยสีหรือวัสดุทำเครื่องหมายถาวรเพื่อประโยชน์ในการปรับตั้งคืนสภาพหากจำเป็น

3 ระบบจ่ายปริมาณลมคงที่ (Constant Volume Supply Systems)

1. ระบบปริมาณลมคงที่แบบพื้นฐาน เป็นระบบที่มีพัดลมเพียงชุดเดียว สำหรับดูดลมเข้าและออก จะมีขั้นตอนในการปรับดังนี้

2. จะต้องมีการกำหนดทีมงานที่รับผิดชอบให้เรียบร้อย

3. บันทึกแผ่นแจ้งข้อมูลอุปกรณ์

4. ควรติดตั้งแผ่นกรองอากาศให้เรียบร้อยหรือสิ่งแทนแผ่นกรองอากาศเพื่อจำลองสภาวะ

5. ต้องปรับตัวถ่วงน้ำหนักของ Barometric damper ให้สามารถสร้างแรงดันห้องตามที่ออกแบบไว้ โดยต้องปรับดุลระบบอากาศเข้าและออก ก่อนปรับตัวถ่วง

6. ต้องปรับใบปรับลมแบบปรับมือให้เปิดกว้างสุด100%

7. วัดค่ากระแสของมอเตอร์ขณะใช้งาน

8. วัดค่าแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์

9. ต้องมั่นใจว่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์เป็นไปตามอัตราที่เลือกไว้

10. วัดรอบพัดลมว่าตรงกับที่ได้ออกแบบไว้

11. กรณีที่ระบบปรับอากาศมีบานปรับลมภายนอกคงที่ ต้องปรับให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมเป็นจุดเริ่ม

12. ในกรณีที่ระบบทำความเย็นของลมภายนอกให้ปรับใบปรับลมภายนอกให้อยู่ในตำแหน่งลมต่ำสุด

13. ในกรณีที่มีใบปรับลมภายนอกสำหรับการหมุนเวียนอากาศ (Ventilation) เท่านั้น ให้ปรับใบปรับลมกว้างสุด 100% และปิดใบปรับลมกลับ

14. พิจารณาดูว่า AHU กำหนดแรงดันเป็นแรงดันสถิตรวม (Total Static Pressure) หรือ แรงดันสถิตภายนอก (External Static Pressure) หากเป็นแรงดันสถิตรวม ให้วัดแรงดันสถิตที่ปากด้านลมดูดและจ่ายของพัดลม หากกำหนดที่แรงดันสถิตภายนอก ให้วัดแรงดันสถิตที่ท่อลมเข้าและออกจากพัดลม กรณีวัดที่ด้านลมดูดสามารถวัดได้ ณ จุดท่อที่ติดกับปากพัดลมทันที ส่วนด้านลมออกให้วัดที่ท่อลม ณ จุดที่ห่างจากปากลมออกประมาณ 3 ถึง 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของปากพัดลม และจุดเหนือลมของข้องอหรือใบปรับต่างๆ

15. กรณีที่ความดันของแผ่นกรองอากาศไม่ถึงจุดที่กำหนดไว้ ให้ติดตั้งแผ่นกั้นลมเพื่อทำแรงดันต่างให้อยู่ตามที่ออกแบบไว้

16. วัดปริมาณลมรวมของ AHU ด้วยเครื่องมือวัดที่แม่นยำที่สุด

17. ปรับปริมาณลมให้ได้ตามที่ออกแบบหากจำเป็น

18. กำหนดรูปแบบในการปรับหัวจ่าย-แบบอัตราส่วน หรือ แบบลำดับขั้นตอน และ ปรับดุลทั้งลมเข้าและลมออกตามลำดับขั้นตอนที่กล่าวไว้ข้างต้น

19. หลังจากปรับดุลระบบลมจ่าย, ลมกลับ และดูดออก ให้อยู่ในความสมดุลที่เหมาะสมแล้ว พัดลมที่จ่ายลมเข้าควรปรับให้จ่ายลมเข้าเมื่อมีลมเติมจากภายนอกสูงสุด 100%

20. เมื่อการปรับดุลของลมเข้าและลมออกลงตัว ให้ปรับลมหมุนเวียนภายนอกของ AHU ให้อยู่ในระดับต่ำสุด

21. บันทึกข้อมูลเป็นหลักฐาน

4. ระบบปริมาณคงที่แบบซับซ้อน (Complex Constant Volume System)

ระบบนี้จะประกอบด้วยพัดลมหลายชุดสำหรับลมจ่าย, ลมกลับ, และดูดออก และอาจมีระบบควบคุมแรงดันสถิตของส่วนต่างๆ ในอาคาร และแรงดันของอาคารสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาหากพัดลมจ่ายลมของช่องลมกลับและลมดูดออกไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างเพียงพอ ซึ่งมีวิธีการพื้นฐานในการจัดการปัญหานี้ 3 แบบ คือ การควบคุมแรงดันของอาคาร (Building Static Control) การควบคุมแบบระบบเปิด และ การควบคุมแบบระบบปิด

สำหรับระบบที่มีการใช้พัดลมดูดอากาศออก ให้ใช้วิธีการดังนี้

1. ดำเนินการตามขั้นตอนการตามขั้นตอนการปรับลมขั้นต้นสำหรับระบบลมคงที่ และก่อนถึงขั้นตอนการบันทึก ให้ตั้งระบบเติมอากาศภายนอกให้สูงสุด

2. วัดแรงดันสถิตของอาคารและเทียบกับความต้องการ

3. ปรับพัดลมดูดอากาศออกเพื่อให้ได้แรงดันสถิตของอาคารตามที่ต้องการ

4. เป็นการเสร็จสิ้นการวัดระบบแบบพื้นฐานตลอดจนถึงอุปกรณ์ทั้งหมดที่ทำการทดสอบ

ระบบที่มีทั้งพัดลมดูดช่องลมกลับและดูดอากาศออก

ระบบนี้พัดลมดูดอากาศสำหรับช่องลมกลับและลมออกจะแยกจากกันโดยเป็นระบบลมคงที่และเชื่อมโยงกันโดยการปรับบานปรับลม แม้ว่าจะมีการต่อท่อลมหรือไม่ก็ตาม ซึ่งมีวิธีการในการปรับแต่งอยู่ 3 วิธี คือ การควบคุมแรงดันอาคาร การควบคุมแบบระบบเปิด และการควบคุมแบบระบบปิด ขั้นตอนการปรับให้ดำเนินการตามวิธีการที่กล่าวข้างต้นและปรับแต่งตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ปรับบานปรับลมของช่องลมกลับและลมดูดออกไปที่การรับภาระการปรับอากาศสูงสุด นั่นก็คือ เปิดช่องลมกลับสูงสุดและปรับลมภายนอกต่ำสุด

2. ทำการปรับลมตามขั้นตอนในเบื้องต้นทั้งด้านลมจ่ายและลมกลับ/ดูดออก ในที่นี้รวมไปถึงอุปกรณ์ทางด้านลมเข้าและออก

3. หลังจากปรับดุลระบบปรับอากาศสำหรับการรับภาระเต็มที่แล้ว ให้ปรับบานปรับลมของช่องลมกลับและลมดูดออกไปตรงข้ามสุด นั่นก็คือ ดูดอากาศออกต่ำสุด-ลมกลับต่ำสุด-ดูดอากาศออกสูงสุด

4. ในแต่ละแบบข้างต้นให้ตรวจสอบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้

5. วัดแรงดันสถิตของอาคารและเปรียบเทียบกับการออกแบบ

6. หากจำเป็น ให้ปรับอุปกรณ์เพื่อให้ระบบเป็นไปตามที่ออกแบบ

7. ทำการวัดระบบครั้งสุดท้าย เมื่อสิ้นสุดการปรับดุลของลมเข้าและออก - ทำการปรับระบบปรับอากาศโดยมีอากาศภายนอกต่ำสุด หากต้องการ

8. ทำการบันทึกข้อมูลครั้งสุดท้ายเพื่อจัดทำรายงาน

5. กรณีเป็นระบบหลายโซน (Multizone System) สามารถปรับตามขั้นตอนดังนี้

1. จะต้องมั่นใจว่าขนาดของคอยล์ใหญ่พอกับปริมาณลมที่ได้ออกแบบไว้ หากขนาดของคอยล์เล็กกว่าจะต้องมีใบเบนลม (By Pass Damper) ให้ปล่อยลมที่เกินกว่าขนาดของคอยล์ เพื่อให้สามารถมีปริมาณลมไม่จำกัด

2. ปรับใบปรับลมสำหรับระบบหลายโซนให้ปริมาณลมผ่านคอยล์เย็นตามที่ได้ออกแบบไว้

3. จะต้องปรับตำแหน่งใบปรับลมของลมภายนอกและลมกลับก่อนปรับดุล หากระบบปรับอากาศมีบานปรับลมสำหรับเติมอากาศภายนอกคงที่ ก็จำเป็นต้องปรับบานปรับลมให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม

4. ใบปรับลมสำหรับเติมอากาศภายนอกของระบบปรับอากาศที่ใช้การทำความเย็นทางกลควรจะปรับให้อยู่ในตำแหน่งเติมอากาศต่ำสุด

5. สำหรับใบปรับเติมลมภายนอกของระบบปรับอากาศที่ใช้ลมหมุนเวียนในการทำความเย็น จะต้องปรับให้เปิดกว้างสุด 100% และปิดช่องลมกลับ

6. ถ้าหากมีการติดตั้งคอยล์เย็นตามขนาดที่เพียงพอต่อปริมาณลมสูงสุด ให้ปรับระบบทำความเย็นไปที่เต็มกำลัง โดยปรับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat) ของแต่ละโซนไว้ที่อุณหภูมิต่ำสุด

7. วัดปริมาณลมของแต่ละโซนและรวมผล

8. ปรับความเร็วรอบพัดลมเพื่อให้ได้ปริมาณลมตามที่ออกแบบไว้

9. ปรับใบปรับลมแบบธรรมดาสำหรับแต่ละโซน เพื่อให้ได้ปริมาณลมที่เหมาะสมสำหรับแต่ละโซน ระบบนี้จะปรับดุลให้เป็นไปตามต้องการไม่ได้หากไม่มีใบปรับลมแบบธรรมดา และต้องให้มีการติดตั้งเพิ่มเติม

10. เมื่อมีการปรับลมของแต่ละโซนได้ถูกต้องตามต้องการ สามารถปรับดุลช่องลมออกด้วยวิธีการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

11. เมื่อมีการปรับดุลช่องลมเข้าและลมออกทุกช่องเรียบร้อยแล้ว ให้ปรับอัตราลมหมุนเวียนจากอากาศภายนอกไปที่จุดต่ำสุด หากต้องการ

12. บันทึกข้อมูลครั้งสุดท้ายเพื่อจัดเตรียมรายงาน

บทสรุป

ที่กล่าวถึงข้างต้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งของมาตรฐานขั้นตอนการทดสอบ (Testing), ปรับแต่ง (Adjust) และปรับดุล (Balancing) ของระบบสิ่งแวดล้อมซึ่งจัดทำขึ้นโดยสำนักงานปรับดุลสิ่งแวดล้อมแห่งชาติของอเมริกา โดยในส่วนนี้จะมีเพียงการปรับดุลของระบบจ่ายลมแบบคงที่ (Constant Volume System) เพียงเพื่อเป็นจุดเริ่มของการศึกษาหรือวิจัยต่อไปในอนาคต

หนังสืออ้างอิง

"Procedural Standard for Testing Adjusting and Balancing of Environmental Systems", 2005-Seventh Edition, National Environmental Balancing Bureau.