ระบบการทดสอบการกระจายอากาศของอุปกรณ์จ่ายอากาศแบบติดผ้าเพดาน

นาย พัฒนา เนตรสุวรรณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2533

ISBN 974-578-207-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016901
ว.๖๖๕๖๗๑

AIR DIFFUSION TESTING SYSTEM OF CEILING TYPE AIR DIFFUSERS

MR. Pattana Natesuwan

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Mechanical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1990

ISBN 974-578-207-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบการทดสอบการกระจายอากาศของอุปกรณ์จ่ายอากาศแบบติดผ้าเพดาน
โดย	นาย พัฒนา เนตรสุวรรณ
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ชินเทพ เพ็ญชาติ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ชินเทพ เพ็ญชาติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพลกิติ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

พัฒนา เนตรลุ่วรรณ : ระบบการทดสอบการกระจายอากาศของอุปกรณ์จ่ายอากาศแบบติดฝ้าเพดาน (Air Diffusion Testing System of Ceiling Type Air Diffusers) อ.ที่ปรึกษา : อ.ยินเทพ เพ็ญชาติ, รศ.ดร.วิทยา ยงเจริญ, 286 หน้า ISBN 974-578-207-6

งานวิทยานิพนธ์นี้ ทำการศึกษาออกแบบสร้างระบบทดสอบและทำการทดสอบอุปกรณ์จ่ายอากาศ โดยวิธีการวัดความเร็วอากาศกระแสอิสระ และความดันสูญเสียที่อุปกรณ์จ่ายอากาศในสภาวะควบคุมอุณหภูมิ อุปกรณ์ที่ทดสอบเป็นแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสสำหรับติดฝ้าเพดาน ซึ่งผลิตภายในประเทศมี 4 ขนาดด้วยกัน คือ 10",12",14" และ 15". ที่อัตราการไหลอากาศต่าง ๆ กัน เครื่องมือวัดต่าง ๆ ในการทดสอบได้แก่ ความเร็วอากาศวัดด้วย HOT WIRE ANEMOMETER อุณหภูมิวัดด้วย เทอร์โมคัปเปิล ความดันวัดด้วยมาโนมิเตอร์ อัตราการไหลของอากาศควบคุมด้วยอินเวอร์เตอร์ (INVERTER) และวัดด้วยออริฟิซมิเตอร์ ที่แต่ละค่าอัตราการไหลอากาศ ทำการวัดความเร็วบนระนาบหลัก โดยใช้อุปกรณ์จับ และยึดตำแหน่งของหัววัดความเร็วซึ่งควบคุมจากระยะไกล

ผลการทดสอบที่ได้แสดงให้เห็นว่าขอบเขตความเร็วคงที่ (ISO-VELOCITY PROFILE) จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดอุปกรณ์จ่ายอากาศ และค่าอัตราการไหลอากาศที่จ่ายให้กับอุปกรณ์เป็นหลัก และการเพิ่มค่าอัตราการไหลจะมีผลทำให้ความดันสูญเสียที่อุปกรณ์เพิ่มขึ้นด้วย ส่วนค่าตัวประกอบพื้นที่ (EFFECTIVE AREA) ได้ค่าต่ำกว่าข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตจากต่างประเทศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต พัฒนา เนตรลุ่วรรณ

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

PATTANA NEADSUWAN : Air Diffusion Testing System of Ceiling Type Air Diffusers. THESIS ADVISOR : MR. Chinatep Bangajati ASSO.PROF. Wittaya Yongchareon., 286 PP.

This thesis concerns with the design and fabrication of a testing system for the performance test of ceiling-type square by measurement in form of the envelope of a free jet, out let jet velocity and static pressure requir ment of air diffusers under control temperature and volume of air flow rate. Nominal sizes of diffusers used in testing are 10, 12, 14 and 19 inch. The main instrument in this testing system are a hot wire anemometer for air velocity measurement, an orific meter for measuring supply air flow rate which is regulated by an inverter at the fan motor and thermocouples for temperature measurement.

Results in performance test of the diffusers show that the free jet envelope or isovelocity profile depends upon two major factors, these are the size of the diffuser and the supply air flow rate. When the supply air flow rate is increased the static pressure loss at the diffuser increased. The effective area (A_k factor) obtained from the test is lower than the date published by a foreign manufacturer.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือของ อาจารย์ ชินเทพ เพ็ญชาติ รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งได้ให้คำแนะนำ และเสนอข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในระหว่างการทำวิจัยมาโดยตลอด และขอขอบคุณ คุณ สันติ อัครวรินทร์ชัย ผู้จัดการ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอส.อี.แอร์ ซัพพลาย ที่ได้ให้คำแนะนำและให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับอุปกรณ์จ่ายอากาศที่ใช้ในการทดสอบ เนื่องจากทุนที่ใช้ในงานวิจัยบางส่วนได้รับความสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยจาก บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ท้ายนี้ขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ และสนับสนุนมาโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....

กิตติกรรมประกาศ .....

สารบัญภาพ .....

สารบัญรูป .....

บทที่

1. บทนำ 1

2. ทฤษฎีอากาศกระแสอิสระอุณหภูมิคงที่ 4

2.1 กระแสอากาศกลม (CIRCULAR JET) 4

2.2 กระแสอากาศระนาบแบน (PLANE JET) 8

3. การวัดอัตราการไหลในท่อ 10

3.1 การไหลผ่านคอคอด 10

3.2 สมการการไหลในท่อ 11

3.3 เครื่องวัดอัตราการไหลในท่อ 15

3.4 หลักวิธีการวัด และการคำนวณอัตราการไหล 19

3.5 การเลือกอุปกรณ์ขั้นต้น 20

3.6 ความต้องการทั่วไปในการวัดอัตราการไหล 21

3.7 วิธีการติดตั้งอุปกรณ์ขั้นต้น 22

4. เครื่องมือวัดอัตราการไหล 29

4.1 แผ่นออริฟิซ (ORIFICE PLATE) 29

4.2 หัวฉีดวัดอัตราการไหล (FLOW NOZZLE) 38

4.3 ท่อเวนจูรี (VENTURI TUBE) 42

5. การวัดความเร็ว 46

5.1 เครื่องวัดความเร็วใช้หลักการทางความดัน 46

5.2 เครื่องวัดความเร็วใช้หลักการถ่ายเทความร้อน 47

6. การวัดความเร็วอากาศกระแสอิสระความเร็วต่ำ 54

6.1 ขนาดของย่านการวัด 54

6.2 สเกลของเครื่องวัด 54

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.3 ขนาดของหัววัดความเร็ว 54
6.4 ค่าความเร็วอากาศเฉลี่ย 55
6.5 ความไวของหัวเครื่องวัดต่อทิศทาง 55
6.6 ผลกระทบจากอุณหภูมิอากาศ 55
6.7 ผลกระทบจากการพาความร้อนธรรมชาติ 56
6.8 ความไม่แน่นอนของการวัดความเร็วต่ำ 56
6.9 เครื่องมือวัดความเร็วต่ำ 56
7. การปรับเทียบเครื่องวัดความเร็ว 60
7.1 เคลื่อนหัววัดความเร็วผ่านอากาศ 60
7.2 เคลื่อนที่อากาศผ่านหัววัดความเร็ว 61
7.3 อุปกรณ์การปรับเทียบความเร็วต่ำ 61
7.4 การปรับเทียบเครื่องวัด HOT WIRE 63
8. การทดสอบอุปกรณ์จ่ายอากาศ 68
8.1 ลักษณะทั่วไป 68
8.2 ความหมาย และนิยาม 68
8.3 เครื่องมือวัด 69
8.4 การหาความดันสถิตสำหรับอุปกรณ์ 71
8.5 การหาความเร็วอากาศ (V_j) และค่า A_k 71
8.6 การหาคุณลักษณะการจ่ายอากาศของอุปกรณ์จ่ายอากาศ 72
9. ระบบการทดสอบ 74
9.1 พัดลมส่งอากาศ และอุปกรณ์ปรับความเร็ว 75
9.2 ท่อส่งอากาศ และกล่องจ่ายอากาศ 75
9.3 ห้องทดสอบ 76
9.4 อุปกรณ์บอกตำแหน่ง และทิศทางความเร็ว 76
9.5 อุปกรณ์จับหัววัดความเร็วอากาศ 76
9.6 เครื่องวัดความดันสถิต และความดันแตกต่าง 77
9.7 เครื่องวัดอุณหภูมิ 77
9.8 เครื่องวัดอัตราการไหลอากาศ 77
9.9 เครื่องวัดความเร็วอากาศกระแสอิสระ 77
9.10 อุปกรณ์ปรับเทียบเครื่องวัดความเร็ว 78
10. การออกแบบอุปกรณ์ระบบการทดสอบ 79

10.1 ท่อส่งอากาศ 79
10.2 แผ่นออริฟิซ 80
10.3 ความยาวท่ออากาศตรงสำหรับการวัดอัตราการไหล 83
10.4 ความไม่แน่นอนของการวัดอัตราการไหล 83
11. สรุปผลการทดสอบ และวิจารณ์ 86
เอกสารอ้างอิง 97
ภาคผนวก 98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1 สัญลักษณ์ 11
2 ความต้องการความยาวท่อตรง 20
3 ข้อจำกัดของออริฟิซ (ORIFICE) 31
4 ความขรุขระผิวท่อสูงสุด (K/D) 32
5 ความไม่แน่นอนของการวัดอัตราการไหล 33
6 ความยาวรวมของหัวฉีด 37
7 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของท่อส่งอากาศ 83
8 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของออริฟิซ 85
9 ความละเอียดของการวัดอัตราการไหลด้วยออริฟิซ 88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

1 การติดตั้งอุปกรณ์ระบบการวัดอัตราการไหล 20

2 STANDARD ORIFICE PLATE 23

3 FLANGE TAPPING ORIFICE 27

4 CORNER TAPPING ORIFICE 27

5 ISA-1932 NOZZLE 32

6 LONG RADIUS NOZZLE 33

7 CLASSICAL VENTURI 36

8 VENTURI NOZZLE 37

9 C C A OPERATION 42

10 FALL OFF C C A 43

11 C T A OPERATION 43

12 FALL OFF C T A 45

13 LOW SPEED CALIBRATION TUNNEL 55

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ

a	-	อัตราเร่ง (ACCLERATION) , เส้นผ่าศูนย์กลางรูเจาะวัดความดัน (PRESSURE TAPPING DIAMETER)
b	-	ความกว้าง (WIDTH)
d	-	เส้นผ่าศูนย์กลางคอคอด (ORIFICE , THROAT DIAMETER)
d_a	-	ค่าขนาดสัญญาณ (AMPLITUDE)
e	-	ความหนาของคอคอด (ORIFICE THICKNESS)
g	-	อัตราเร่งแรงโน้มถ่วง (ACCELERATION OF GRAVITY)
h	-	ความดันเทียบเท่าความสูง (PRESSURE HEAD) , ความสูง
Δh	-	ความดันแตก (DIFFERENCE OF PRESSURE HEAD)
Δh_L	-	ความดันสูญเสียที่ LAMINAR ELEMENT
J	-	โมเมนตัม (MOMENTUM)
k	-	ความขรุขระผิว (ROUGHNESS)
K	-	ค่าคงที่ไอเซ็นโทรปิค (ISENTROPIC EXPONENTIAL)
l	-	ความยาว (LENGTH)
m	-	มวล (MASS)
n	-	ความเร็วหมุน (ROTATION SPEED)
P	-	ความดัน (PRESSURE)
ΔP	-	ความดันแตกต่าง (DIFFERENCE PRESSURE)
q	-	อัตราการไหล (RATE OF FLOW)
γ	-	รัศมี (RADIUS)
t	-	เวลา (TIME)
u	-	ความเร็ว (VELOCITY)
X,Y,Z	-	พิสัยสี่เหลี่ยม (CO-ORDINATES)
Z	-	ความสูง (ELEVATION ABOVE DATUM)
A	-	พื้นที่ , พื้นที่หน้าตัด (AREA , CROSS-SECTIONAL AREA)
C	-	สัมประสิทธิ์การจ่าย (DISCHARGE COEFFICENT)
C_c	-	สัมประสิทธิ์การคอด (CONTRATION COEFFICIENT)
C_d	-	สัมประสิทธิ์การจ่าย (DISCHARGE COEFFICIENT)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

C_D - สัมประสิทธิ์การต้านทาน (RESISTANCE COEFFICIENT)

C_V - สัมประสิทธิ์ความเร็ว (VELOCITY COEFFICIENT)

D - เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (PIPE DIAMETER)

E - ตัวประกอบความเร็ว (VELOCITY APPROACH FACTOR) , ความหนาแผ่น (PLATE THICKNESS)

E_R - อัตราการชักนำ (ENTRAIN RATIO)

L - ความยาว (LENGTH)

N_u - นัสเซ็นนัมเบอร์ (NUSSELT NUMBER)

ΔP - ความดันแตกต่าง (DIFFERENCE PRESSURE)

Q - อัตราการไหล (FLOW RATE)

Q_V - อัตราการไหลปริมาตร (VOLUME FLOW RATE)

R_{eD} - เรโนลด์นัมเบอร์ (REYNOLD NUMBER)

V - ความเร็ว (VELOCITY)

ΔW - ความดันสูญเสีย (PRESSURE LOSS)

α - สัมประสิทธิ์การไหล (FLOW COEFFICIENT)

β - อัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลาง (DIAMETER RATIO)

γ - น้ำหนักจำเพาะ (SPECIFIC WEIGHT)

ϵ - ตัวประกอบการขยายตัว (EXPANSIBILITY FACTOR)

μ - ความหนืดไดนามิคซ์ (DYNAMIC VISCOSITY)

ν - ความหนืดไคนิเมติก (KINEMATIC VISCOSITY)

ρ - ความหนาแน่น (DENSITY)

τ - อัตราส่วนความดัน (PRESSURE RATIO)

STANDARD COAD

ISO - INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION

BSI - BRITISH STANDARD INSTITUTION

JIS - JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD

ISA - INTERNATIONAL STANDARD ASSOCIATION

AMCA - AIR MOVING AND CONTROL ASSOCIATION

NPL - NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

CETIAT - CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES AIRAULIQUES OF THERMIQUES