

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลการทดสอบ

ภายหลังจากที่ได้เก็บข้อมูลจนครบทุกการทดลองและหาความคลาดเคลื่อนของการประยุกต์ใช้งานวิธีประมาณอัตราการไหลดังกล่าวแล้ว เราสามารถทำการแยกประเภทข้อมูลและสร้างกราฟความสัมพันธ์ต่างๆเพื่อหาคำตอบของหัวข้อต่างๆดังต่อไปนี้

4.1 ความคลาดเคลื่อนของการประมาณอัตราการไหล กรณีประยุกต์ใช้งานกับอากาศในห้องลมขนาด 50.8 มิลลิเมตร(2 นิ้ว)

4.1.1 ความยาวท่อที่พิจารณา (L) กับความคลาดเคลื่อน

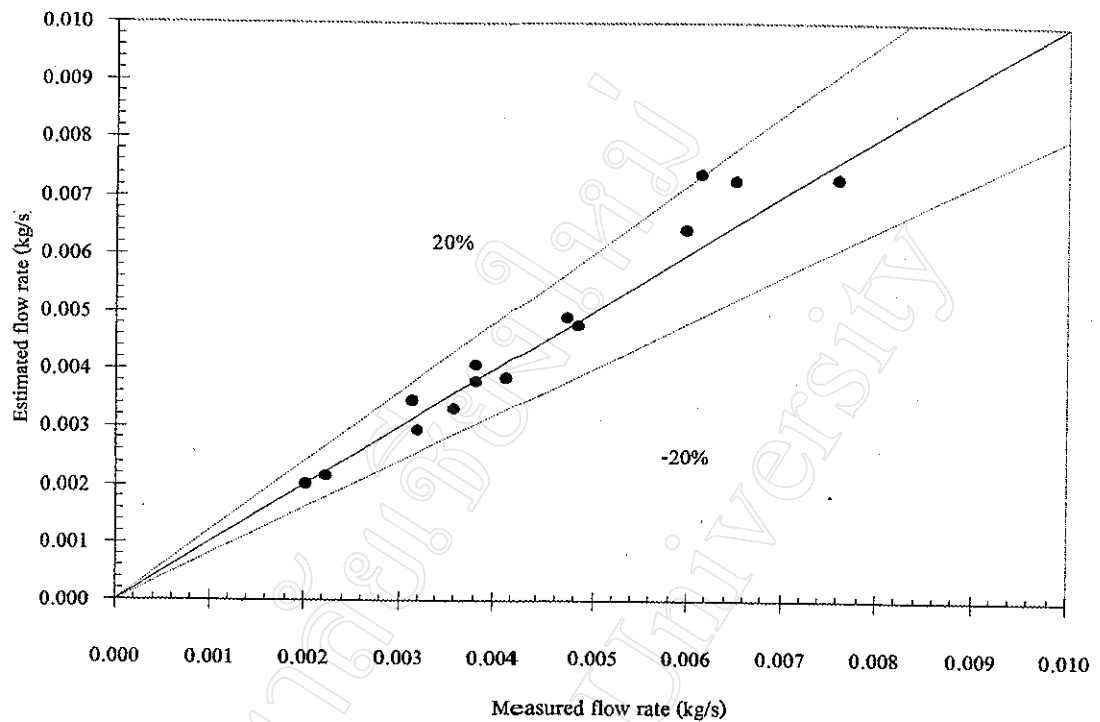
ผลความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าอัตราการไหลกรณีนี้สามารถแสดงได้ในรูป 4.1 ถึง 4.2 ซึ่งแสดงถึงการประมาณค่าโดยพิจารณา ใช้ความยาวท่อที่แตกต่างกันคือ 6 เมตร 4 เมตร ตามลำดับ โดยอาศัยการสังเกตกราฟทั้ง 2 รูปนี้เราสามารถบอกได้ว่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมของกรณีใช้ท่อยาว 6 เมตรจะมีค่าพิสัยความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง $\pm 20\%$ ส่วนกรณีใช้ท่อยาว 4 เมตรที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิใกล้เคียงกันจะมีค่าพิสัยความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง $\pm 25\%$ ซึ่งทำให้เราสรุปความสัมพันธ์กรณีประยุกต์กับอากาศในห้องลมขนาด 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ได้ว่าที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิใกล้เคียงกัน การเลือกพิจารณาท่อที่ยาวกว่าย่อมส่งผลให้การประมาณอัตราการไหลแม่นยำกว่า

4.1.2 ปัจจัยหรือตัวแปรที่มีผลสำคัญต่อความคลาดเคลื่อนในการประมาณ

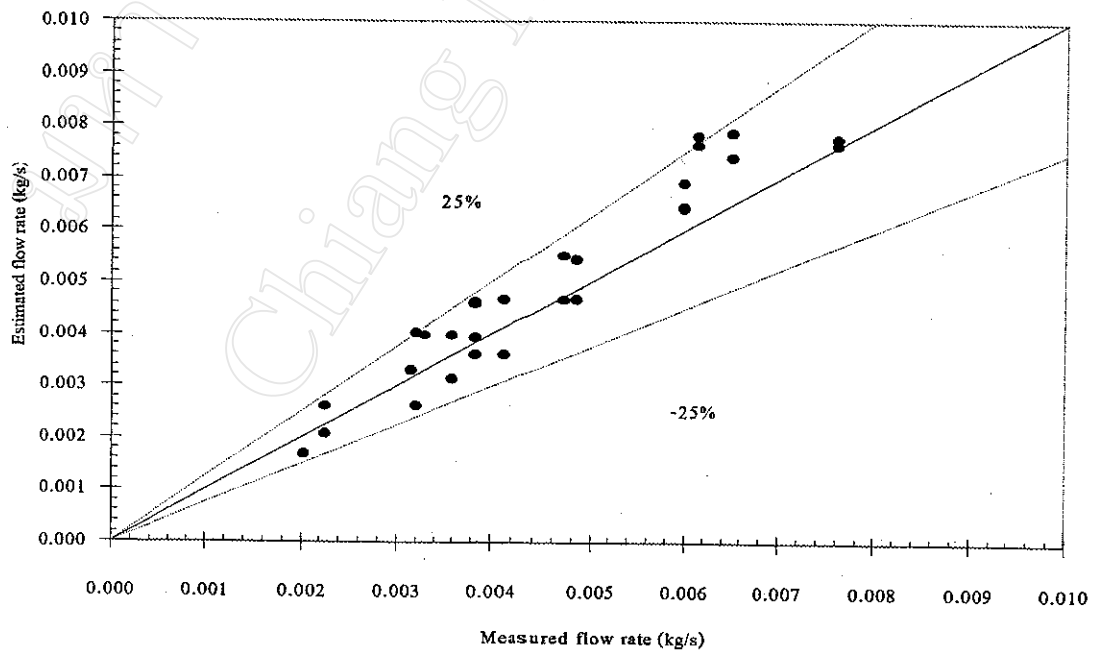
ที่จริงแล้ว เมื่อพิจารณาให้ละเอียดพบว่ามีตัวแปรหลากหลายตัวแปรที่พบว่ามีผลต่อความคลาดเคลื่อนในการประมาณอัตราการไหลดังกล่าว ไม่ว่าจะเป็น อัตราการไหลจริง ($\dot{m}$) อัตราการสูญเสียความร้อน (Q) ความยาวท่อ (L) ตำแหน่งที่เริ่มทำการวัดอุณหภูมิ(Position along longitudinal axis) อุณหภูมิผิวท่อ (T_w) อุณหภูมิผิวฉนวน (T_s) และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายนอก (T_a) และเมื่อทดลองทำการสร้างกราฟหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่กล่าวมาทั้งหมดกับความคลาดเคลื่อน เราพบว่า มีบางตัวแปรที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent variable) ดังนั้นเพื่อเป็นการสะดวกในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เราสามารถรวมกลุ่มตัวแปรให้อยู่ในรูปกลุ่มตัวแปรไร้มิติ (Dimensionless group) และหลังจากทดลองสร้างกราฟแล้วพบว่ากลุ่มตัวแปรที่มีผลต่อแนวโน้มการลดลงของความคลาดเคลื่อนคือ $\left(\frac{T_{w1} - T_a}{T_{w2} - T_a} \right)$ เมื่อเรานิยามตัวแปรต่างๆดังนี้

T_{w1} คือ อุณหภูมิผิวท่อ ณ ตำแหน่งทางเข้า, °C

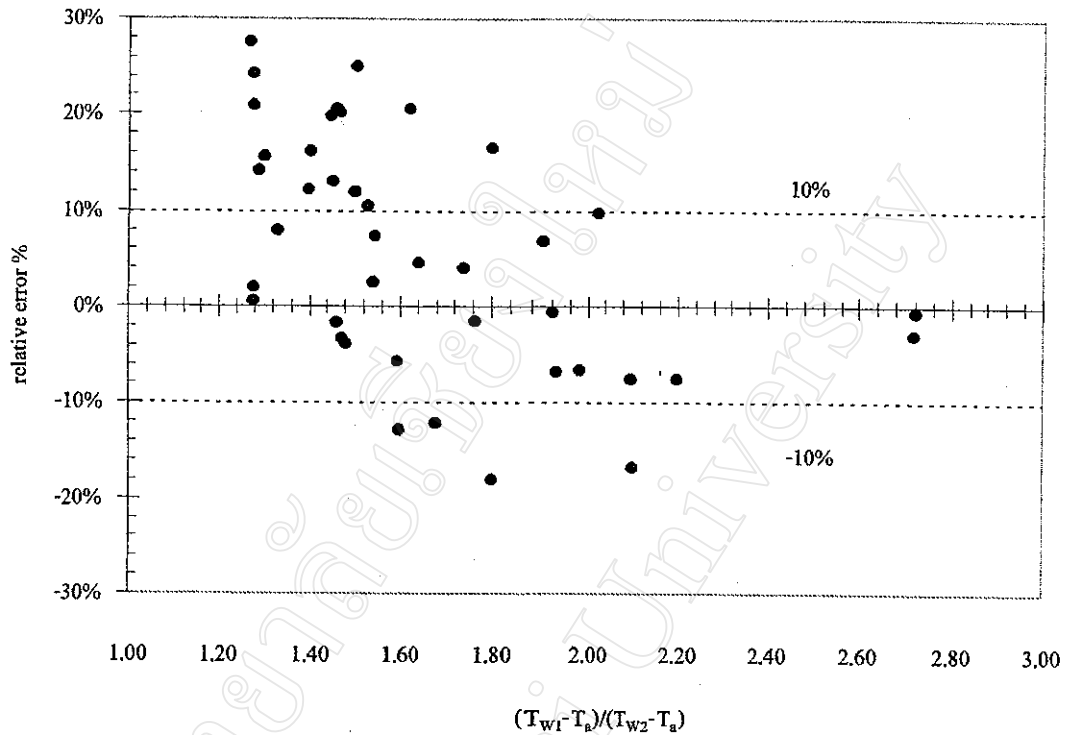
T_{w2} คือ อุณหภูมิผิวท่อ ณ ตำแหน่งทางออก, °C



รูป 4.1 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลที่วัดโดยตรงกับอัตราการไหลจากการประมาณค่า
สำหรับการไหลของอากาศในท่อกลม ขนาด 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ความยาวที่พิจารณา 6 เมตร



รูป 4.2 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลที่วัดโดยตรงกับอัตราการไหลจากการประมาณค่า
สำหรับการไหลของอากาศในท่อกลม ขนาด 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ความยาวที่พิจารณา 4 เมตร



รูป 4.3 แสดงกราฟอิทธิพลของกลุ่มตัวแปรไร้มิติที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์
สำหรับการไหลของอากาศในท่อกลม ขนาด 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว)

ซึ่งผลของตัวแปรนี้ต่อความคลาดเคลื่อนสามารถแสดงให้เห็นได้ในรูป 4.3 นอกจากนี้กลุ่มตัวแปรดังกล่าวยังสามารถบอกถึงอัตราการสูญเสียความร้อนเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่อสัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามธรรมชาติอีกด้วย $\left(\frac{T_{w1} - T_a}{T_{w2} - T_a} \right) = \frac{Q}{h_o A}$ ซึ่งหมายถึงว่าที่กลุ่มตัวแปรมีค่ามากต้องเกิดจากอัตราการสูญเสียความร้อน (Q) มีค่ามากโดยอาศัยพื้นที่ที่น้อยๆ (A) และของไหลภายนอกมีความสามารถในการพาความร้อนต่ำๆ (h_o) และจะมีค่ากลับกันเมื่อ $\left(\frac{T_{w1} - T_a}{T_{w2} - T_a} \right)$ มีค่าน้อย

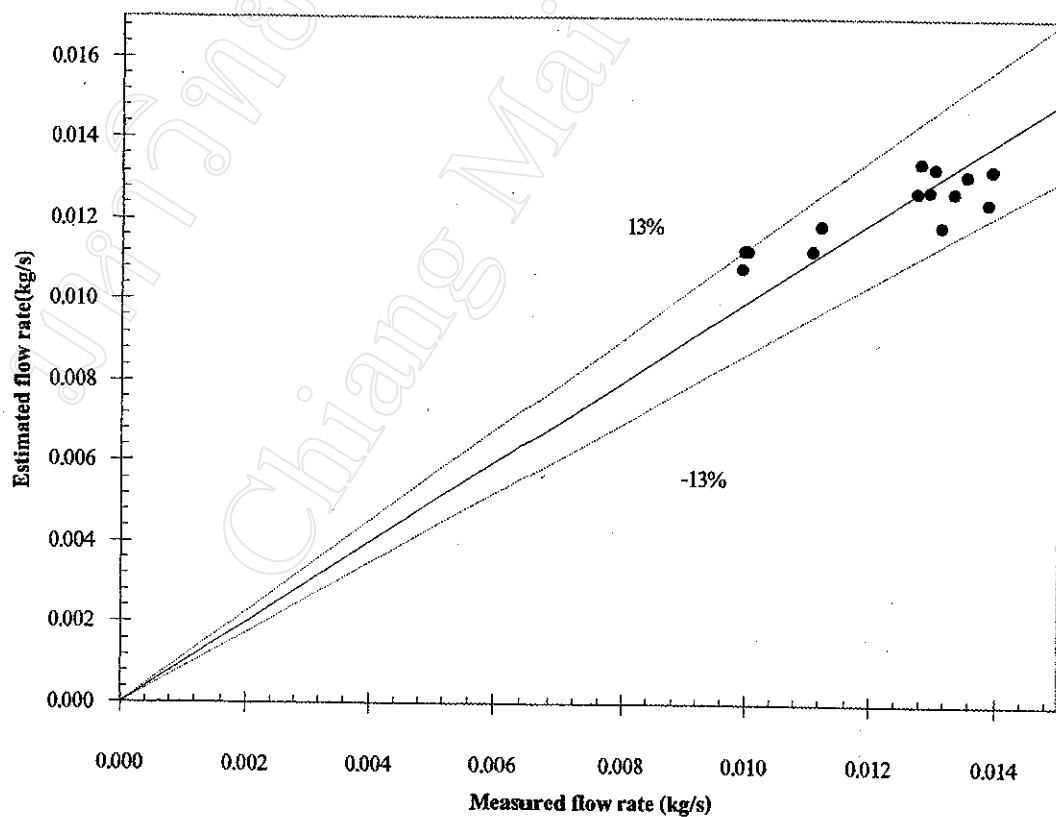
และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกราฟในรูป 4.3 เราจึงอาจกล่าวถึงความคลาดเคลื่อนมีแนวโน้มลดลงอยู่ภายใน $\pm 10\%$ เมื่อกลุ่มตัวแปร $\left(\frac{T_{w1} - T_a}{T_{w2} - T_a} \right)$ มีค่ามากกว่า 1.9 ซึ่งตามความสัมพันธ์นี้อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า เราสามารถเพิ่มความเที่ยงตรงแม่นยำของการประมาณอัตราการไหลวิธีนี้ได้ด้วยการเลือกตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิให้เป็นช่วงที่มีการลดลงของอุณหภูมิมากๆ ($T_{w1} - T_{w2}$ มีค่าสูง) และมีผลต่างของอุณหภูมิผิวต่อผนัง ท่อเข้า กับอุณหภูมิอากาศภายนอกท่อที่มีค่ามาก ($T_{w1} - T_a$ มีค่ามาก) เนื่องจากเราควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกไม่ได้ ทำให้การเลือกตำแหน่งเริ่มวัดอุณหภูมิควรกระทำที่ต่อต้านทางการไหลจะดีกว่าเริ่มวัดที่ปลายทางการไหล เพราะที่ต้นทางของการไหลอุณหภูมิจะสูงกว่าและมีการลดลงของอุณหภูมิมากกว่า และถ้าตำแหน่งเริ่ม

วัดตามแนวแกนคือตำแหน่งเดียวกัน การใช้ท่อที่ยาวมากกว่าก็ยิ่งทำให้การประมาณแม่นยำยิ่งขึ้น เนื่องจาก T_{w1} และ T_{w2} มีค่าความแตกต่างมากขึ้น

4.2 ความคลาดเคลื่อนของการประมาณอัตราการไหล กรณีประยุกต์ใช้งานกับอากาศในห้องลม ขนาด 101.6 มิลลิเมตร(4 นิ้ว)

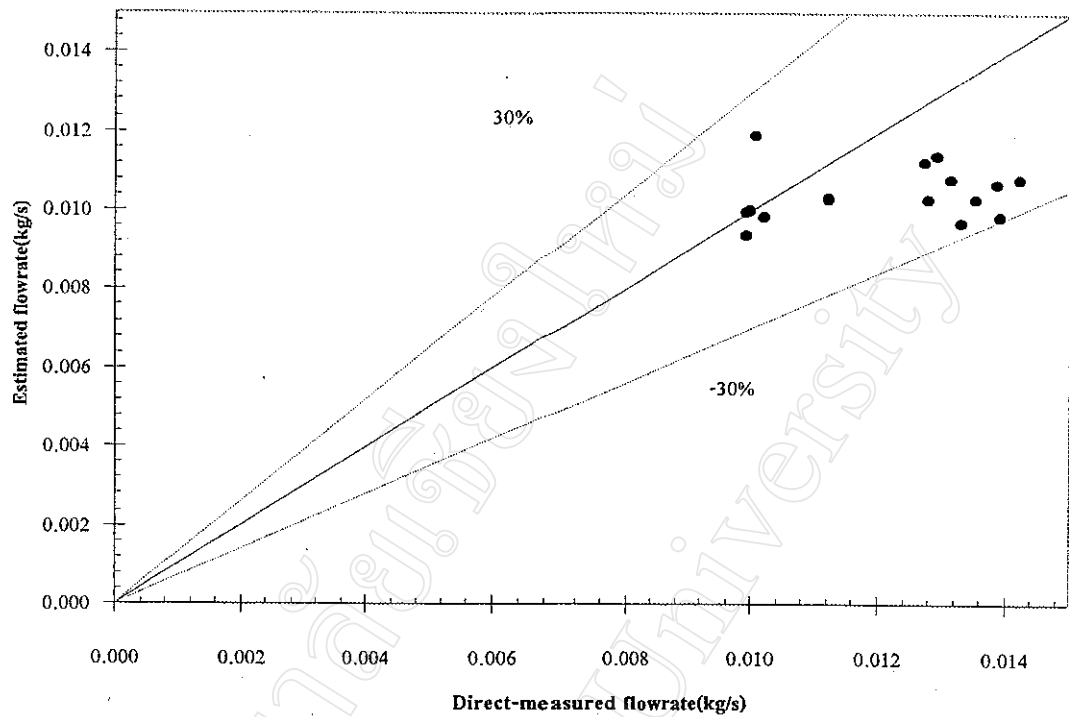
4.2.1 ความยาวท่อที่พิจารณา (L) กับความคลาดเคลื่อน

ความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าอัตราการไหลกรณีนี้สามารถแสดงได้ในรูป 4.4 ถึง 4.6 ซึ่งแสดงถึงการประมาณค่าโดยใช้ความยาวท่อที่กำลังพิจารณาแตกต่างกันคือ 6 เมตร 4 เมตร และ 2 เมตร ตามลำดับ โดยอาศัยการสังเกตกราฟทั้ง 3 รูปนี้เราสามารถบอกได้ว่าความคลาดเคลื่อน โดยรวมของกรณีใช้ท่อยาว 6 เมตร จะมีค่าพิสัยความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง $\pm 13\%$ ส่วนกรณีใช้ท่อยาว 4 เมตรที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิใกล้เคียงกัน จะมีค่าพิสัยความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง $\pm 30\%$ และสำหรับท่อที่ยาว 2 เมตร มีพิสัยความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงไม่เกิน $+35\%$ ซึ่งทำให้เราสรุปความสัมพันธ์กรณีประยุกต์กับอากาศในห้องลม ขนาด 101.6 มิลลิเมตร(4 นิ้ว) ได้ว่าที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิใกล้เคียงกัน การเลือกใช้ท่อที่ยาวกว่าย่อมส่งผลให้การประมาณอัตราการไหลแม่นยำกว่า

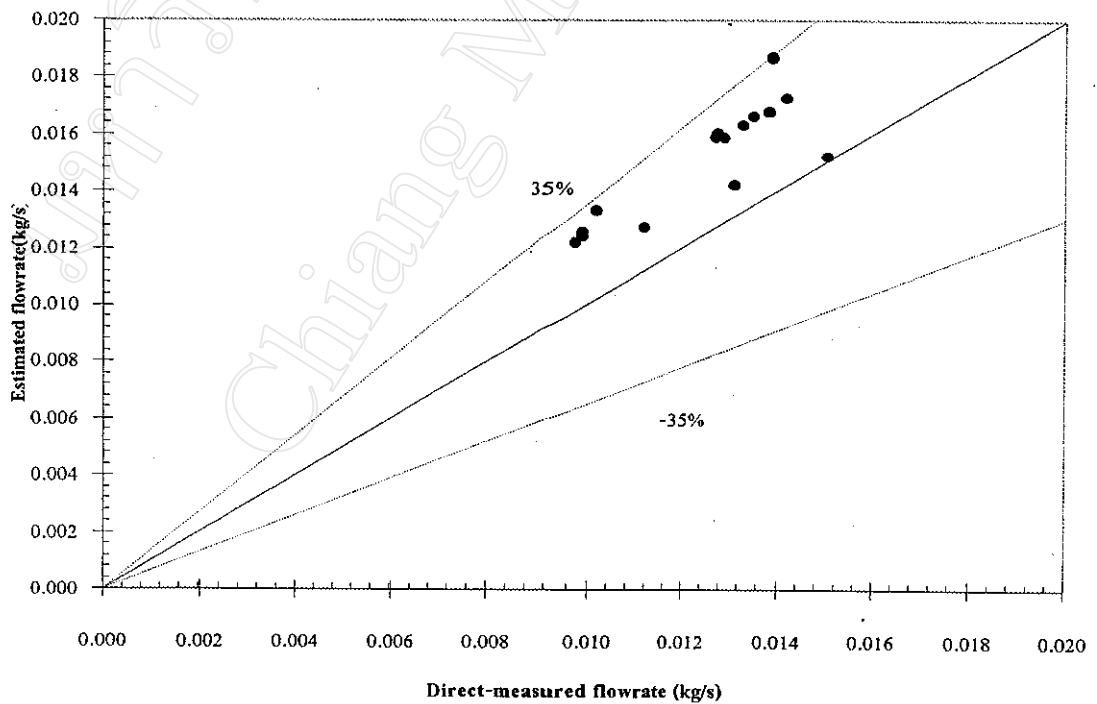


รูป 4.4 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลที่วัดโดยตรงกับอัตราการไหลจากการประมาณค่า

สำหรับการไหลของอากาศในห้องลม ขนาด 101.6 มิลลิเมตร(4 นิ้ว)ความยาวที่พิจารณา 6 เมตร



รูป 4.5 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลที่วัดโดยตรงกับอัตราการไหลจากการประมาณค่า
สำหรับการไหลของอากาศในท่อกลม ขนาด 101.6 มิลลิเมตร(4 นิ้ว)ความยาวที่พิจารณา 4 เมตร

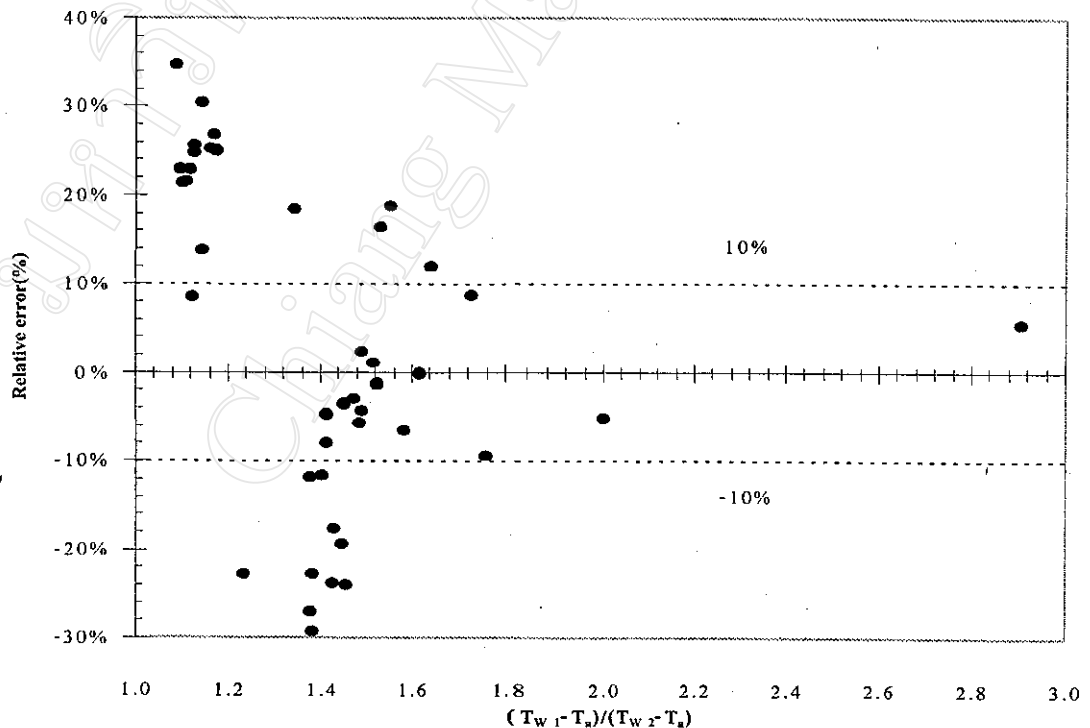


รูป 4.6 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลที่วัดโดยตรงกับอัตราการไหลจากการประมาณค่า
สำหรับการไหลของอากาศในท่อกลม ขนาด 101.6 มิลลิเมตร(4 นิ้ว)ความยาวที่พิจารณา 2 เมตร

4.2.2 ปัจจัยหรือตัวแปรที่มีผลสำคัญต่อความคลาดเคลื่อนในการประมาณ

ในการทำงานเดียวกันกับ หัวข้อ 4.1.2 เมื่อทดลองทำการสร้างกราฟหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่กล่าวมาทั้งหมดกับความคลาดเคลื่อน เราสามารถรวมกลุ่มตัวแปรให้อยู่ในรูปกลุ่มตัวแปรไร้มิติ (Dimensionless group) และหลังจากทดลองสร้างกราฟแล้วพบว่ากลุ่มตัวแปรที่มีผลต่อแนวโน้มการลดลงของความคลาดเคลื่อน คือ $\left(\frac{T_{w1} - T_a}{T_{w2} - T_a} \right)$ ซึ่งกลุ่มตัวแปรนี้เป็นกลุ่มเดียวกันกับกรณีท่อกลมขนาด 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) และอิทธิพลของตัวแปรนี้ต่อความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์สามารถแสดงได้ในรูป 4.7

และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกราฟในรูป 4.7 เราจึงอาจกล่าวความคลาดเคลื่อนมีแนวโน้มลดลงอยู่ใน $\pm 10\%$ เมื่อกลุ่มตัวแปร $\left(\frac{T_{w1} - T_a}{T_{w2} - T_a} \right)$ มีค่ามากกว่า 1.6 ซึ่งตามความสัมพันธ์นี้อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า เราสามารถเพิ่มความเที่ยงตรงแม่นยำของการประมาณอัตราการไหลวิธีนี้ได้ด้วยการเลือกตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิเพื่อให้เป็นช่วงที่มีการลดลงของอุณหภูมิมากๆ ($T_{w1} - T_{w2}$ มีค่าสูง) และมีผลต่างของอุณหภูมิต่ออุณหภูมิอากาศภายนอกที่มีค่ามาก ($T_{w1} - T_a$ มีค่ามาก) เนื่องจากเราควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกไม่ได้ ทำให้การเลือกตำแหน่งเริ่มวัดอุณหภูมิควรกระทำที่ท่อต้นทางการไหลจะดีกว่าเริ่มวัดที่ปลายทางของการไหล เพราะที่ต้นทางของการไหลอุณหภูมิจะสูงกว่าและมีการลดลงของอุณหภูมิมากกว่า และถ้าตำแหน่งเริ่มวัดตามแนวแกนคือตำแหน่งเดียวกัน การใช้ท่อที่ยาวมากกว่าก็ยิ่งทำให้การประมาณแม่นยำยิ่งขึ้น เนื่องจาก T_{w1} และ T_{w2} มีค่าความแตกต่างมากขึ้น

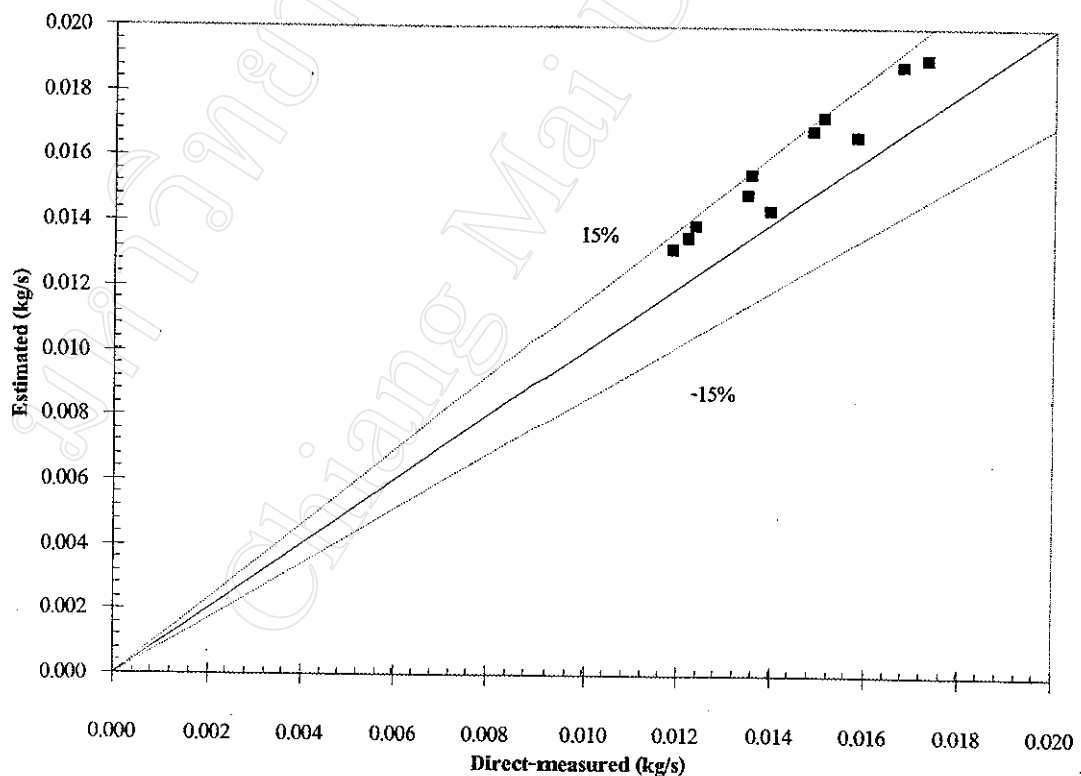


รูป 4.7 แสดงกราฟอิทธิพลของกลุ่มตัวแปรไร้มิติที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์
สำหรับการไหลของอากาศในท่อกลม ขนาด 101.6 มิลลิเมตร (4 นิ้ว)

4.3 ความคลาดเคลื่อนของการประมาณอัตราการไหล กรณีประยุกต์ใช้งานกับอากาศในท่อภาคตัดสี่เหลี่ยมขนาด $101.6 \times 101.6 \text{ mm}^2$ ($4'' \times 4''$) และคำนวณ $\bar{Nu}_D$ โดยใช้ความสัมพันธ์ของท่อกลม

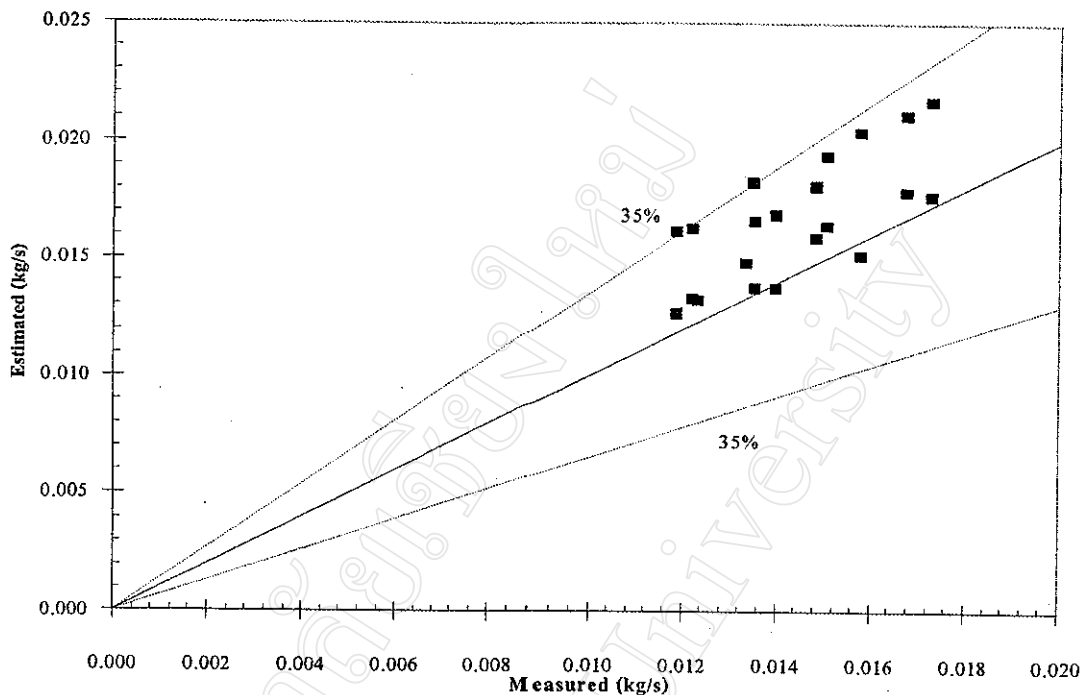
4.3.1 ความยาวท่อที่พิจารณา (L) กับความคลาดเคลื่อน

ความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าอัตราการไหลกรณีนี้สามารถแสดงได้ในรูป 4.8 ถึง 4.9 ซึ่งแสดงถึงการประมาณค่าโดยพิจารณา ใช้ความยาวท่อที่แตกต่างกันคือ 6 เมตร และ 4 เมตร ตามลำดับ โดยอาศัยการสังเกตกราฟทั้ง 2 รูปนี้ เราสามารถบอกได้ว่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมของกรณีใช้ท่อยาว 6 เมตรจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงประมาณ $\pm 15\%$ ส่วนกรณีใช้ท่อยาว 4 เมตร ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิใกล้เคียงกันจะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงไม่เกิน $\pm 35\%$ ซึ่งทำให้เราสรุปความสัมพันธ์กรณีประยุกต์กับอากาศในท่อสี่เหลี่ยม ขนาด $101.6 \times 101.6 \text{ mm}^2$ ได้ว่าที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิใกล้เคียงกัน การเลือกใช้ท่อที่ยาวกว่าย่อมส่งผลให้การประมาณอัตราการไหลแม่นยำกว่า และสิ่งน่าสังเกตอีกอย่างคือค่าที่ได้จากการประมาณมีความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ไปทางค่าบวก นั่นคือค่าจากการประมาณมักจะมากกว่าค่าจริง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการคำนวณค่า $\bar{Nu}_D$ โดยนำความสัมพันธ์ของท่อกลมมาประยุกต์ใช้



รูป 4.8 แสดงกราฟ อัตราการไหลที่วัดโดยตรงเปรียบเทียบกับอัตราการไหลจากการประมาณค่า

สำหรับการไหลของอากาศในท่อสี่เหลี่ยม ขนาด $101.6 \times 101.6 \text{ mm}^2$ ความยาวท่อที่พิจารณา 6 เมตร กรณีคำนวณ $\bar{Nu}_D$ โดยนำความสัมพันธ์ของท่อกลมมาประยุกต์ใช้



รูป 4.9 แสดงกราฟ อัตราการไหลที่วัดโดยตรงเปรียบเทียบกับอัตราการไหลจากการประมาณค่า

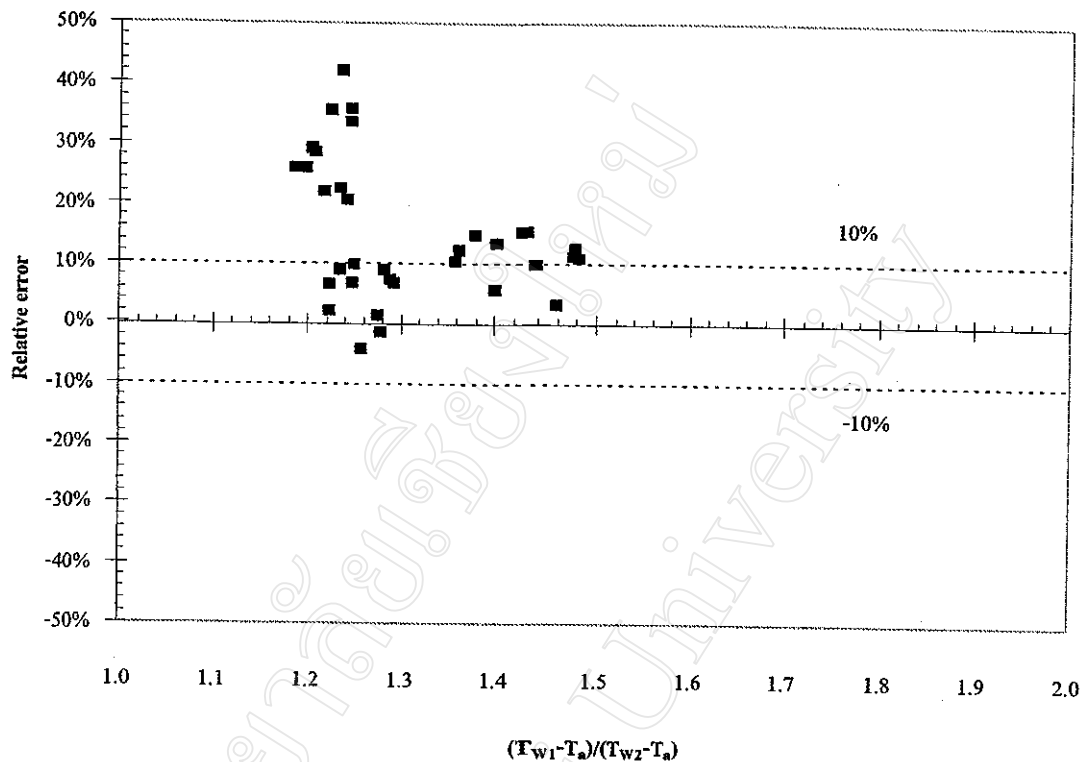
สำหรับการไหลของอากาศในท่อสี่เหลี่ยม ขนาด $101.6 \times 101.6 \text{ mm}^2$ ความยาวที่พิจารณา 4 เมตร
กรณีคำนวณ $\bar{Nu}_D$ โดยนำความสัมพันธ์ของท่อกลมมาประยุกต์ใช้

4.3.2 ปัจจัยหรือตัวแปรที่มีผลสำคัญต่อความคลาดเคลื่อนในการประมาณ

โดยวิธีการเช่นเดียวกันกับ หัวข้อ 4.1.2 เมื่อทดลองทำการสร้างกราฟหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่กล่าวมาทั้งหมดกับความคลาดเคลื่อน เราสามารถรวมกลุ่มตัวแปรให้อยู่ในรูปกลุ่มตัวแปรไร้มิติ (Dimensionless group) และหลังจากทดลองสร้างกราฟแล้วพบว่ากลุ่มตัวแปรที่มีผลต่อแนวโน้มการลดลงของความคลาดเคลื่อนคือ $\left(\frac{T_{w1} - T_a}{T_{w2} - T_a} \right)$ ซึ่งตัวแปรกลุ่มนี้เป็นกลุ่มเดียวกันกับกรณีท่อกลมขนาด 50.8 mm และ 101.6 mm และอิทธิพลของตัวแปรนี้ต่อความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์สามารถแสดงได้ในรูป 4.10

และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกราฟในรูป 4.10 เราจึงอาจกล่าวถึงความคลาดเคลื่อนมีแนวโน้มลดลงภายใน $\pm 10\%$ เมื่อกลุ่มตัวแปร $\left(\frac{T_{w1} - T_a}{T_{w2} - T_a} \right)$ มีค่ามากกว่า 1.4 นอกจากนี้ผลที่ได้จากการประมาณอัตราการไหล ส่วนใหญ่มีแนวโน้มมากกว่าค่าจริง

ซึ่งตามความสัมพันธ์นี้อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า เราสามารถเพิ่มความเที่ยงตรงแม่นยำของการประมาณอัตราการไหลวิธีนี้ได้ด้วยการเลือกตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิให้เป็นช่วงที่มีการลดลงของอุณหภูมิมากๆ ($T_{w1} - T_{w2}$ มีค่าสูง) และมีผลต่างของอุณหภูมิผิวท่อ ณ ทางเข้า กับอุณหภูมิอากาศภายนอกท่อที่มีค่ามาก ($T_{w1} - T_a$ มีค่ามาก) เนื่องจากเราควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกไม่ได้ ทำให้การเลือกตำแหน่งเริ่มวัดอุณหภูมิควร



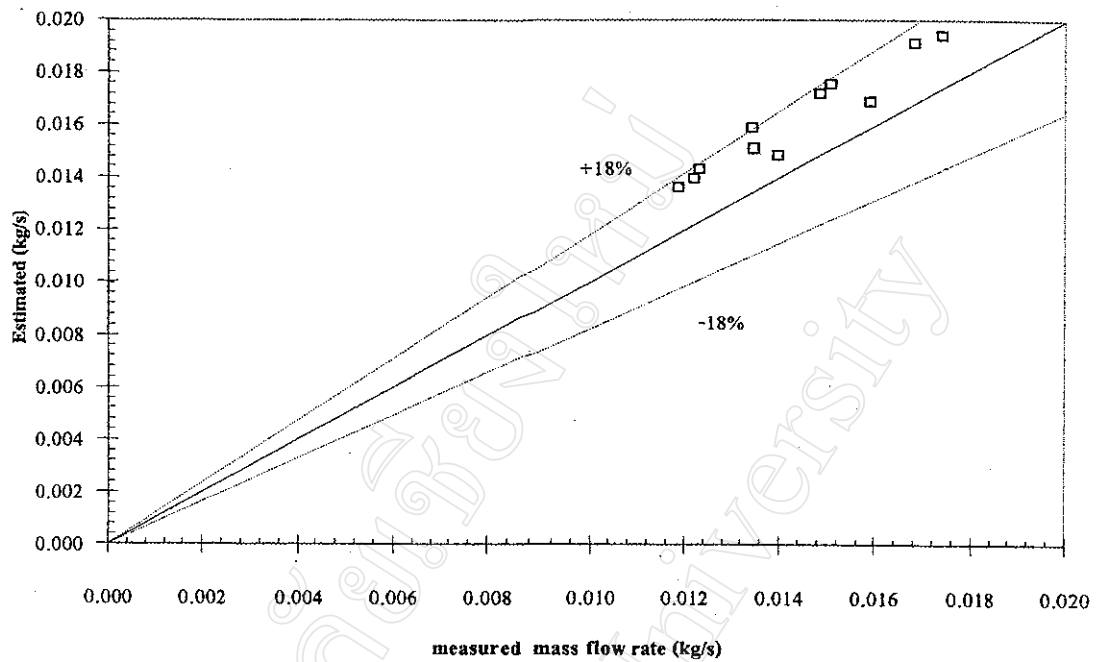
รูป 4.10 แสดงกราฟฟิทธิพลของกลุ่มตัวแปรไร้มิติที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์
สำหรับการไหลของอากาศในท่อสี่เหลี่ยม ขนาด $101.6 \times 101.6 \text{ mm}^2$ ($4'' \times 4''$)
กรณีคำนวณ $\bar{Nu}_D$ โดยนำความสัมพันธ์ของท่อกลมมาประยุกต์ใช้

กระทำที่ท่อต้นทางการไหลจะดีกว่าเริ่มวัดที่ปลายทางของการไหล เพราะที่ต้นทางของการไหลอุณหภูมิจะสูงกว่า และมี การลดลงของอุณหภูมิมากกว่า และถ้าตำแหน่งเริ่มวัดตามแนวแกนคือตำแหน่งเดียวกัน การใช้ท่อที่ยาวมากกว่าก็ยิ่งทำให้การประมาณแม่นยำยิ่งขึ้น เนื่องจาก T_{w1} และ T_{w2} มีค่าความแตกต่างมากขึ้น

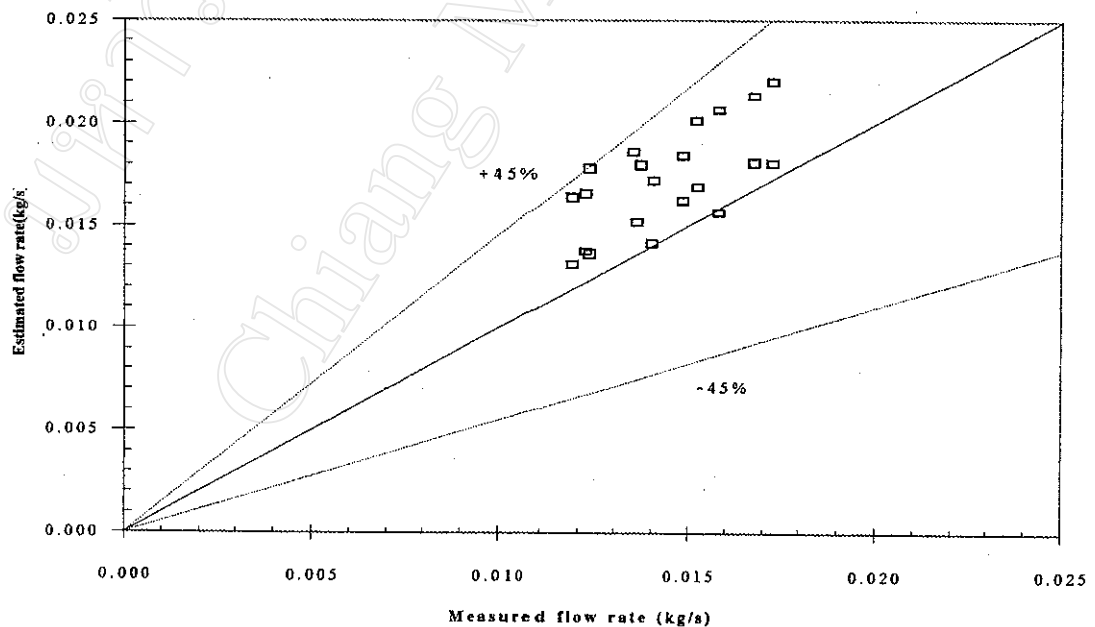
4.4 ความคลาดเคลื่อนของการประมาณอัตราการไหล กรณีประยุกต์ใช้งานกับอากาศในท่อภาคตัดสี่เหลี่ยมขนาด $101.6 \times 101.6 \text{ mm}^2$ ($4'' \times 4''$) และคำนวณ $\bar{Nu}_{DH}$ โดยใช้ความสัมพันธ์ของท่อสี่เหลี่ยม

4.4.1 ความยาวท่อที่พิจารณา (L) กับความคลาดเคลื่อน

ความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าอัตราการไหลกรณีนี้สามารถแสดงได้ในรูป 4.11 ถึง 4.12 ซึ่งแสดงถึงการประมาณค่าโดยพิจารณา ใช้ความยาวท่อที่แตกต่างกันคือ 6 เมตร และ 4 เมตร ตามลำดับ โดยอาศัยการสังเกตกราฟทั้ง 2 รูปนี้ เราสามารถบอกได้ว่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมของกรณีใช้ท่อยาว 6 เมตรจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงไม่เกิน $\pm 18\%$ ส่วนกรณีใช้ ท่อยาว 4 เมตรที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิใกล้เคียงกัน จะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงไม่เกิน $\pm 45\%$ ซึ่งทำให้เราสรุปความสัมพันธ์กรณีประยุกต์กับอากาศในท่อสี่เหลี่ยม ขนาด $101.6 \times 101.6 \text{ mm}^2$ ได้ว่าที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิใกล้เคียงกัน การเลือกใช้ท่อที่ยาว



รูป 4.11 แสดงกราฟ อัตราการไหลที่วัดโดยตรงเปรียบเทียบกับอัตราการไหลจากการประมาณค่า
สำหรับการไหลของอากาศในท่อสี่เหลี่ยม ขนาด $101.6 \times 101.6 \text{ mm}^2$ ความยาวที่พิจารณา 6 เมตร
กรณีคำนวณ $\bar{Nu}_{DH}$ โดยนำความสัมพันธ์ของท่อสี่เหลี่ยมมาประยุกต์ใช้



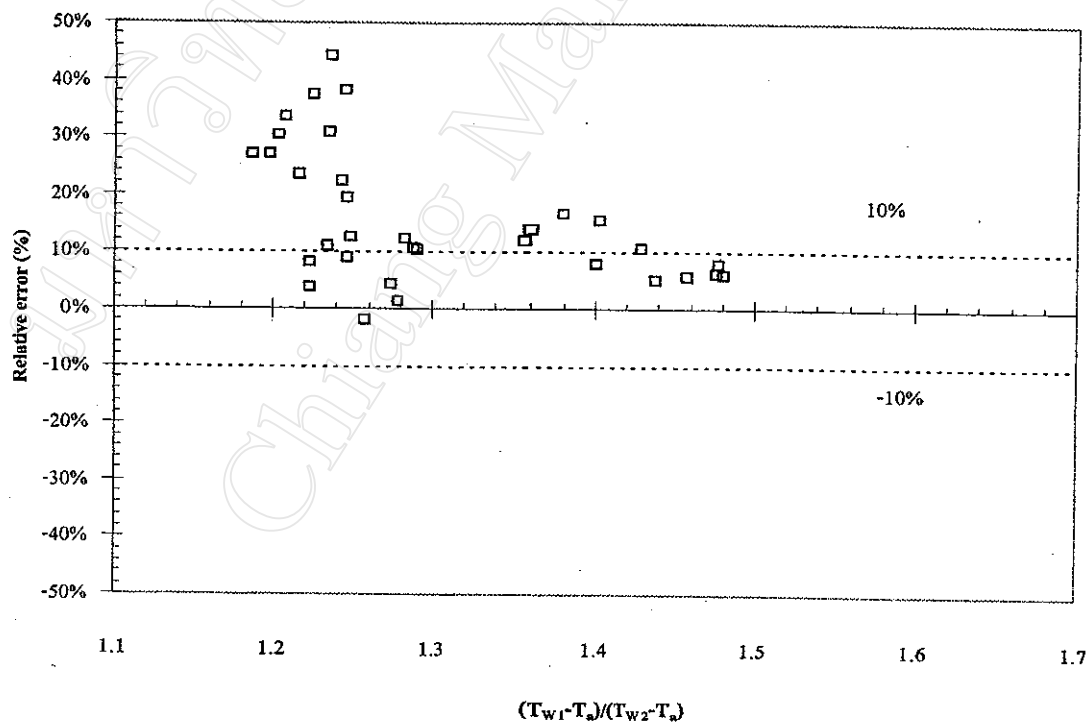
รูป 4.12 แสดงกราฟ อัตราการไหลที่วัดโดยตรงเปรียบเทียบกับอัตราการไหลจากการประมาณค่า
สำหรับการไหลของอากาศในท่อสี่เหลี่ยม ขนาด $101.6 \times 101.6 \text{ mm}^2$ ความยาวที่พิจารณา 4 เมตร
กรณีคำนวณ $\bar{Nu}_{DH}$ โดยนำความสัมพันธ์ของท่อสี่เหลี่ยมมาประยุกต์ใช้

กว่าย่อมส่งผลให้การประมาณอัตราการไหลแม่นยำกว่า และสิ่งน่าสังเกตอีกอย่างคือค่าที่ได้จากการประมาณมีความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ไปทางค่าบวก นั่นคือค่าจากการประมาณมักจะมากกว่าค่าจริง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการคำนวณค่า Nu_{DH} ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยตลอดภาคตัด แต่ในทางปฏิบัติแล้วค่า Nu_{DH} สำหรับท่อสี่เหลี่ยมจะมีค่าไม่เท่ากันตลอดภาคตัดโดยจะมีค่าน้อยที่บริเวณมุมเหลี่ยมของภาคตัด (Incropera and DeWitt, 1990) ซึ่งจะเป็นผลให้อุณหภูมิผิวท่อมี่ค่าแตกต่างกัน ตามเส้นรอบวงท่อ และด้วยเหตุนี้เองจึงอาจทำให้การวัดอุณหภูมิที่ผิวท่อผิดเพี้ยนไปจากค่าที่ควรจะเป็น

4.4.2 ปัจจัยหรือตัวแปรที่มีผลสำคัญต่อความคลาดเคลื่อนในการประมาณ

โดยวิธีการเช่นเดียวกันกับ หัวข้อ 4.1.2 เราสามารถรวมกลุ่มตัวแปรให้อยู่ในรูปกลุ่มตัวแปรไร้มิติ (Dimensionless group) และหลังจากทดลองสร้างกราฟแล้วพบว่ากลุ่มตัวแปรที่มีผลต่อแนวโน้มการลดลงของความคลาดเคลื่อนคือ $\left(\frac{T_{w1} - T_a}{T_{w2} - T_a} \right)$ ซึ่งตัวแปรกลุ่มนี้เป็นกลุ่มเดียวกันกับกรณีท่อกลมขนาด 50.8mm และ 101.6 mm โดยที่อิทธิพลของตัวแปรนี้ต่อความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์สามารถแสดงได้ในรูป 4.13

และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกราฟในรูป 4.13 เราจึงอาจกล่าวความคลาดเคลื่อนมีแนวโน้มลดลงอยู่ใน $\pm 10\%$ เมื่อกลุ่มตัวแปร $\left(\frac{T_{w1} - T_a}{T_{w2} - T_a} \right)$ มีค่ามากกว่า 1.4 นอกจากนี้ผลที่ได้จากการประมาณอัตราการไหล ส่วนใหญ่มีแนวโน้มมากกว่าค่าจริง



รูป 4.13 แสดงกราฟอิทธิพลของกลุ่มตัวแปรไร้มิติที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

สำหรับการไหลของอากาศในท่อสี่เหลี่ยม ขนาด $101.6 \times 101.6 \text{ mm}^2$

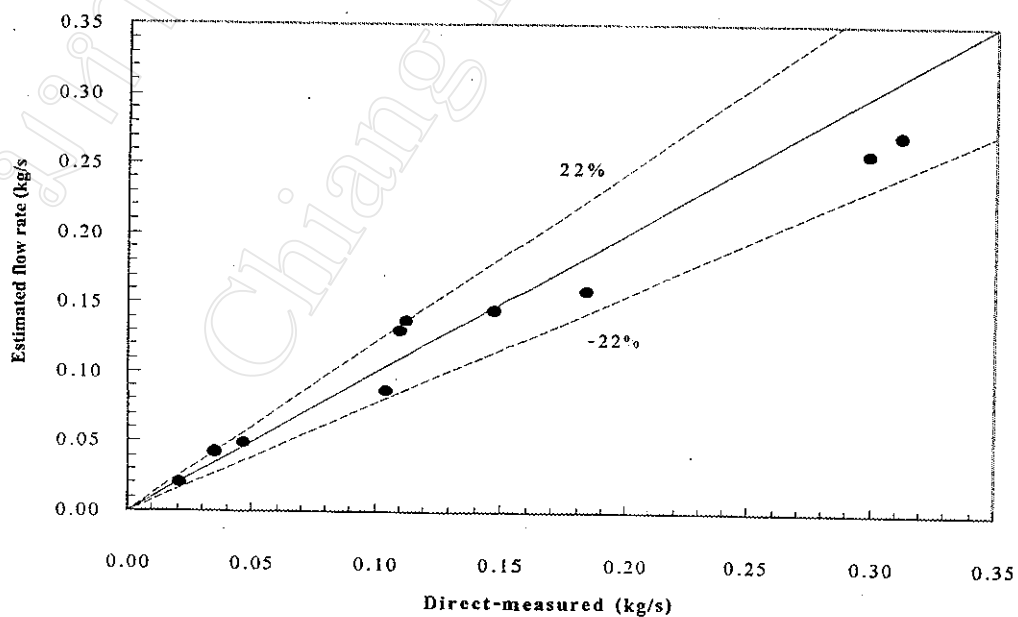
กรณีคำนวณ Nu_D โดยนำความสัมพันธ์ของท่อเหลี่ยมมาประยุกต์ใช้

ซึ่งตามความสัมพันธ์นี้อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า เราสามารถเพิ่มความเที่ยงตรงแม่นยำของการประมาณอัตราการไหลวิธีนี้ได้ด้วยการเลือกตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิให้ เป็นช่วงที่มีการลดลงของอุณหภูมิมากๆ ($T_{w1}-T_{w2}$ มีค่าสูง) และมีผลต่างของอุณหภูมิผิวท่อ ณ ทางเข้า กับอุณหภูมิอากาศภายนอกท่อที่มีค่ามาก ($T_{w1}-T_a$ มีค่ามาก) เนื่องจากเราควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกไม่ได้ ทำให้การเลือกตำแหน่งเริ่มวัดอุณหภูมิควรกระทำที่ท่อต้นทางการไหลจะดีกว่าเริ่มวัดที่ปลายทางของการไหล เพราะที่ต้นทางของการไหลอุณหภูมิจะสูงกว่า และมีการลดลงของอุณหภูมิมากกว่า และถ้าตำแหน่งเริ่มวัดตามแนวแกนคือตำแหน่งเดียวกัน การใช้ท่อที่ยาวมากกว่าก็ยิ่งทำให้การประมาณแม่นยำยิ่งขึ้น เนื่องจาก T_{w1} และ T_{w2} มีค่าความแตกต่างมากขึ้น

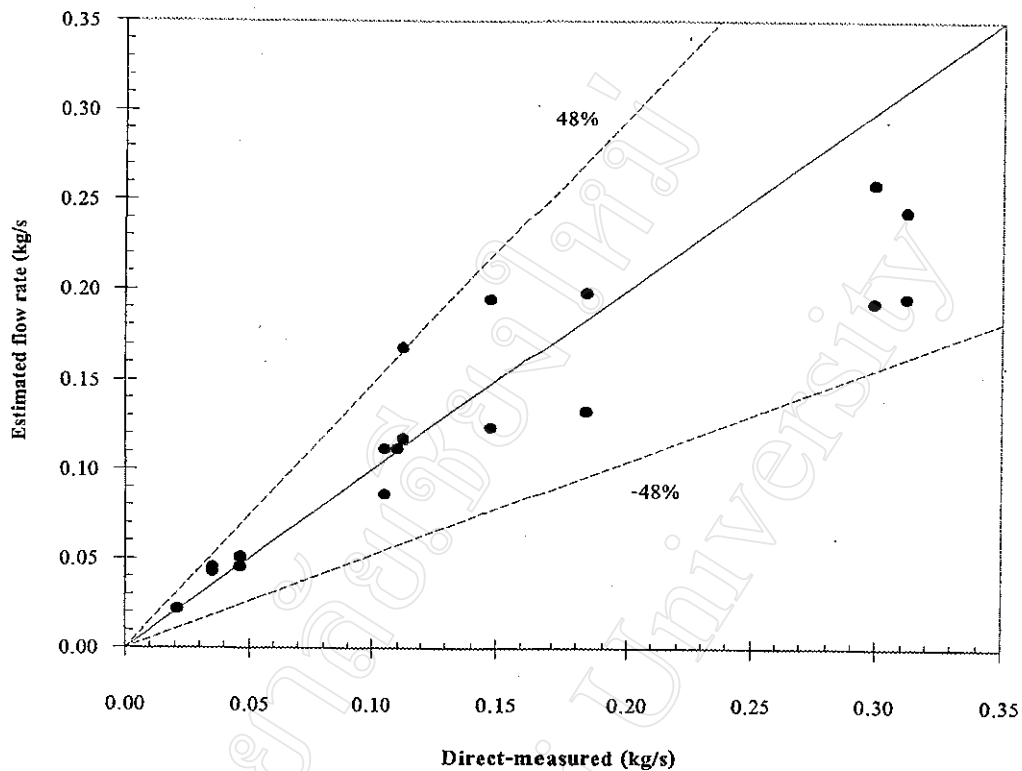
4.5 ความคลาดเคลื่อนของการประมาณอัตราการไหล กรณีประยุกต์ใช้งานกับน้ำมันไหลในท่อกลม ขนาด 25.4 มิลลิเมตร (1") และหุ้มฉนวน

4.5.1 ความยาวท่อที่พิจารณา (L) กับความคลาดเคลื่อน

ความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าอัตราการไหลกรณีนี้สามารถแสดงได้ในรูป 4.14 ถึง 4.15 ซึ่งแสดงถึงการประมาณค่าโดยพิจารณา ใช้ความยาวท่อที่แตกต่างกันคือ 4 เมตร และ 3 เมตร ตามลำดับ หลังจากการสังเกตกราฟทั้ง 2 รูปนี้แล้ว เราสามารถบอกได้ว่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมของกรณีใช้ท่อยาว 4 เมตรจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงประมาณ $\pm 22\%$ ส่วนกรณีใช้ท่อยาว 3 เมตรที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิใกล้เคียงกันจะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงประมาณ $\pm 48\%$ ซึ่งทำให้เราสรุปความสัมพันธ์กรณีประยุกต์กับน้ำมันในท่อกลม ขนาด 25.4 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) ได้ว่าที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิใกล้เคียงกัน การเลือกใช้ท่อที่ยาวกว่าย่อมส่งผลให้การประมาณอัตราการไหลแม่นยำกว่า



รูป 4.14 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลที่วัดโดยตรงกับอัตราการไหลจากการประมาณค่า สำหรับการไหลของน้ำมันในท่อกลมขนาด 25.4 mm (1") ความยาวที่พิจารณา 4 เมตร



รูป 4.15 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลที่วัดโดยตรง กับอัตราการไหลจากการประมาณค่า สำหรับการไหลของน้ำมันในท่อกลมขนาด 25.4 mm (1 นิ้ว) ความยาวที่พิจารณา 3 เมตร

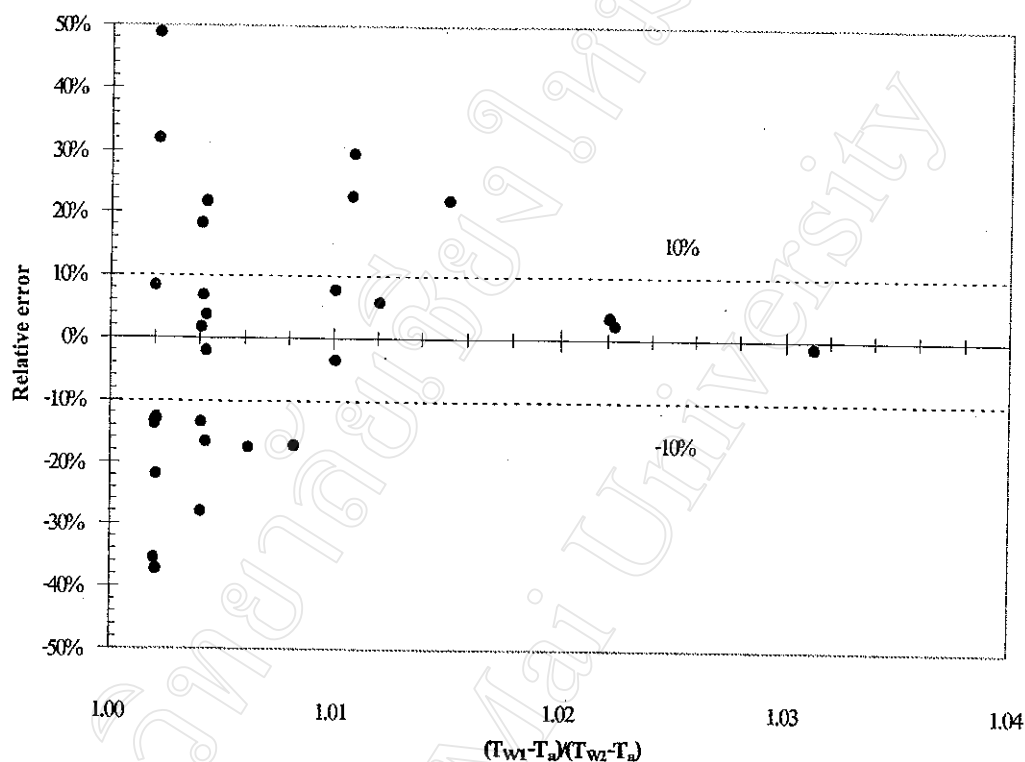
4.5.2 ปัจจัยหรือตัวแปรที่มีผลสำคัญต่อความคลาดเคลื่อนในการประมาณ

โดยวิธีการเช่นเดียวกันกับ หัวข้อ 4.1.2 เราสามารถรวมกลุ่มตัวแปรให้อยู่ในรูปกลุ่มตัวแปรไร้มิติ (Dimensionless group) และหลังจากทดลองสร้างกราฟแล้วพบว่ากลุ่มตัวแปรที่มีผลต่อแนวโน้มการลดลงของความคลาดเคลื่อนคือ $\left(\frac{T_{w1} - T_a}{T_{w2} - T_a} \right)$ ซึ่งตัวแปรกลุ่มนี้เป็นกลุ่มเดียวกันกับกรณีท่อกลมขนาด 50.8 mm,

101.6 mm และท่อเหลี่ยม 101.6×101.6 mm² โดยที่อิทธิพลของตัวแปรนี้ต่อความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์สามารถแสดงได้ในรูป 4.16 และเช่นเดียวกันเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกราฟในรูป 4.16 เราจึงอาจกล่าวถึงความคลาดเคลื่อนมีแนวโน้มลดลงอยู่ภายใน $\pm 10\%$ เมื่อกลุ่มตัวแปร $\left(\frac{T_{w1} - T_a}{T_{w2} - T_a} \right)$ มีค่ามากกว่า 1.02 ซึ่งตามความ

สัมพันธ์นี้อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า เราสามารถเพิ่มความเที่ยงตรงแม่นยำของการประมาณอัตราการไหลวิธีนี้ได้ด้วยการเลือกตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิเพื่อให้เป็นช่วงที่มีการลดลงของอุณหภูมิมากๆ ($T_{w1} - T_{w2}$ มีค่าสูง) และมีผลต่างของอุณหภูมิผิวท่อ ณ ทางเข้า กับอุณหภูมิอากาศภายนอกท่อที่มีค่ามาก ($T_{w1} - T_a$ มีค่ามาก) เนื่องจากเราควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกไม่ได้ ทำให้การเลือกตำแหน่งเริ่มวัดอุณหภูมิควรกระทำที่ต่อต้านทางการไหลจะดีกว่า เริ่มวัดที่ปลายทางการไหล เพราะที่ต้นทางของการไหลอุณหภูมิจะสูงกว่าและมีการลดลงของอุณหภูมิมาก

กว่า และถ้าตำแหน่งเริ่มวัดตามแนวแกนคือตำแหน่งเดียวกัน การใช้ท่อที่ยาวมากกว่าก็ยิ่งทำให้การประมาณแม่นยำยิ่งขึ้น เนื่องจาก T_{w1} และ T_{w2} มีค่าความแตกต่างมากขึ้น



รูป 4.16 แสดงกราฟอิทธิพลของกลุ่มตัวแปรไร้มิติที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ สำหรับการไหลของน้ำมันในท่อกลม ขนาด 25.4 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) Һุ่มฉนวน

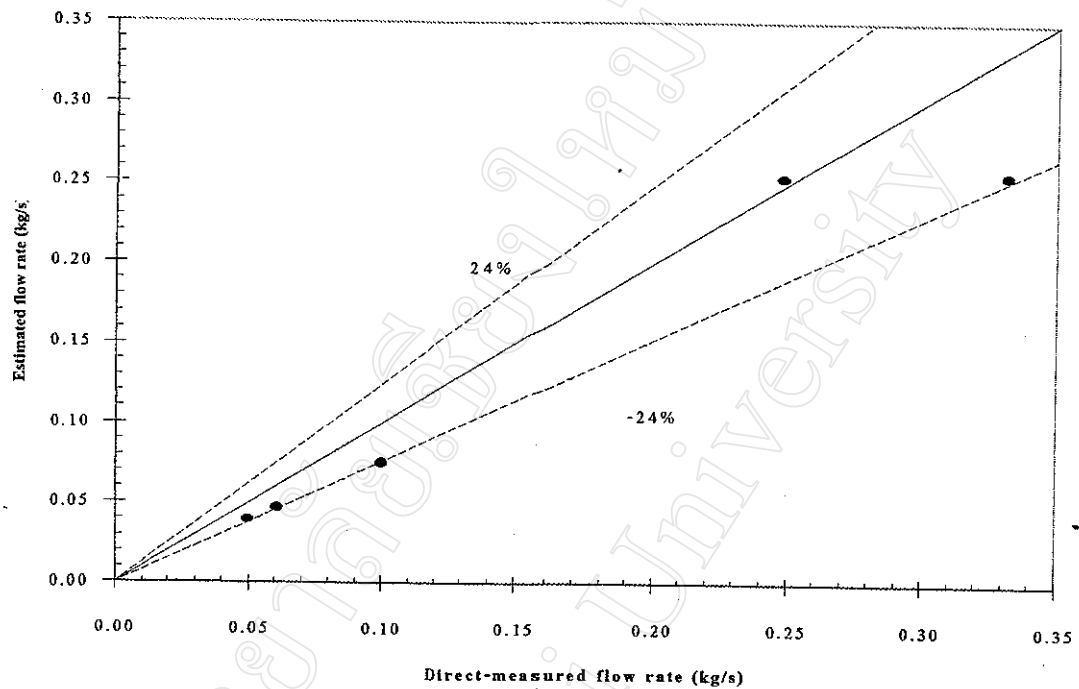
4.6 ความคลาดเคลื่อนของการประมาณอัตราการไหล กรณีประยุกต์ใช้งานกับน้ำไหลในท่อกลม ขนาด 25.4 มิลลิเมตร (1") และไม่หุ้มฉนวน

4.6.1 ความยาวท่อที่พิจารณา (L) กับความคลาดเคลื่อน

สำหรับการประมาณอัตราการไหลของน้ำในท่อหุ้มฉนวนค่อนข้างยุ่งยากเพราะความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (C_p) มีค่าสูงกว่าของไหลประเภทอื่นๆ เป็นเหตุให้อุณหภูมิของน้ำลดลงน้อยมาก เราจึงต้องประยุกต์วิธีการประมาณอัตราการไหลโดยอาศัยท่อที่ไม่มีฉนวนหุ้มอยู่ซึ่งในการไหลกรณีนี้อุณหภูมิจะเริ่มลดลงจนสามารถทำการคำนวณได้เมื่อใช้ท่อที่ยาวมากกว่า 4 เมตร

ความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าอัตราการไหลกรณีนี้สามารถแสดงได้ในรูป 4.17 โดยใช้ความยาวท่อ 4 เมตร หลังจากการสังเกตกราฟ เราสามารถบอกได้ว่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมของกรณีใช้ท่อยาว 4 เมตรจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงประมาณ $\pm 24\%$ และอาจกล่าวได้ว่ากรณีประมาณอัตราการไหลเชิงมวล

ของน้ำด้วยวิธีนี้ยังคงมีความแม่นยำพอสมควรแต่มีข้อยุ่งยากในการปฏิบัติที่ต้องทำการวัดกับท่อเปลี่ยนที่ระยะทางยาวมาก



รูป 4.17 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลจากการวัดโดยตรงกับค่าที่ประมาณได้
สำหรับการไหลของน้ำในท่อกลม ขนาด 25.4 mm (1 นิ้ว) ไม่หุ้มฉนวน ท่อยาว 4 เมตร