

การลดแรงต้านอากาศของรถยนต์ด้วยแพนอากาศ

Drag reduction in car using airfoil

ลักษณะ ภารัตน์วงศ์, ภาณุพงศ์ คงเพชร และ ทวีช จิตรสมบุญ*

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

*ติดต่อ: E-mail: tawit.boon@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 0-4422-4414, เบอร์โทรสาร 0-4422-4613

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของแพนอากาศที่มีต่อรถยนต์ โดยการติดแพนอากาศที่บริเวณกระโปรงหน้า และเหนือหลังคาห้องผู้โดยสาร รถที่ใช้เป็นกรณีศึกษาคือรถกระบะโตโยตา ไฮลักซ์ วีโก การเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว จะทำให้อากาศที่ไหลผ่านด้านหลังรถกระบะมีการไหลแบบปั่นป่วนและเกิดการหมุนวนที่ท้ายห้องโดยสาร ส่งผลให้เกิดแรงต้านอากาศสูง แต่เมื่อทำการติดแพนอากาศจะส่งผลให้การไหลมีการจัดเรียงตัวที่ดีขึ้นและคลื่นวนท้ายมีขนาดลดลง ทำให้ลดแรงต้านอากาศ ได้ทำการศึกษาในกรณีต่างๆ เช่น การปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางแพนอากาศ จำนวนแพนอากาศ ตำแหน่งระยะห่างที่ใช้ติดตั้งแพนอากาศ จำนวนของแพนอากาศ รวมถึงมุมปะทะของแพนอากาศ วิธีการศึกษาคือการคำนวณเชิงตัวเลขโดยใช้โปรแกรม Gambit 2.4.6 และ Fluent 6.3.26 จำลองการไหลเป็นแบบ 2 มิติ ศึกษาที่ความเร็วรถ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยสมมติว่าเป็นการไหลแบบปั่นป่วน ที่ไม่อัดตัว (incompressible flow) จากการศึกษาพบว่า การติดแพนอากาศสามารถลดแรงต้านอากาศได้จริง จึงทำให้ลดพลังงานจากเครื่องยนต์ และช่วยประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้

คำหลัก: รถยนต์ติดแพนอากาศ, การลดแรงต้านอากาศในรถยนต์, การช่วยประหยัดพลังงานของรถยนต์

Abstract

This work studied the effects of airfoils on pick up truck's aerodynamic. The airfoils were installed on front hood and above roof top. The studied car was a Toyota Hilux Vigo pick-up truck. When a pick-up truck moves without cargo, flow around it becomes turbulent and recirculate behind the cabin, resulting into a high drag force. But with the assistance of airfoils turbulence and recirculation are reduced, hence the reduction of drag force. The study was carried out in various configurations such as: airfoil positions, number of airfoils, angles of attack, gaps between airfoil and roof top. Computational Fluid Dynamics was used to carried out this study. Commercial softwares, Gambit 2.4.6 and Fluent 6.3.26, were employed. The simulation was done in 2 dimension, speed of car was 100 km/hr and flow was assumed to be turbulent and incompressible. Result of the study revealed that properly installed airfoils could indeed help reduce drag on the car, thus help reduce the fuel consumption.

Keywords: Airfoil assisted car, drag reduction in car, fuel economy for car

TSF-2010

1. บทนำ

รถกระบะถูกออกแบบมาเพื่อจุดประสงค์หลักในการบรรทุกสิ่งของ แต่จากการสังเกตพบว่ารถกระบะที่วิ่งบนท้องถนนมักไม่ค่อยได้บรรทุกสิ่งของที่บริเวณกระบะท้าย รถกระบะที่ไม่มีการบรรทุกสิ่งของ ทำให้ตัวกระบะรถเป็นเสมือนช่องว่างเมื่ออากาศไหลผ่านตัวรถทำให้เกิดการหมุนวนท้ายกระบะ และยังเกิดกระแสอากาศปั่นป่วน ทำให้เกิดแรงต้านอากาศของตัวรถมากขึ้น และทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการขับเคลื่อน ส่งผลให้สูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น

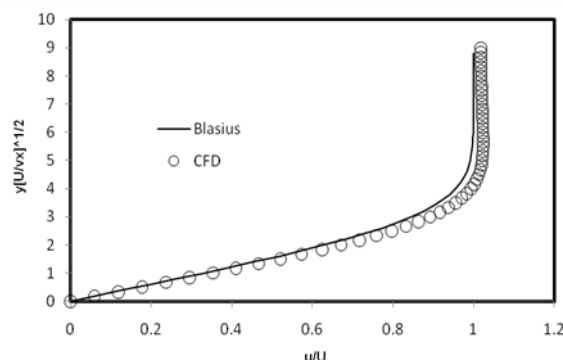
จากการศึกษาด้านอากาศพลศาสตร์สำหรับรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กโดยวิธีจำลองเชิงตัวเลข [1] พบว่าการปรับปรุงท้ายกระบะที่ทำให้การไหลราบเรียบมากขึ้นจะส่งผลให้สัมประสิทธิ์แรงต้านลดลง และจากการศึกษาแรงต้านและแรงกดอากาศผ่านรถแข่ง [2] ที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งสปอยเลอร์ พบว่าเมื่อมีการติดตั้งสปอยเลอร์ทำให้ค่าแรงต้านอากาศและสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศสูงขึ้น การวิเคราะห์การไหลของอากาศรอบรถยนต์นั่ง [3] พบว่าการปรับปรุงทรงของรถยนต์มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านลดลงเช่นกัน

ในงานวิจัยนี้มีแนวคิดให้มีการติดแพนอากาศเข้าไปบริเวณส่วนหลังคาของรถกระบะเพื่อทำการจัดเรียงกระแสอากาศที่ไหลเข้าไปที่กระบะท้าย ซึ่งส่งผลให้การไหลมีการหมุนตัวและมีความปั่นป่วนน้อยลง เกิดแรงต้านอากาศน้อยลง ทำให้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันลดลง

2. วิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Gambit ในการสร้างกริด และใช้โปรแกรม Fluent ในการคำนวณอากาศพลศาสตร์ที่ไหลรอบตัวรถพร้อมกับการติดตั้งแพนอากาศบนหลังคา ก่อนอื่นได้ทดสอบความถูกต้องของการใช้งานโปรแกรมเพื่อทดสอบความสามารถของโปรแกรมและความสามารถของนักวิจัยในการทำงาน ด้วยการจำลองการไหลอย่างง่ายคือ การไหล

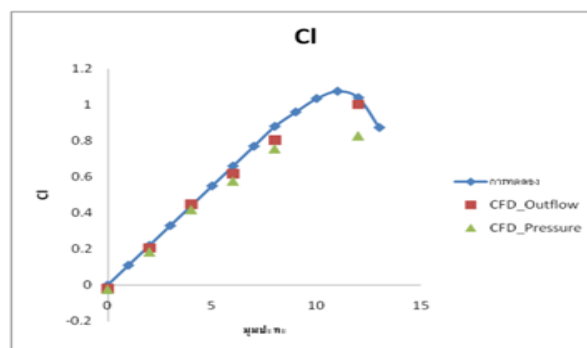
แบบราบเรียบผ่านชั้นขีดผิว และเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบกับผลเฉลยของ Blasius ซึ่งจากรูปที่ 1 จะเห็นว่าให้ผลเฉลยที่แม่นยำพอควร



รูปที่ 1 ผลเฉลยจากการคำนวณเทียบกับคำตอบของบลาลเซียส

ความแตกต่างที่เกิดขึ้นเล็กน้อย อาจมีข้อผิดพลาดของทั้งสองระบบ แต่อาจเป็นเพราะว่าผลเฉลยบลาลเซียสมาจากสมการลดรูปของชั้นขีดผิว แต่ผลเฉลยเชิงตัวเลขมาจากสมการนาเวียร์-สโตกแบบเต็มรูป

จากนั้นทำการทดสอบคำนวณการไหลแบบ 2 มิติผ่านแพนอากาศ NACA 0012 เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง ซึ่งก็ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ (ดังรูปที่ 2)

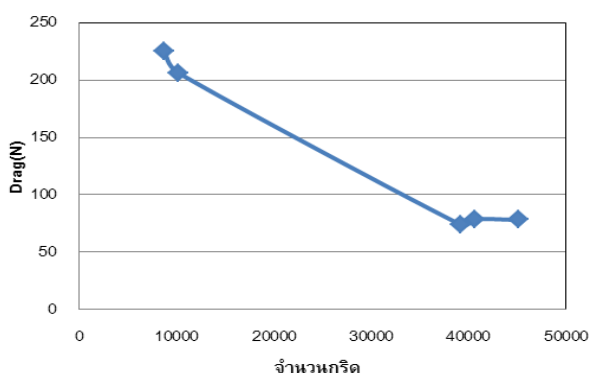


รูปที่ 2 ผลการคำนวณหาสัมประสิทธิ์แรงยกบนแพนอากาศ NACA 0012 เทียบกับผลการทดลอง โดยใช้ค่าขอบเขตแบบ outflow และแบบกำหนด pressure

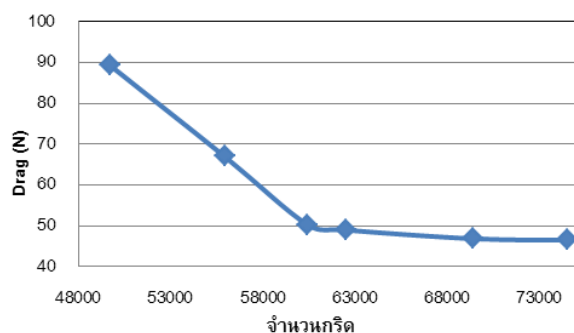
TSF-2010

จากนั้นใช้โปรแกรม SolidWorks ในการสร้างโดเมน 2 มิติ ครบรอบกระบะ Toyota Hilux Vigo ที่มีแพนอากาศและไม่มีแพนอากาศ และใช้โปรแกรม Gambit 2.4.6 สร้าง Grid ภายในโดเมนเป็นกริดแบบสี่เหลี่ยม สำหรับค่าขอบเขต (Boundary Conditions) กำหนดให้ที่ทางเข้าโดเมนเป็น velocity inlet ที่ด้านล่างของโดเมนและรอบคันรถเป็น wall และที่ทางออกเป็น outflow

ได้ทำการจำลองการไหลโดยใช้โปรแกรม Fluent 6.3.26 โดยกำหนดความเร็วที่ทางเข้าเป็น 100 กม. ต่อ ชม. จากนั้นคำนวณการไหลผ่านรถกระบะที่ยังไม่มีการติดตั้งแพนอากาศ ก่อนอื่นได้ทดลองปรับจำนวนกริดให้มีความละเอียดแตกต่างกัน เพื่อหาจำนวน grid ที่จะทำให้คำตอบไม่เปลี่ยนแปลง ได้ผลดังรูปที่ 3 และ 4



รูปที่ 3 ค่าแรงจุดที่เปลี่ยนไปตามจำนวนกริดของการคำนวณกรณีไม่ติดแพนอากาศ



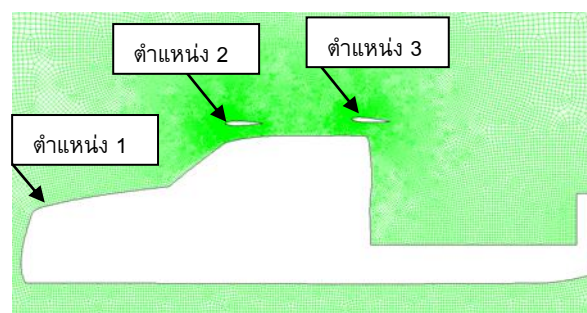
รูปที่ 4 ค่าแรงจุดที่เปลี่ยนไปตามจำนวนกริดของการคำนวณกรณีติดติดแพนอากาศ

ซึ่งจะเห็นได้ว่ากรณีไม่ติดแพนอากาศต้องการจำนวนกริดอย่างน้อย 40,000 กริด ส่วนกรณีติดแพนอากาศต้องการจำนวนกริดมากขึ้นถึง 60,000 กริด เห็นได้ว่าจำนวนกริดที่น้อยเกินไปอาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในผลลัพธ์ได้มากถึง 100%

ต่อไปได้ทำการจำลองการไหลของอากาศผ่านรถกระบะที่ไม่มีการติดแพนอากาศ โดยใช้ Inviscid model, Laminar model, Spalart-Allmaras turbulence model และ k-epsilon turbulence model เพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ จากการทดลองทั้งหมดพบว่า Spalart-Allmaras Model ให้คำตอบที่เสถียรที่สุด อีกทั้งยังเป็นแบบที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในวรรณกรรม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แบบจำลองความปั่นป่วนนี้

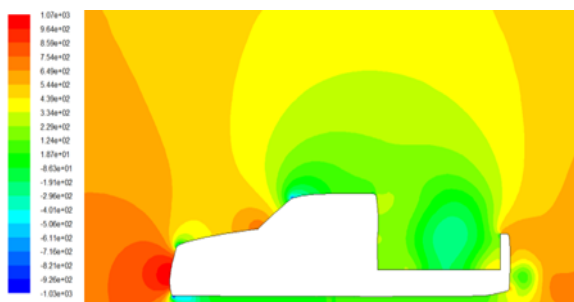
3. ผลลัพธ์และการวิจารณ์

ได้ทำการทดลองติดแพนอากาศที่บริเวณ 3 ตำแหน่ง (ดังรูปที่ 5) คือที่ด้านหน้าหม้อรถ (ตำแหน่งที่ 1 บริเวณหม้อน้ำ) ที่หลังคาแก่งด้านหน้า (ตำแหน่งที่ 2) และที่หลังคาแก่งด้านหลัง (ตำแหน่งที่ 3) ตัวอย่างเส้นแนวความดันเท่า (pressure contours) กรณีไม่ติดแพนอากาศ และติดแพนอากาศที่ตำแหน่ง 3 เป็นดังในรูปที่ 6 และ 7



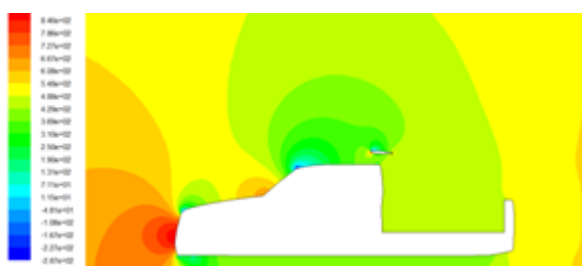
รูปที่ 5. ตำแหน่งการวางแพนอากาศ

TSF-2010



รูปที่ 6 ย่านความดันเท่ากรณีไม่ติดแพนอากาศ

ในการเปรียบเทียบครั้งแรก จะทำการเปรียบเทียบกรณีไม่ติดแพนอากาศ กับกรณีติดแพนอากาศที่ตำแหน่ง 3 โดยกำหนดระยะห่างระหว่างแพนอากาศกับหลังคารถยนต์เป็น $\frac{1}{4}$ ของความสูงหน้ารถยนต์ (ไม่มีเหตุผลพิเศษ เป็นเพียงการเริ่มต้นค่าทดลองที่ยังอิงมิติของรถยนต์เท่านั้น) มุมปะทะ 2, 4 และ 8 องศา พบว่าการติดแพนอากาศนั้น ในกรณีที่ดียิ่งที่สุดทำให้แรงเสียดทานอากาศลดลงเหลือ 46.85 N (จากเดิม 238 N) ซึ่งลดลงถึง 80% ส่วนที่ระยะห่างระหว่างแพนอากาศกับหลังคารถยนต์เป็นระยะ $\frac{1}{5}$ ที่มุมปะทะ 8 องศา ทำให้แรงเสียดทานอากาศลดลงเหลือ 54.65 N ซึ่งลดลง 77%



รูปที่ 7 ย่านความดันเท่ากรณีติดแพนอากาศที่ตำแหน่ง 3

ในกรณีที่ 2 เมื่อติดตั้งแพนอากาศจำนวน 2 ตัว ที่ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ที่ระยะห่างระหว่างแพนอากาศกับหลังคารถยนต์เป็นระยะ $\frac{1}{4}$ ของความสูงหน้ารถยนต์ โดยที่แพนอากาศตัวที่ 2 มีมุมปะทะเท่ากับ 0 องศา จะได้ย่านความดันเท่าดังรูปที่ 8

ตารางที่ 1 แสดงค่าแรงต้านอากาศเมื่อไม่ได้ติดแพนอากาศและติดแพนอากาศจำนวน 1 ตัว ที่ตำแหน่ง 3

Drag (N)	α_3	ติดแพนอากาศที่ตำแหน่งที่ 3 จำนวน 1 ตัว					
		1/4 ของความสูงหน้ารถ			1/5 ของความสูงหน้ารถ		
		Drag	ลดลง	%	Drag	ลดลง	%
238.09	2°	77.60	160.48	67	80.96	157.13	65
	4°	65.59	172.50	72	68.79	169.29	71
	8°	46.85	191.24	80	54.65	183.43	77

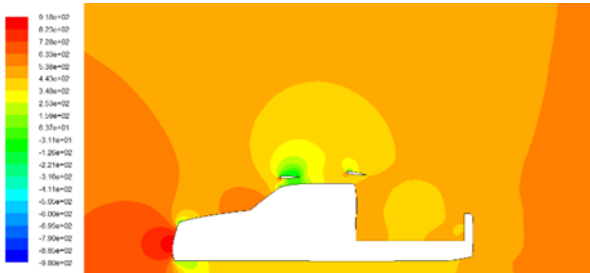
สำหรับค่าตัวเลขการคำนวณในกรณีนี้ปรากฏดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าแรงต้านอากาศเมื่อติดแพนอากาศ 2 ตัว ที่ตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3

α_2	α_3	ติดแพนอากาศที่ตำแหน่งที่ 2 และ 3					
		1/4 ของความสูงหน้ารถ			1/5 ของความสูงหน้ารถ		
		Drag	ลดลง	%	Drag	ลดลง	%
0°	2°	80.57	157.51	66	113.54	124.55	52
0°	4°	116.90	121.19	50	79.73	158.35	66
0°	8°	119.17	118.91	49	62.79	175.29	73

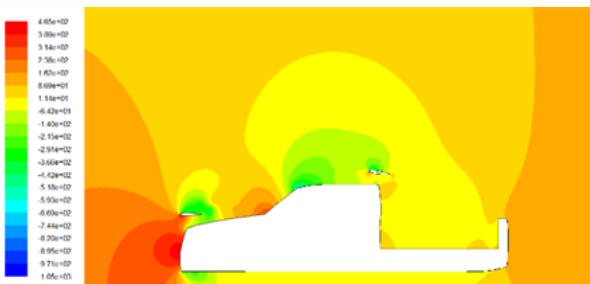
จุดที่ดียิ่งที่สุดสำหรับกรณีนี้คือที่แพนอากาศตำแหน่ง 3 มีมุมปะทะ 2 องศาทำให้แรงเสียดทานอากาศลดลงเหลือ 80.57 N ซึ่งลดแรงจุดลงได้ 66% ส่วนที่ระยะห่างระหว่างแพนอากาศกับหลังคารถยนต์เป็นระยะ $\frac{1}{5}$ ของความสูงหน้ารถยนต์ (ได้ทำการหา Grid Independency พบว่า จำนวน Grid ที่น้อยที่สุดที่ไม่ทำให้ผลลัพธ์เปลี่ยนแปลงคือ 84,000 Grids) พบว่าจุดที่ดียิ่งที่สุดคือมุมปะทะตำแหน่ง 3 ที่ 8 องศา ซึ่งลดแรงเสียดทานอากาศได้มากกว่าคือ 73% แต่อย่างไรก็ยังคงต่ำกว่ากรณีแรกที่สุดได้ถึงประมาณ 80%

TSF-2010



รูปที่ 8 ย่านความดันเท่ากรณีติดแพนอากาศ
ที่ตำแหน่ง 2 และ 3

ในการทดลองกรณีนี้ 3 ได้ติดตั้งแพนอากาศที่
ตำแหน่ง 1 และ 3 ผลเฉลยย่านความดันดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ย่านความดันเท่ากรณีติดแพนอากาศที่
ตำแหน่ง 1 และ 3

สำหรับผลตัวเลขการคำนวณดังปรากฏในตารางที่
3

ตารางที่ 3 ค่าแรงต้านอากาศเมื่อติดแพนอากาศ 2 ตัว
ที่ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3

α_1	α_3	ติดแพนอากาศที่ตำแหน่ง ที่ 1 และ 3		
		1/4 ของความสูงหน้ารถ		
		Drag	ลดลง	%
0°	2°	116.93	121.15	50
0°	4°	127.95	110.13	46
0°	8°	94.64	143.44	60

ระยะห่างระหว่างแพนอากาศกับหลังคารถยนต์
เป็นระยะ 1/4 ของความสูงหน้ารถ โดยที่แพน

อากาศตัวที่ 1 มีมุมปะทะเท่ากับ 0 องศา เท่านั้น ส่วน
แพนอากาศที่ตำแหน่ง 3 มีมุมปะทะ 2, 4 และ 8
องศา เหมือนเช่นเคย เห็นได้ชัดว่าที่แพนอากาศ
ตำแหน่ง 3 มุมปะทะ 8 องศา เป็นกรณีที่ดีที่สุด ทำให้
แรงเสียดทานอากาศลดลงเหลือ 94.64 N ซึ่งลดลง
60% ซึ่งเป็นสิ่งน่าแปลกแรงเสียดทานมากขึ้นกว่า
การทดลองในกรณีที่ 1 อาจเป็นเพราะว่าแพนอากาศ
ที่ตำแหน่ง 1 ไปรบกวนให้อากาศเกิดการหมุนตัวมาก
ขึ้น ทำให้เกิดคลื่นรบกวนและเพิ่มแรงเสียดทาน

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้พบว่าการติดแพนอากาศสามารถ
ช่วยลดแรงเสียดทานอากาศของรถกระบะลงได้มากถึง
ประมาณ 80% โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการติดบริเวณ
ด้านท้ายของหลังคาเก๋งนั่ง ซึ่งจะช่วยประหยัดน้ำมัน
เชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังจะส่งผลโดยอ้อมให้เกิดความ
เสถียรทางอากาศพลศาสตร์มากขึ้น และน่าจะช่วยลด
เสียงดังจากอากาศที่หมุนตัวอย่างรุนแรงด้วย

ในภาพรวมเห็นได้ว่า การติดแพนอากาศที่
ตำแหน่ง 3 เพียงจุดเดียว ด้วยมุมปะทะ 8 องศา
ส่งผลให้เกิดการลดแรงเสียดทานมากที่สุด ซึ่งน่าเป็น
เพราะว่าช่วยรีดอากาศด้านท้ายเก๋งให้ลู่เข้า ซึ่งเป็น
การลดคลื่นแยกท้าย (wake) ให้เล็กลง และเพิ่ม
แรงดันอากาศ ส่วนการเสริมแพนอากาศที่ตำแหน่ง 1
และ 2 กลับไม่ช่วยลดแรงเสียดทานเพิ่ม แต่กลับเพิ่ม
แรงเสียดทาน ซึ่งน่าเป็นเพราะว่า ที่ตำแหน่งทั้งสองนี้
แพนอากาศไปเปลี่ยนทิศการไหลของอากาศมาก
เกินไป จนทำให้เกิดการไหลแยกมากขึ้นกว่าเดิม

อย่างไรก็ดีการศึกษานี้ยังเป็นการศึกษาแบบ 2
มิติเท่านั้น ควรจะได้ทำการศึกษาแบบ 3 มิติต่อไป
ส่วนการติดแพนอากาศที่ตำแหน่ง 1 และ 2 ก็ควรมี
การศึกษาเพิ่มเติม เช่น โดยการปรับมุมปะทะไป
เรื่อยๆ ซึ่งอาจมีผลช่วยลดแรงเสียดทานเพิ่มก็เป็นได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นโครงการของนักศึกษาปริญญาตรี
(ผู้แต่งสองท่านแรก) ขอขอบคุณ.เทคโนโลยีสุรนารี

TSF-2010

ที่ให้ความอนุเคราะห์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการ
คำนวณ ขอขอบคุณ ดร.ชโลธร ธรรมแท้ อาจารย์ประจำ
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ม.เทคโนโลยีสุรนารี และ
คุณจรรุวรรณ ตั้งตันสกุลวงศ์ นักศึกษาปริญญาเอก
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ม.เทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้
ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและข้อแนะนำต่างๆ
เป็นเป็นอย่างดีจนงานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปรัชญา มุขดา, กุลเชษฐ์ เพียรทอง, วิระพันธ์ สีหา
นาม. “อากาศพลศาสตร์เพื่อการประหยัดงานสำหรับ
รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กโดยวิธีจำลองเชิงตัวเลข,”
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่ง
ประเทศไทยครั้งที่ 21, 17-19 ตุลาคม. 2550.
- [2] วีรชัย ชัยวรพฤษ, ชวลิต กิตติชัยการ.
“การศึกษาทำนายค่าแรงต้านและแรงกดของอากาศ
ผ่านรถแข่ง,” คณະ วิ ศ ว ก ร ร ม ศ า ส ต ร ,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [3] อาทิตย์ ฤทธิ์เลื่อน, อุดมเกียรติ นนทแก้ว. “การ
วิเคราะห์การไหลของอากาศรอบรถยนต์นั่ง,”
วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือปีที่ 13
ฉบับที่ 2, เมษายน-มิถุนายน. 2546.