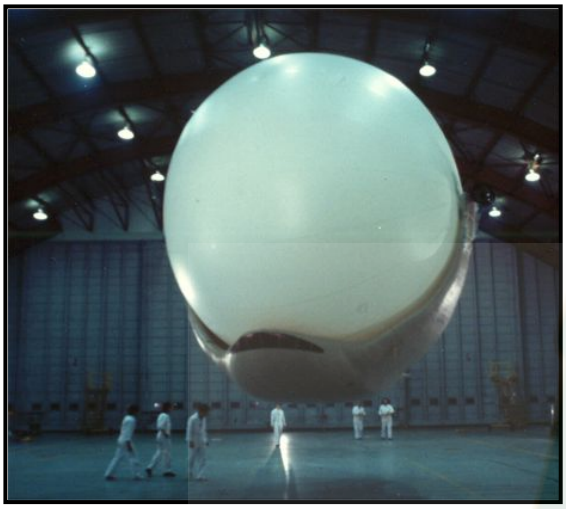
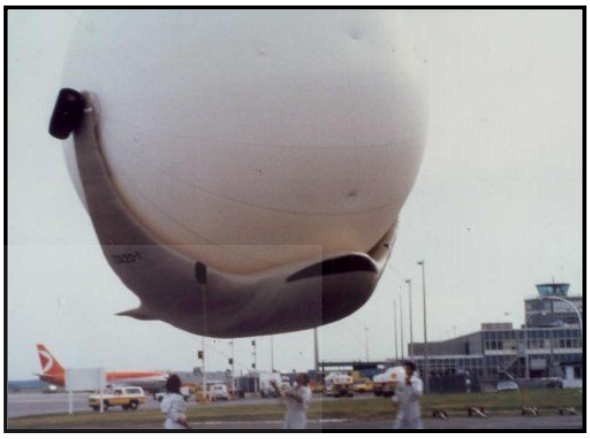
บทที่ 1
บทนำ

ในช่วงเวลาปัจจุบันเทคโนโลยีด้านอากาศพลศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับการไหลของของไหลผ่านวัตถุในสภาวะที่หมุนในหลายรูปแบบ แต่ละแบบล้วนมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานสำคัญเพื่อนำไปใช้งาน เกิดประโยชน์และต่อยอดสู่อุตสาหกรรมด้านต่างๆ ได้อย่างมาก เช่น อุตสาหกรรมพลังงานทางเลือกมีการใช้เรือเหาะรูปทรงกลม (spherical heavy lifting airship) เพื่อสร้างพลังงานจากแรงลม (Donald McKelvy, 2009) อุตสาหกรรมการขนส่งทางอากาศมีการดัดแปลงรูปทรงมาตรฐานปีกเครื่องบิน (aerofoil) ประกอบเข้ากับวัตถุทรงกระบอก (Thom, 1934) การขนส่งทางน้ำมีการออกแบบเรือเดินสมุทรที่มีการติดตั้ง Flettner rotor ที่หมุนบนเรือเดินสมุทรเข้าไปเพื่อให้เกิดแรงขับเคลื่อนซึ่งเกิดจากผลของแรงลมลัพธ์ (apparent wind) ระหว่างแรงลมธรรมชาติ (natural wind) ประกอบกับแรงลมเนื่องจากการเคลื่อนที่ของเรือ (fair wind) สำหรับเทคโนโลยีด้านความร้อนมีการนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบการเผาไหม้ในห้องเครื่องยนต์ขนาดใหญ่และพลังงานนิวเคลียร์ซึ่งมีการพิจารณารูปทรงของเชื้อเพลิงชนิดแข็งขณะเข้าเตาเผาเพราะมีผลต่อการเข้าถึงพื้นที่การเผาไหม้ที่เหมาะสม โดยพฤติกรรมการนำไปใช้นี้ เป็นพฤติกรรมตามปรากฏการณ์แมกนัส (Robin-Magnus effect) Magnus (1853) ได้ศึกษาผลของการปะทะกันระหว่างของไหลซึ่งเป็นอากาศกับวัตถุที่หมุน พบว่าการศึกษานี้มีผลต่อแรงดันและแรงเสียดทานที่ผิวที่มีการกระจายตัวรอบวัตถุที่หมุนที่ไม่เท่ากันก่อให้เกิดแรงผลักหรือแรงที่ไม่สมดุลขึ้น หากนำพฤติกรรมนี้นำไปใช้กับรูปทรงกลมหรือกระบอกหรือทรงพื้นฐานทรงกระบอกนี้เมื่อมีการหมุนระหว่างการเคลื่อนที่จะทำให้เกิดแรงยกหรือแรงกระทำในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ แรงที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เกิดการลดการใช้พลังงานลงได้

ด้วยเหตุนี้จึงก่อให้เกิดการหักเหของเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุที่หมุนไปตามแนวเส้นทางตามแนวแรงลัพธ์ที่เกิดขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาเชิงการคำนวณของอากาศในช่วงการไหลปั่นป่วน (Turbulent Flow) ไหลผ่านทรงกลม 3 มิติ โดยวัตถุจะอยู่ในสภาวะหยุดนิ่งและหมุนที่สภาวะโรย์โนลด์ที่สูง เนื่องจากตัวอย่างของอุปกรณ์ เช่น เรือเหาะทรงกลมที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ฟุต ดังภาพที่ 1.1(ก) และ 1.1 (ข)





(ก) **(ข)**

ภาพที่ 1.1 การประยุกต์ใช้เรือเหาะทรงกลม (spherical airship) (ก) ต้นแบบในห้องปฏิบัติการ ปี 1982 และ (ข) โมเดล Van Dusen LTA-20 (Donald McKelvy, 2009)

นอกจากนี้สามารถนำความรู้พื้นฐานนี้ไปบูรณาการกับการวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องโดยตรง เช่น การด้านอากาศยาน Spherical Flying Machine ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.42 เมตร ความเร็วในการเคลื่อนที่อยู่ที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ เรือเดินสมุทรE-Ship I (ENERCON, 2013) ที่สามารถขับเคลื่อนได้ด้วยความเร็ว 110 กิโลเมตรต่อชั่วโมงทำให้สภาวะของไหลจะเป็นสภาพปั่นป่วนและอาจได้รับผลกระทบจากแรงต้านจากอากาศและลมหมุน (re-circulating) บริเวณด้านหลังซึ่งส่งผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ และความผิดพลาดในการคาดการณ์และควบคุมแนวการเคลื่อนที่ โดยการศึกษาโดยวิธีการคำนวนนี้จะทำให้ได้ข้อมูลที่การทดลองหรือการนำไปใช้จริงไม่สามารถแสดงได้ สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบที่การไหลที่สภาวะเรย์โนลด์ที่สูงสำหรับการไหลผ่านวัตถุทรงกลมใน 3 มิติ คือ 10,000 72,000 96,000 130,000 และ 583,000 ซึ่งเป็นการไหลที่อยู่ในช่วงการไหลใต้ช่วงการไหลแบบวิกฤติ (sub-critical Reynolds number) และการไหลเหนือช่วงการไหลแบบวิกฤติ (super-critical Reynolds number) ซึ่งเป็นสภาวะที่มีระดับความเข้มของการไหลแบบปั่นป่วนภายนอกที่สูง (turbulence intensity) และผลของเลเยอร์แบบปั่นป่วนในแนว 3 มิติ (turbulent boundary layer) ที่จำเป็นต้องพิจารณา โดยแต่ละงานวิจัยก่อนหน้าที่ทำการทดลองมี วิธีการ วัตถุประสงค์ต่างๆ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การศึกษาของไหลพลศาสตร์ไหลผ่านวัตถุทรงกลม 3 มิติ ที่สภาวะเรย์โนลด์ที่สูง

สภาวะเรย์โนลด์	ผู้วิจัย	วิธีการ	วัตถุประสงค์การวิจัย
10,000	Poon *et al.* (2009)	การศึกษาเชิงทดลองด้วยสมการนาเวียร์-สโตกส์โดยพิจารณาการไหลในรูปแบบ the Large Eddy Simulation ที่สภาวะเรย์โนลด์ 250 1,000 และ 10,000 โดยมีอัตราการหมุนไร้หน่วยสูงสุดที่ 1	เพื่อศึกษาแนวทางการเคลื่อนที่แบบหมุนของวัตถุทรงกลม อีกทั้งพิจารณาผลของเลเยอร์ที่มีต่อ
96,000	Kray, Franke and Frank (2014)	การศึกษาเชิงทดลองที่สภาวะเรย์โนลด์ที่สูงของลูกฟุตบอลที่หมุนระหว่างสภาวะเรย์โนลด์ 0.96×10^{5}-4.62×10^{5} ที่อัตราการหมุนไร้หน่วยสูงสุดที่ 1.1	เพื่อศึกษาแรงต้าน แรงยก และแรงด้านข้างที่กระทำกับลูกฟุตบอลที่หมุน อีกทั้งทำการศึกษาลักษณะภาพการไหลของของไหลชนิดน้ำมัน TSI ที่ไหลผ่านลูกฟุตบอลที่หมุน
72,000 **130,000** **583,000**	Achenbach (1972)	การศึกษาเชิงทดลองของทรงกลมที่หยุดนิ่งของสภาวะเรย์โนลด์ระหว่าง 5×10^{4} - 6×10^{6}	เพื่อได้คุณลักษณะการไหลที่เกี่ยวข้องกับแรงที่กระทำกับทรงกลม ได้แก่ สัมประสิทธิ์แรงต้าน แรงเฉือนผิว และแรงดัน อีกครั้งทำการวิเคราะห์หาพฤติกรรมของเลเยอร์ที่เกี่ยวข้อง คือ บริเวณที่เกิดการแยกออกจากผิวของเลเยอร์

นอกจากงานวิจัยนี้ได้แสดงพฤติกรรมการไหลแล้วยังมีการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการไหลปั่นป่วนชนิดต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความแม่นยำเนื่องจากวัตถุทรงกลมจะมีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมการไหลแบบปั่นป่วนโดยเฉพาะอัตราความเค้นเรย์โนลด์ (Reynolds stresses) ที่รวดเร็วตลอดผิวโค้ง โดยแบบจำลองที่แสดงได้แก่ the high-Re k-ε turbulence model ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนเทอมของปริมาณ Reynolds stresses ในความสัมพันธ์แบบ linear- และ quadratic- eddy viscosity และมีการใช้แบบจำลอง the Reynolds Stress Model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีความซับซ้อนและมีการสร้างความสัมพันธ์ในแต่ละองค์ประกอบขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย คือ ผลของการแพร่ ผลของการฟุ้งกระจายและผลของการไหลย้อนกลับที่ผิวเนื่องจากความดันที่สูงใกล้ผนัง อีกทั้งแบบจำลองที่ใช้นี้มีการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลบริเวณผนังด้วยสมการมาตรฐานการไหลใกล้ผนัง ตามกฎ law of logarithm ที่มีการสร้างสมมติฐานว่าเลเยอร์การไหลอยู่ในสภาพการไหลแบบปั่นป่วนสมบูรณ์แบบทำให้ลดทรัพยากรในการวิเคราะห์และประมวลผลไปได้อย่างมาก

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมและประโยชน์ของของไหลปั่นป่วนผ่านวัตถุทรงกลมที่หยุดนิ่งและหมุน โดยมีการพิจารณาผลของแรงที่เกี่ยวข้องซึ่งอาศัยข้อมูลจากลักษณะกายภาพของของไหลบริเวณใกล้ผนังและพื้นที่การคำนวน

2) เพื่อทำการระบุแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมในการทำนายพฤติกรรมของไหลชนิดปั่นป่วนผ่านวัตถุทรงกลมขณะหมุนที่สภาวะเรย์โนลด์ที่สูง ในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งมีการวิเคราะห์จากแบบจำลองของไหลในสภาวะไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) เพื่อรองรับในกรณีที่ของไหลอาจอยู่ในรูปแบบราบเรียบหรือระหว่างปรับรูปแบบซึ่งเป็นสภาวะกึ่งราบเรียบกึ่งปั่นป่วน (transition laminar-turbulent flow) และการวิเคราะห์ในสภาพการไหลปั่นป่วนเต็มรูปแบบ (fully turbulent flow) โดยอาศัยการวิเคราะห์ด้วยสมการ the high-Re k-ε turbulence model ซึ่งประกอบด้วยการใช้สมการมาตรฐานการไหลใกล้ผนังร่วมวิเคราะห์เพื่อลดทรัพยากรในการประมวลผล โดยเทอม eddy-viscosity เป็นฟังก์ชันแบบเชิงเส้น (linear function) และพหุนามกำลังสอง (quadratic function) กับอัตราค่าเฉลี่ยความเค้น นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ด้วยสมการ the Reynolds Stress Model โดยแบบจำลองมีความสัมพันธ์ของเทอมความเค้นเรย์โนลด์ในแต่ละองค์ประกอบสอดคล้องกับพฤติกรรมการไหลแบบปั่นป่วนภายนอกหลากหลายเทอม

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้มีความเกี่ยวข้องกับศาสตร์พื้นฐานเพื่อเป็นงานวิจัยองค์ความรู้ และการประยุกต์ใช้เพื่อใช้ออกแบบอุปกรณ์ พาหนะ ชิ้นส่วน ซึ่งอาศัยข้อมูลที่ได้รับจากงานวิจัยนี้ไปสร้างนวัตกรรมด้านยานยนต์ในอนาคตได้ อีกทั้งได้ข้อมูลถึงสมรรถนะในการวิเคราะห์ผลของแบบจำลองการไหลปั่นป่วนผ่านผิววัตถุที่ทำให้การไหลมีความซับซ้อนทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการออกแบบด้วยวิธีการอื่น และข้อมูลความสามารถในการวิเคราะห์การไหลผ่านผิวโค้งด้วยวิธีการคำนวณอากาศพลศาสตร์ยังสามารถต่อยอดไปสู่การตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลองการไหลปั่นป่วนที่เหมาะสมกับงานวิจัยอื่น เพื่อลดเวลาสูญเสียในการวิจัยและออกแบบได้