รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกอเนกประสงค์เพื่อการเกษตร

Multi-Role Hovercraft for Agricultural

ผศ.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์

นายปิติ ฟังปัญญาโรจน์

นายพีร์ ฐิตธีรเทียรชัย

นางสาวมนัสนันท์ รังสิกุล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกอเนกประสงค์เพื่อการเกษตร

Multi-Role Hovercraft for Agricultural

ผศ.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์

นายปิติ ฟังปัญญาโรจน์

นายพีร์ ฐิตธีรเทียรชัย

นางสาวมนัสนันท์ รังสิกุล

12770498

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ เรือสะเทินน้ำสะเทินบกอเนกประสงค์เพื่อการเกษตรประมง.....

แหล่งเงินทุน งบประมาณเงินรายได้.....

ประจำปีงบประมาณ ประจำปี 2557 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 150,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2556 ถึง กันยายน 2557.....

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ผศ.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Asst.TEERAPONG PHOLPO
   หน่วยงาน สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์ 02-3298337-8 ต่อ 5007, โทรสาร 02-329-8336 E-mail: kpteerap@kmitl.ac.th, ppteerap@gmai.com

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายปิติ ฟังปัญญาโรจน์
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr .PITI FUNGPUNYAROJ
   หน่วยงาน สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์ 02-3298337-8 ต่อ 5007, โทรสาร 02-329-8336 E-mail: fung_mo@hotmail.com
2. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายพีร์ ฐิติธีรเธียรชัยกุล
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. PHEE THITITEERATHIANTHAI
   หน่วยงาน สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์ 02-3298337-8 ต่อ 5007, โทรสาร 02-329-8336 E-mail: P_thititeerathianthai@hotmail.com
3. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวมนัสนันท์ รังสิกุล
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss. MANATSANUN RANGSIKUL
   หน่วยงาน สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์ 02-3298337-8 ต่อ 5007, โทรสาร 02-329-8336 E-mail: fung_mo@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

งานวิจัยเล่มนี้ได้ศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดสอบยานพาหนะต้นแบบเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง ส่วนประกอบที่สำคัญของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกประกอบด้วย 1) ตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก 2) เครื่องยนต์ต้นกำลัง 3) ใบพัด 4) ระบบอำนวยการขับ 5) ระบบไฟฟ้า และ 6) กระบะขนถ่ายลักษณะการทำงานของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกคือสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งบนบกและบนน้ำอย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องทำการหยุดหรือสลับระบบการขับเคลื่อน จึงเป็นทางเลือกที่ดีในการนำไปใช้ในพื้นที่การเกษตร เช่น การเลี้ยงปลาในกระชัง การเกษตรบนพื้นที่หาดชายเลน เป็นต้น ผลการทดสอบของพื้นที่ทั้ง 3 พื้นที่คือ 1) พื้นคอนกรีต 2) พื้นหญ้า 3) พื้นน้ำ เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสามารถเคลื่อนที่ได้ดีที่สุดบนพื้นน้ำ น้ำหนักบรรทุกได้สูงสุด 300 กิโลกรัม ความเร็วสูงสุด 14.65 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 1.36 ลิตรต่อกิโลเมตร

คำสำคัญ : ศึกษา, ออกแบบ, สร้าง, เรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: MultI - Role Hovercraft for Agricultural
Researcher: 1) Asst.Teeraponc Pholpho, 2) Mr.Pitil Fungpunyaroj,
3) Mr. Phee Thititeerathiantha and 4) Miss. Manatsanun Rangsik
Faculty of Engineering **Department of** Mechanical Engineering

ABSTRACT

This research was aimed to study, design, fabricate and test the Prototype of Hovercraft for Agricultural Product Handling. The Hovercraft composed of 1) tube axial fan 2) body structure 3) engine 4) wooded-tray 5) electrical system 6) drive system. Hovercraft can move on land and on water continuously without stopping or switching system driven. It is a good choice in its use in agricultural areas, such as fish farming, farmlands, wetlands, beaches etc. After the test on three areas: 1) ground 2) Grass 3) water. The best area that hovercraft can travel through is water. This hovercraft have maximum load at 300 Kg, Rate of fuel consumption is 1.36 Li/Km and have maximum speed at 14.65 Km/Hr.

Keywords : study, design, fabricate, Hovercraft

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทเงินรายได้จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ทุนในการทำวิจัย และขอขอบคุณหลักสูตรวิชาวิศวกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ใช้สถานที่ และอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆในการทำวิจัยในครั้งนี้

ผศ.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์
นายปิติ ฟังปัญญาโรจน์
นายพีร์ ฐิติธีรเธียรชัยกุล
นางสาวมนัสนันท์ รังสิกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
ชื่องานวิจัย	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เรือสะเทินน้ำสะเทินบก	3
2.2 หลักการของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	4
2.3 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกในปัจจุบัน	5
2.4 พื้นที่ๆนิยมใช้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกในปัจจุบัน	6
2.5 เครื่องยนต์สองจังหวะ	7
2.6 พัดลมท่อ	8
2.7 หลักการสร้างแรงผลักของใบพัด	9
2.8 แรงยก	10
2.9 สมการแบร์นูลี่	11
2.10 อัตราการไหล	12
2.11 แรงลอยตัว	12
2.12 เพลา	13
2.13 สายพาน	18
2.14 การทดกำลังของพูเล่ย์	19
2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเรือสะเทินน้ำสะเทินบกอเนกประสงค์เพื่อการขนถ่ายผลผลิตการเกษตร 22
3.1 การสร้างแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก 22
3.2 การออกแบบเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับขนถ่ายผลผลิตจากการประมง 23
3.2.1 การออกแบบพื้นที่ใช้งาน 23
3.2.2 การประมาณน้ำหนักใช้งานของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก 23
3.2.3 การออกแบบตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก 24
3.2.4 การคำนวณหาความสูงของตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก 28
3.2.5 การคำนวณหาความดันทำงานของเบาะอากาศ 29
3.2.6 การเลือกใบพัด 30
3.2.7 การเลือกเครื่องยนต์ต้นกำลัง 33
3.2.8 การคำนวณหาความกว้างท่ออากาศข้างลำตัว 35
3.2.9 ลักษณะของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก 37
3.3 การสร้างเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง 41
3.3.1 ตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก 41
3.3.2 ระบบส่งกำลัง 46
3.3.3 การติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆเข้ากับตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก 47
3.3.4 ระบบไฟฟ้า 50
3.3.5 ระบบอำนวยการขับ 51
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ 56
4.1 การทดสอบหาประสิทธิภาพการรับน้ำหนักของแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก 56
4.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพในการกำจัดแรงเสียดทานของเบาะอากาศ 57
4.3 การทดสอบหาสมรรถนะในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง 59
4.4 การทดสอบหาความเร็วสูงสุดและอัตราการใช้เชื้อเพลิง 60
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 63
5.1 สรุปผลการทดลอง 63
5.2 ปัญหาที่พบ 63
5.3 แนวทางการพัฒนา 64
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย 65
6.1 รายละเอียดผลผลิตงานวิจัยที่ได้ 65
6.2 ผลผลิตงานวิจัยที่ได้ 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก	68
ภาคผนวก ก	69
ภาคผนวก ข	72
ภาคผนวก ค	77
ภาคผนวก ง	81
ภาคผนวก จ	84
ประวัตินักวิจัย	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
2.1	ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775 – 1969	14
2.2	ค่าตัวประกอบความล้า	17
2.3	แสดงผลการเปรียบเทียบรายได้ระหว่างการใช้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกเทียบกับแรงงานคน	21
3.1	ความต้องการพื้นที่ของอุปกรณ์และห้องโดยสาร	23
3.2	น้ำหนักของอุปกรณ์และผลผลิตบนเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้าที่
2.1 เรือสะเทินน้ำสะเทินบก	3
2.2 แสดงการไหลของอากาศในตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	4
2.3 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับกิจการทหาร	4
2.4 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการคมนาคม	5
2.5 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการสำรวจ	5
2.6 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการกีฬา	6
2.7 การใช้เรือสัญจรบนหาดเลน	6
2.8 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสัญจรบนพื้นที่กึ่งบกกึ่งเลน	7
2.9 จังหวะดูด-อัดของเครื่องยนต์สองจังหวะ	7
2.10 จังหวะคาย (ซ้าย) และจังหวะระเบิด (ขวา)	8
2.11 ส่วนประกอบของพัดลมท่อ	9
2.12 กราฟแสดงคุณสมบัติของพัดลมท่อ	9
2.13 ลักษณะการไหลของอากาศขณะที่ใบพัดหมุน	10
2.14 เปรียบเทียบแรงยกระหว่างกระบอกสูบนิวแมตริกกับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	11
2.15 อ้างอิงระดับพลังงานศักย์	11
2.16 อ้างอิงอัตราไหลของท่อที่พื้นที่หน้าตัดไม่เท่ากัน	12
2.17 แรงลอยตัวต่อวัตถุ	13
2.18 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ	14
2.19 พูเล่ย์และสายพาน	19
2.20 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลปาล์มของประเทศมาเลเซีย	20
2.21 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกขณะแล่นบนน้ำและพื้นที่ปลูกปาล์ม	21
3.1 ขนาดของแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	22
3.2 เบาะอากาศของแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	22
3.3 ผังแสดงพื้นที่ใช้งานบนตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	23
3.4 ตัวเรือหลักของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับขนถ่ายผลผลิตจากการประมง	25
3.5 ด้านล่างตัวเรือหลักของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับขนถ่ายผลผลิต	25
3.6 ภาพตัดแสดงลักษณะของท่ออากาศด้านข้างตัวเรือ	25
3.7 ตัวดักอากาศ	26
3.8 แผงควบคุม	26
3.9 เบาะอากาศ	26
3.10 ท่อครอบใบพัด	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้าที่
3.11	หางเสืออากาศ	27
3.12	คันบังคับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	27
3.13	กระบะขนถ่ายผลผลิตจากการประมง	28
3.14	พื้นที่โดยสารและขนถ่ายวัสดุ	29
3.15	พื้นที่รวมของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	30
3.16	ลักษณะของซอร์ฟแวร์ kruger v11.2a	31
3.17	การกำหนดคุณสมบัติใบพัดบนซอร์ฟแวร์ kruger v11.2a	32
3.18	กราฟคุณสมบัติของพัดลม รุ่น TDA900 -14AA -8 -8	32
3.19	ใบพัดเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	33
3.20	ภาพแสดงเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนกำลังต่อน้ำหนักสูงไปหาน้อย	33
3.21	เครื่องยนต์ 2 จังหวะรุ่น Fuji Robin ec50pm	34
3.22	กราฟแสดงคุณลักษณะของเครื่องยนต์2จังหวะ (Fuji Robin ec50pm)	35
3.23	ลักษณะการแบ่งอากาศโดยการแบ่งพื้นที่หน้าตัดของใบพัด	36
3.24	แสดงพื้นที่หน้าตัดของท่อลำเลียงอากาศทั้งสองด้าน (เซนติเมตร)	37
3.25	ลักษณะของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	38
3.26	ขนาดของตัวเรือหลักด้านบน	38
3.27	ขนาดของตัวเรือหลักด้านล่าง	39
3.28	ขนาดของตัวดักอากาศ	39
3.29	ขนาดของแผงควบคุม	40
3.30	ขนาดของกระบะขนถ่ายผลผลิต	40
3.31	การวางกระดูกงูของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	41
3.32	ขึ้นโครงหลักเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	41
3.33	ทำการเคลือบตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกและสมานรอยต่อ	42
3.34	ตัวดักอากาศ	42
3.35	แผงควบคุมด้านหน้า	42
3.36	ท่อครอบใบพัด	43
3.37	ชิ้นส่วนของเบาะอากาศ (มุมมองด้านบน)	43
3.38	ขนาดชิ้นส่วนต่างๆของเบาะอากาศ	44
3.39	ลักษณะตะเข็บรอยเย็บของเบาะอากาศ	45
3.40	เบาะอากาศ	45
3.41	กระบะขนถ่ายผลผลิตจากการประมง	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้าที่
3.42	การติดตั้งร่องลิ่นและเพลาเข้ากับใบพัด	46
3.43	ชุดส่งกำลัง	47
3.44	แท่นวางชุดส่งกำลัง	47
3.45	ติดตั้งเบาะอากาศบริเวณด้านนอกตัวเรือ	48
3.46	การยึดติดเบาะอากาศด้านใน	48
3.47	ติดตั้งแท่นส่งกำลัง ตัวดักอากาศ และท่ออากาศ	49
3.48	ติดตั้งเครื่องยนต์ต้นกำลังเข้ากับชุดส่งกำลังและใบพัด	49
3.49	ติดตั้งหางเสืออากาศ	50
3.50	ผังการเดินวงจรกระแสไฟฟ้าบนเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	50
3.51	Arduino UNO (R3)	51
3.52	หน้าจอ LCD Nokia 5110	52
3.53	Hall effect sensor	52
3.54	วงจร Voltage Divider ของลูกลอยวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิง	53
3.55	ลูกลอยวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิง	53
3.56	ไดโอดเปล่งแสง	53
3.57	ลักษณะการต่อวงจรของระบบอำนวยการขับ	54
3.58	กล่องระบบอำนวยการขับ	54
3.59	ลักษณะระบบอำนวยการขับของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง	55
4.1	แบบจำลองขณะทดสอบรับภาระบรรทุกสูงสุดโดยที่สามารถลอยตัวได้	57
4.2	การทดสอบหาประสิทธิภาพการกำจัดแรงเสียดทาน	59
4.3	กราฟแสดงสมรรถนะของเบาะอากาศในการสร้างแรงยกโดยความเร็วของเครื่องยนต์	60
4.4	กราฟแสดงสมรรถนะของเบาะอากาศในการสร้างแรงยกโดยกำลังของเครื่องยนต์	60
4.5	เรือสะเทินน้ำสะเทินบกฯขณะทำการทดสอบหาความเร็วสูงสุด	61
4.6	กราฟแสดงผลการทดสอบหาความเร็วสูงสุด	62
4.7	แผนภูมิแสดงผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	62
5.1	ลักษณะขาสกีทรงปิรามิดคว่ำหัวตัดที่เหมาะสม	64
6.1	ภาพที่เผยแพร่ในหนังสือพิมพ์มติชนรายวัน “เรื่อสะเทือนน้ำสะเทือนบก”	65
6.1	ภาพที่เผยแพร่ในหนังสือพิมพ์เดลินิวส์รายวัน “เรื่อ อะกริคราฟต์”	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากการเกษตรในปัจจุบันของประเทศไทยนั้นมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งก่อให้เกิดความหลากหลายของเครื่องไม้เครื่องมือและยานพาหนะสำหรับการลำเลียงวัสดุ เป็นเหตุให้เกษตรกรส่วนใหญ่มีปัญหาในการจัดหาอุปกรณ์และยานพาหนะต่างๆ เพื่อใช้ตอบสนองต่อความต้องการให้เพียงพอ เนื่องจากในปัจจุบัน อุปกรณ์หรือยานพาหนะทั่วไปมีราคาสูงและมีประสิทธิภาพที่ไม่เหมาะสมต่อบางพื้นที่ ตัวอย่างจากการสำรวจเช่น

1.1.1 เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในกระชัง จำเป็นที่จะต้องมีเรือและรถยนต์เป็นยานพาหนะในการขนถ่ายปลา ซึ่งมีความยากลำบากและความล่าช้าในการขนถ่าย ซึ่งเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายนั้นมีผลต่อคุณภาพของปลา อีกทั้งยังมีค่าบำรุงรักษาที่รวมกันแล้วค่อนข้างสูงอีกด้วย

1.1.2 เกษตรกรผู้ทำอาชีพเก็บหอยบริเวณหาดเลน ไม่มียานพาหนะที่เหมาะสมในการใช้ขนถ่ายหอยที่เก็บจากหาดเลน ปัจจุบันมีการใช้เรือหางยาว (เรืออีแปะ) ในการขนถ่ายซึ่งไม่เหมาะสม เนื่องจากสภาพใต้ท้องเรือไม่ใช่น้ำ แต่เป็นดินเลน ส่งผลให้เกิดความล่าช้า ความยากลำบากและความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุในระหว่างการขนถ่าย

ปัจจุบันมียานพาหนะชนิดหนึ่งที่สามารถสัญจรได้ทั้งบนน้ำและบนบกคือ “Hovercraft” (เรือสะเทินน้ำสะเทินบก) ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้เป็นพาหนะลำเลียงทางการทหาร และเรือโดยสารเชิงพาณิชย์ โดยเรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีคุณสมบัติพิเศษคือ ไม่ใช้ล้อในการเคลื่อนที่บนบกและไม่มีแรงเสียดทานกับน้ำเมื่อแล่นในน้ำ ทำให้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีความรวดเร็ว สะดวกและคล่องตัว แต่เรือสะเทินน้ำสะเทินบกในปัจจุบันมีราคาสูง ขั้นต่ำมีมูลค่า 200,000 บาท (ชนิดโดยสารสองที่นั่ง) เนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นหากมีการออกแบบ สร้างและพัฒนาต้นแบบเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อใช้สำหรับการขนถ่ายผลผลิตทางการประมง จะส่งผลให้เกิดความรวดเร็วในการขนถ่าย ลดการใช้แรงงานหรือสามารถให้แรงงานที่มีอยู่เดิมไปปฏิบัติงานอื่นได้ เหล่านี้ก่อให้เกิดการความก้าวหน้าต่อการประมงของประเทศไทย ทำให้เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น อีกทั้งยังเป็นเทคโนโลยีใหม่ของคนไทยสำหรับคนไทยที่เหมาะสมและไม่สิ้นสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาหลักการทำงานของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (Hovercraft)

1.2.2 ออกแบบ สร้างและทดสอบ ต้นแบบยานพาหนะเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการศึกษาของงานวิจัย

1.3.1ศึกษาปัญหาที่มีผลต่อความไม่สะดวกและความไม่เหมาะสมต่อการขนถ่ายผลผลิตทางการประมงในบางพื้นที่รวมไปถึงบทบาทของยานพาหนะสำหรับการขนถ่ายวัสดุที่มีอยู่ในท้องตลาด

1.3.2ออกแบบและสร้างเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมงโดยระบบขับเคลื่อนด้วยใบพัดเดี่ยวชนิด Tube Axial Fans และใช้กระโปรงเบาะอากาศแบบถุงลมเดี่ยวรูปตัว U

1.3.3ทดสอบหาประสิทธิภาพ ปรับปรุงและประเมินผล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการวิจัยนี้ที่ได้ศึกษาและสร้างยานพาหนะต้นแบบเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง ประโยชน์ที่จะได้รับมีดังนี้

1.4.1 สามารถลดกระบวนการขนถ่ายและใช้ขนถ่ายผลผลิตจากการประมงได้รวดเร็วมากกว่าวิธีการแบบเดิม

1.4.2 ลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตร

1.4.3 มีความเหมาะสมและปลอดภัยต่อการใช้งานเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

1.4.4 สามารถนำไปพัฒนา ต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้

1.4.5 ผู้ทำโครงงานได้รับความรู้และประสบการณ์จากการปฏิบัติงาน

1.5 แผนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักการทำงาน

1.5.2 ศึกษาองค์ประกอบต่างๆของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

1.5.3 ออกแบบเบื้องต้นพร้อมทำการเขียนแบบต้นแบบ

1.5.4 สร้างแบบจำลองเรือสะเทินสะเทินบกเพื่อศึกษาความเป็นไปได้

1.5.5 สร้างและประกอบชิ้นส่วนต่างๆของต้นแบบเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

1.5.6 ทดสอบต้นแบบเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

1.5.7 แก้ไขและปรับปรุง

1.5.8 เก็บข้อมูลจากการทดลอง

1.5.9 สรุปผลและเขียนรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี, หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เรือสะเทินน้ำสะเทินบก (Hovercraft) คือยานพาหนะชนิดหนึ่งที่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งบนบกและบนน้ำอย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องทำการหยุดหรือสลับระบบการขับเคลื่อนแต่อย่างใด โดยขณะเคลื่อนที่บนบกจะไม่มีส่วนใดของยานพาหนะที่สัมผัสหรือเสียดทานกับพื้นและขณะเคลื่อนที่บนน้ำจะไม่มีส่วนใดของยานพาหนะที่สัมผัสหรือเสียดทานกับน้ำ เนื่องจากอาศัยเบาะอากาศในการช่วยยกตัวยานพาหนะให้ลอยอยู่เหนือพื้นผิวต่างๆซึ่งสามารถกำจัดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเพื่อทำให้เคลื่อนที่ได้

ภาพที่ 2.1 เรือสะเทินน้ำสะเทินบก

2.2 หลักการของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีอุปกรณ์ที่สำคัญคือ พัดลมท่อ (Tube Axial Fan) หรือเรียกโดยทั่วไปว่า “ใบพัดความดัน” โดยใบพัดมีหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานกลที่ได้รับจากเครื่องยนต์ต้นกำลัง เพื่อเพิ่มพลังงานจลน์ให้กับอากาศ อากาศที่ผ่านใบพัดความดันจะมีความดันและความเร็วที่สูงขึ้น จากนั้นอากาศจะถูกแบ่งเป็นสองส่วนคือ

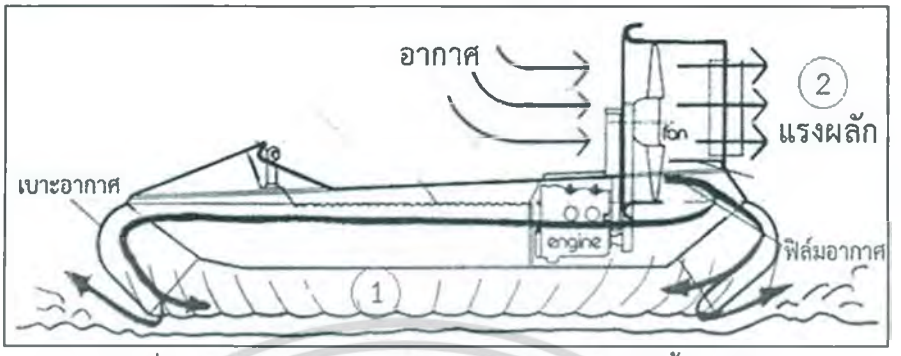
2.2.1 อากาศสำหรับการสร้างแรงยก (Lift Force)

2.2.2 อากาศสำหรับการสร้างแรงผลัก (Thrust)

อากาศสำหรับการสร้างแรงยกจะถูกลำเลียงลงสู่ใต้ตัวยานพาหนะโดยอาศัยท่ออากาศที่มีการออกแบบเป็นส่วนหนึ่งกับตัวยานพาหนะ สำหรับลำเลียงอากาศจากใบพัดความดันไปสู่ตำแหน่งรอบตัวยานพาหนะ จากนั้นอากาศจะผลักดันเบาะอากาศที่ติดตั้งไว้กับท่ออากาศจนทำให้เกิดการปิดกันอากาศไม่ให้รั่วไหลออกใต้ท้องยานพาหนะ อากาศจะไหลจากท่ออากาศเข้าสู่ใต้ท้องยานพาหนะแต่จะไม่สามารถรั่วไหลออกสู่ภายนอกตัวยานพาหนะได้เนื่องจากเบาะอากาศมีการโป่งพองปิดกั้นอากาศเอาไว้ อากาศใต้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท้องเรือที่มีความดันจะยกยานพาหนะให้ลอยขึ้นเหนือพื้นผิว เมื่อตัวยานพาหนะลอยขึ้นสุดระยะของเบาะอากาศ อากาศจะรั่วไหลแทรกออกใต้เบาะอากาศในลักษณะของฟิล์มอากาศ ส่งผลให้ตัวยานพาหนะไม่มีส่วนใดที่สัมผัสหรือเสียดทานกับพื้นผิว เป็นสาเหตุให้อยู่ในสภาวะไร้แรงเสียดทาน



ภาพที่ 2.2 แสดงการไหลของอากาศในตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

2.3 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกในปัจจุบัน

ปัจจุบันเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเป็นยานพาหนะอำนวยความสะดวกที่นิยมใช้ในหลายๆด้าน อาทิ ด้านกิจการทหาร ด้านการคมนาคม ด้านการสำรวจวิจัย และด้านการกีฬา โดยทุกประเภทอาศัยหลักการทำงานที่เหมือนกัน แต่อาจจะแตกต่างกันในส่วนของห้องโดยสารหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก โดยยกตัวอย่างเรือสะเทินน้ำสะเทินบกในด้านต่างๆดังนี้

2.3.1 ด้านกิจการทหาร : US NAVY LCAC

ภาพที่ 2.3 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับกิจการทหาร

คุณสมบัติ

เข้าประจำการ : ค.ศ.1986 – ปัจจุบัน
ขนาดความ กว้าง x ยาว : 14.3 x 26.4 เมตร
น้ำหนักใช้งานสูงสุด : 182 ตัน
เครื่องยนต์ : กังหันก๊าซ รุ่นLycoming/AlliedSignal TF-40B
ความเร็วสูงสุด : 74 กิโลเมตร / ชั่วโมง
การใช้งาน : ลำเลียงกำลังพลและยุทโธปกรณ์ สำหรับภารกิจจู่โจม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ด้านการคมนาคม : SR.N4

ภาพที่ 2.4 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการคมนาคม

คุณสมบัติ ระยะเวลาใช้งาน : ค.ศ.1983 – 2000
ขนาดความ กว้าง x ยาว : 18 x 35 เมตร
น้ำหนักใช้งานสูงสุด : 280 ตัน
เครื่องยนต์ : กังหันก๊าซ
ความเร็วสูงสุด : 75 กิโลเมตร / ชั่วโมง
การใช้งาน : บรรทุกผู้โดยสาร 550 ที่นั่ง และยานพาหนะ 30 คัน

2.3.3 ด้านการสำรวจ : Pioneer MK-3

ภาพที่ 2.5 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการสำรวจ

คุณสมบัติ ระยะเวลาใช้งาน : ค.ศ.2008 – ปัจจุบัน
ขนาดความ กว้าง x ยาว : 4.5 x 11 เมตร
น้ำหนักใช้งานสูงสุด : 5 ตัน
เครื่องยนต์ : ลูกสูบ (แก๊สโซลีน)
ความเร็วสูงสุด : 70 กิโลเมตร / ชั่วโมง
การใช้งาน : บรรทุกผู้โดยสาร 10 ที่นั่ง และเครื่องมือต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ด้านการกีฬา : Hoverpod

ภาพที่ 2.6 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการกีฬา

คุณสมบัติ ระยะเวลาใช้งาน : ค.ศ.2010 – ปัจจุบัน
ขนาดความ กว้าง x ยาว : 1.5 x 2.8 เมตร
น้ำหนักใช้งานสูงสุด : 400 กิโลกรัม
เครื่องยนต์ : ลูกสูบ (แก๊สโซลีน)
ความเร็วสูงสุด : 60 กิโลเมตร / ชั่วโมง
การใช้งาน : บรรทุกผู้โดยสาร 2 ที่นั่ง

2.4 พื้นที่ๆนิยมใช้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกในปัจจุบัน

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกนิยมใช้งานในพื้นที่ๆเรือหรือรถไม่สามารถสัญจรได้หรือสัญจรได้ไม่สะดวกหรือบนพื้นที่กึ่งน้ำกึ่งเลน เนื่องจากมีความไม่สะดวกในการขับเคลื่อน ตัวอย่างเช่น

การสัญจรบนหาดเลน เนื่องจากรถยนต์หรือยานพาหนะที่ใช้ล้อในการขับเคลื่อนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เนื่องจากจะเกิดการติดหล่มเลนตม จึงต้องใช้เรือในการสัญจร แต่เลนมีความหนืดสูงกว่าน้ำทำให้การสัญจรไม่สะดวก ตัวเรือทรงตัวได้ไม่ดี ใบพัดขับดันมีความฝืดหรอสูง และมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ

ภาพที่ 2.7 การใช้เรือสัญจรบนหาดเลน

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกจึงเป็นตัวเลือกหนึ่งที่สามารถสัญจรบน**พื้นที่**ต่างๆได้ทุกพื้นที่ เนื่องจากเบาะอากาศจะยกตัวยานพาหนะให้ลอยขึ้น**เหนือพื้นผิว**ทำให้ไม่มีอุปสรรค์จาก**พื้นที่**และผลักดันให้เคลื่อนที่**ด้วยใบพัดอากาศ จึงมีความสะดวก รวดเร็ว คล่องตัว และปลอดภัยต่อการใช้งาน**

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.8 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสัญจรบนพื้นที่กึ่งบกกึ่งเลน

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสามารถสัญจรได้บนทุกพื้นผิว แต่ไม่สามารถสัญจรบนพื้นผิวที่เป็นลักษณะตะแกรง เนื่องจากอากาศจะรั่วออกจากใต้ยานพาหนะผ่านทางช่องตะแกรง ทำให้ไม่สามารถสร้างแรงยกตัว ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

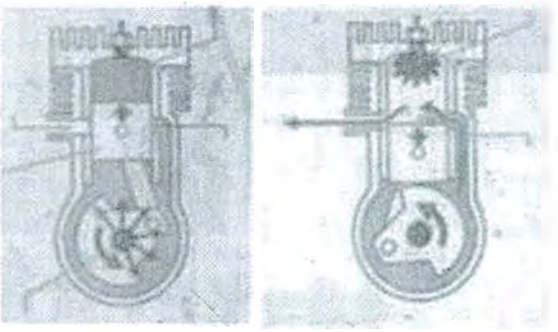
2.5 เครื่องยนต์สองจังหวะ

เครื่องยนต์ชนิด 2 จังหวะ ถูกออกแบบมาไม่เหมือนกับเครื่องยนต์ 4 จังหวะคือ เครื่องยนต์ 4 จังหวะจะใช้วาล์วไอดี และวาล์วไอเสีย เป็นกลไก ในการจ่ายไอดี และไอเสียสลับกัน แต่เครื่อง 2 จังหวะ ถูกออกแบบให้มีช่องไอดี และไอเสีย อยู่ที่กระบอกสูบ ซึ่งช่องนี้ จะเปิด หรือปิดได้ อยู่ที่การเคลื่อนที่ของตัวลูกสูบ เท่ากับว่าลูกสูบ ทำหน้าที่เป็นวาล์วไปในตัว

ภาพที่ 2.9 จังหวะดูด-อัดของเครื่องยนต์สองจังหวะ

เป็นจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายล่าง ขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ระหว่างการเคลื่อนที่นี้เอง ด้านบนลูกสูบคือการอัดอากาศไอดี ในขณะเดียวกัน ช่องไอเสีย จะถูกปิดด้วยตัวลูกสูบ โดยอัตโนมัติ โดยที่เวลาเดียวกันนี้เอง ความสูงของลูกสูบก็พ้นช่องไอดีออกไป ทำให้อากาศไอดี ไหลเข้าสู่ห้องเพลาข้อเหวี่ยง โดยอัตโนมัติ เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 จังหวะคาย (ซ้าย) และจังหวะระเบิด (ขวา)

เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นไปสู่ศูนย์ตายบน ก็จะเกิดประกายไฟจากหัวเทียนทำให้เกิดระเบิดเพื่อดันลูกสูบลงไปสู่ศูนย์ตายล่าง อีกครั้ง ในระหว่างการเคลื่อนที่ลงครั้งนี้ ความสูงของลูกสูบ ก็จะไปปิดช่องอากาศทางเข้าไอดี และด้านบนของลูกสูบก็จะพ้นช่อง ทางออกของไอเสีย ทำให้อากาศไอเสียไหลผ่านออกไป ในขณะเดียวกันนี้เองที่ด้านบนของลูกสูบก็จะพ้นช่องไหลเข้าของไอดี ที่มาจากห้องเพลาข้อเหวี่ยงเข้าไปแทนที่

(ก) ข้อดีของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

เครื่องยนต์ 2 จังหวะมีการระเบิดบ่อยกว่าเครื่องยนต์ 4 จังหวะเป็น 2 เท่า ดังนั้นเครื่องยนต์ 2 จังหวะจึงมีกำลังมากกว่าเครื่องยนต์ 4 จังหวะที่มีขนาดเท่ากัน นอกจากนั้นยังมีน้ำหนักเบา สร้างง่าย เนื่องจากมีชิ้นส่วนน้อยกว่า เหมาะสำหรับงานที่ต้องการเครื่องยนต์กำลังสูง ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา เช่น เลื่อยโซ่ เครื่องตัดหญ้า เครื่องติดท้ายเรือ รถลุยหิมะ เจ็ทสกี รถมอเตอร์ไซด์ เครื่องบินเล็ก และ เครื่องพารามอเตอร์ เป็นต้น

(ข) ข้อเสียของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

ข้อเสียของเครื่องยนต์ 2 จังหวะคือ มีประสิทธิภาพต่ำ และมีมลพิษสูง เนื่องจากมีน้ำมันที่ยังไม่เผาไหม้ปนออกมากับไอเสีย นอกจากนี้เครื่องบางตัวยังต้องมีการผสมน้ำมันเครื่องกับน้ำเชื้อเพลิงอีกด้วย จึงทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องสูง

2.6 **พัดลมท่อ**

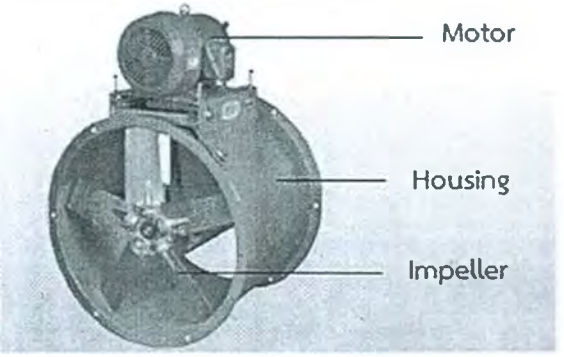
เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลที่ได้รับจากมอเตอร์หรือเครื่องยนต์ต้นกำลังไปเพิ่มพลังงานศักย์ให้กับอากาศที่ถูกพัดผ่าน พัดลมท่อประกอบด้วย 3 ชิ้นส่วนหลักๆ คือ

2.6.1 **ใบพัด** (Impeller)

2.6.2 **ท่อนำอากาศ** (Housing)

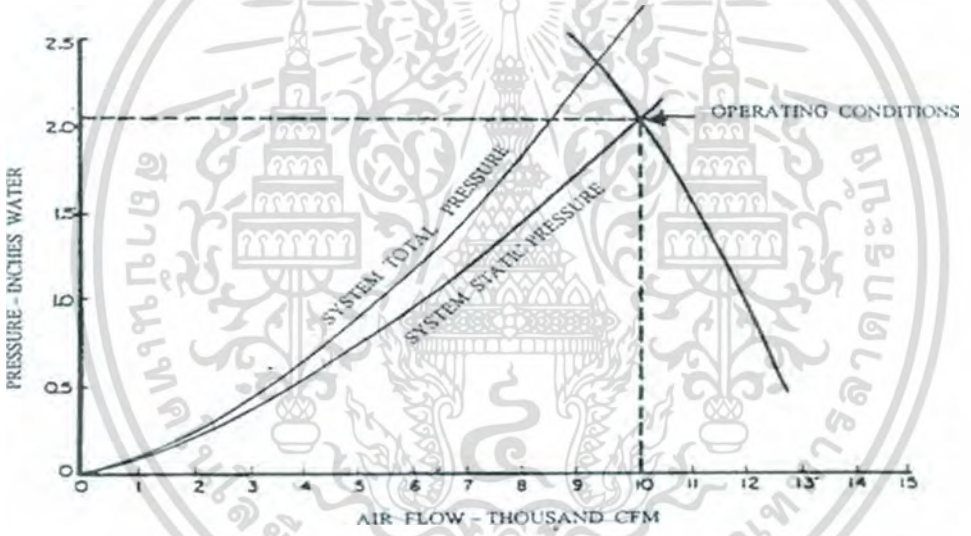
2.6.3 **มอเตอร์** (Motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 ส่วนประกอบของพัดลมท่อ

พัดลมท่อถือได้ว่าเป็นพัดลมที่ให้ความดันและอัตราการไหลได้สูงที่สุดในตระกูลของพัดลมต่างๆ ขณะทำงานอากาศจะถูกดูดเข้าจากฝั่งหนึ่งและไหลออกที่อีกฝั่ง ในลักษณะการไหลแบบเส้นตรง (Direct Flow) อากาศที่ออกจากพัดลมชนิดนี้จะมีการไหลแบบเกลียวภายในท่อ ทำให้ความดันอยู่ในระดับปานกลาง สามารถติดตั้งครีบ (Vane) เพื่อทำให้อากาศไหลแบบเป็นเส้นตรง จะทำให้ความดันสูงขึ้น

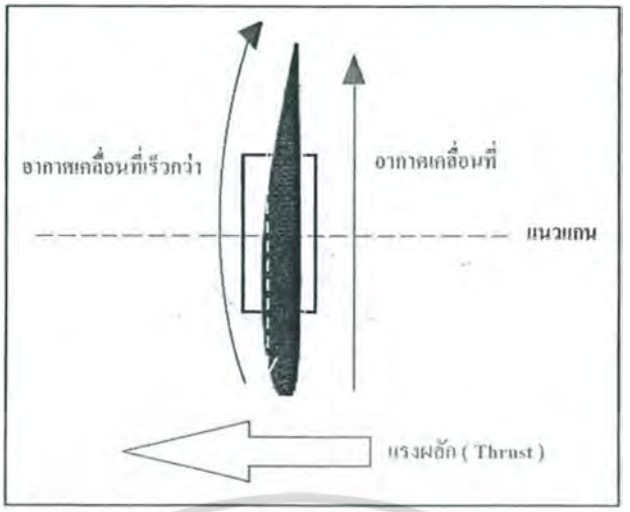


ภาพที่ 2.12 กราฟแสดงคุณสมบัติของพัดลมท่อ

2.7 หลักการสร้างแรงผลักของใบพัด

ใบพัดเป็นอุปกรณ์สำคัญในการสร้างแรงผลักให้เกิดการเคลื่อนที่ โดยอาศัยหลักการของอากาศพลศาสตร์เช่นเดียวกับหลักการของแรงยกโดยปีกของเครื่องบิน เมื่อวิเคราะห์ภาคตัดของใบพัดจะพบว่าลักษณะใบพัดในส่วนของตัวใบก็มีโครงสร้างโดยอาศัยหลักการเช่นเดียวกับปีกของเครื่องบิน โดยหลักในการออกแบบคือ ทำให้ด้านหนึ่งมีอากาศไหลผ่านช้ากว่าอีกด้านหนึ่งขณะที่ใบพัดกำลังหมุด จึงก่อให้เกิดแรงผลักดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.13 ลักษณะการไหลของอากาศขณะที่ใบพัดหมุน

2.8 แรงยก

แรงยก (Lift force) คือแรงที่เกิดขึ้นโดยความดันของอากาศที่ออกจากใบพัด กระทำกับพื้นที่ใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เกิดเป็นแรงกระทำต่อเรือสะเทินน้ำสะเทินบกในทิศทางตั้งฉากกับพื้นโลก ช่วยให้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกเกิดการยกตัวดังสมการที่ 2.1

$$W_t = P_C \times A_H \qquad (2.1)$$

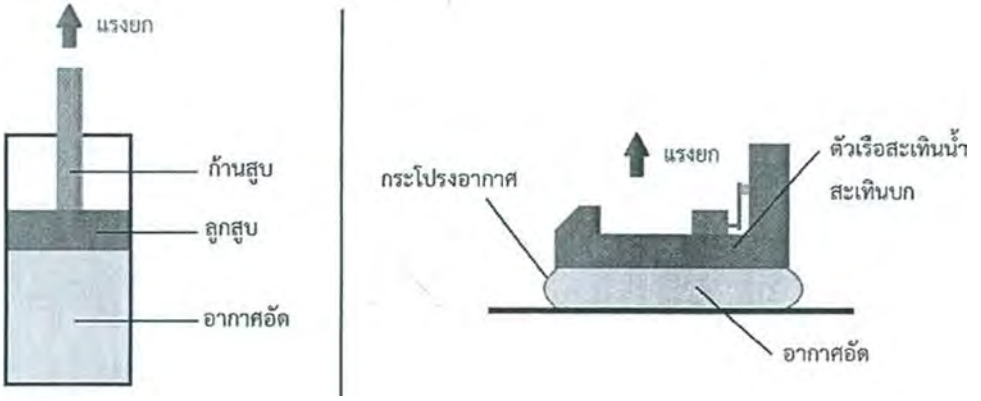
เมื่อ W_t : น้ำหนักทั้งหมด (N)

P_C : ความดันของเบาะอากาศ (N/m^2)

A_H : พื้นที่ทั้งหมดของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (m^2)

แรงยกตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเปรียบเสมือนแรงผลักของก้านสูบนิวแมตริกซ์ โดยหลักการของความดันกระทำต่อพื้นที่ของลูกสูบ ความดันภายในกระบอกสูบเปรียบเสมือนความดันของอากาศใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก พื้นที่ของลูกสูบเปรียบเสมือนพื้นที่ของใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก จึงเกิดแรงยกกระทำต่อก้านสูบซึ่งเปรียบเสมือนตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกดังภาพที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 เปรียบเทียบแรงยกระหว่างกระบอกสูบนิวแมตริกซ์กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

2.9 สมการแบร์นูลี่ (Bernoulli's Equation)

จากกฎอนุรักษ์พลังงาน

$$E_{p1} + E_{k1} + W_1 = E_{p2} + E_{k2} + W_2 \quad (2.2)$$

$$P + \frac{1}{2}\rho V_1^2 + \rho g z_1 = P + \frac{1}{2}\rho V_2^2 + \rho g z_2 \quad (2.3)$$

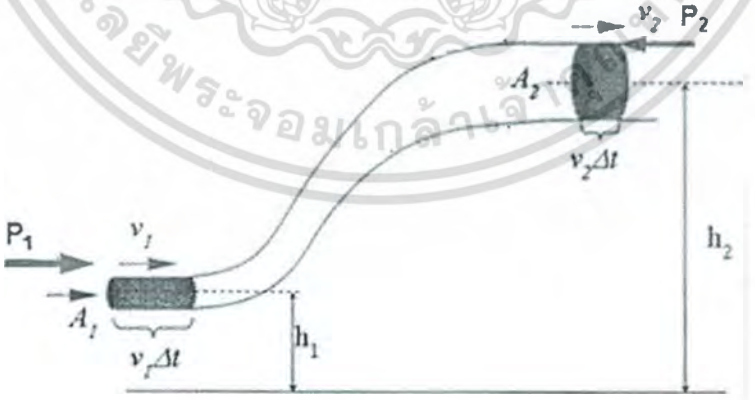
เมื่อ P : ความดัน (N/m^2)

ρ : ความหนาแน่นของการไหล (kg/m^3)

V : ความเร็วของการไหล (m/s)

g : ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (m/s^2)

z : ความสูง (m)



ภาพที่ 2.15 อ้างอิงระดับพลังงานศักย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

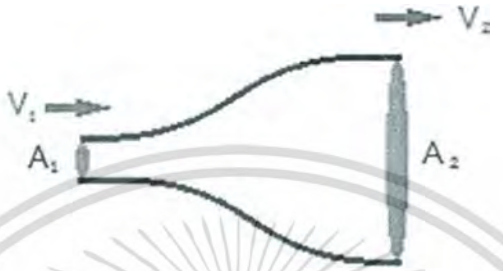
2.10 อัตราการไหล (Flow Rate)

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 \qquad (2.4)$$

เมื่อ Q : อัตราการไหล (m^3/s)

A : พื้นที่หน้าตัด (m^2)

V : ความเร็วของการไหล (m/s)



ภาพที่ 2.16 อ้างอิงอัตราไหลของท่อที่พื้นที่หน้าตัดไม่เท่ากัน

2.11 แรงลอยตัว

แรงลอยตัว คือแรงแรงกระทำในทิศทางพุ่งขึ้นที่ของไหลต่อต้านต่อน้ำหนักของวัตถุ ถ้ามองของไหลในแนวดิ่ง ความดันจะ เพิ่มขึ้นตามระดับความลึกอันเป็นผลจากน้ำหนักของของไหลที่อยู่ชั้นบนๆ ดังนั้นในแท่งของไหลหนึ่งๆ หรือวัตถุที่จมอยู่ในของไหลนั้นในระดับลึก จะพบกับความดันที่มากกว่าเมื่ออยู่ที่ระดับตื้น ความแตกต่างของความดันนี้เป็นผลจากแรงสุทธิที่มีแนวโน้มผลักดันวัตถุให้ขึ้น ไปข้างบน ขนาดของแรงนั้นเท่ากับความแตกต่างของความดันระหว่างจุดบนกับจุดล่างสุดของ แท่งของไหลนั้น ซึ่งเท่ากับน้ำหนักของของไหลที่อยู่ในแท่งของไหลนั้นด้วย ด้วยเหตุนี้ วัตถุที่มีความหนาแน่นมากกว่า ของไหลจะมีแนวโน้มที่จะจมลงไป ถ้าวัตถุมีความหนาแน่นน้อยกว่าของไหล หรือมีรูปร่างที่เหมาะสม (เช่นเรือ) แรงนั้นจะสามารถทำให้วัตถุลอยตัวอยู่ได้

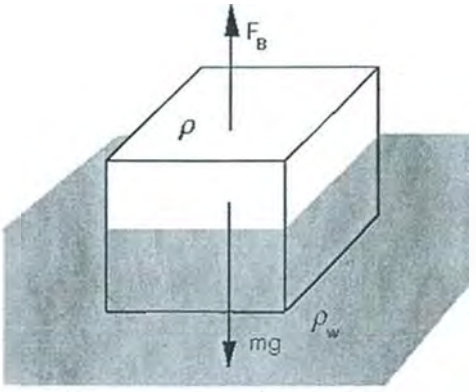
$$F_B = \gamma \times \forall \qquad (2.5)$$

เมื่อ F_B : แรงลอยตัว (N)

γ : น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (N/m^3)

$\forall$: ปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่ (m^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.17 แรงลอยตัวต่อวัตถุ

2.12 เพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดจุดหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆของเครื่อง ขณะใช้งานเพลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงดึง แรงกด โมเมนต์ และ โมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้ เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่ส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่ก็ตาม

สปินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้น เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง (Head-Stock-Spindle) เป็นต้น

สตัดชาฟ (Stub Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือ เครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมา สำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่นๆ

เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power Transmission shaft) หรือเพลาเมน (Main Shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง ใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆโดยเฉพาะ

แจ็คชาฟ (Jack Shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล

เพลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้ เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

เพลาอาจรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้ามาช่วย แรงเหล่านี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้เพลาเสียหายได้ เพราะความล้า ฉะนั้นจึงต้องมีการออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนี้เพลายังต้องมีความแข็งแกร่ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดที่จำกัดที่พอเหมาะ สำคัญในการกำหนดขนาดเพลา เพราะมีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุนได้ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลา เพราะมีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุเพลา ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลา นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลาต้องรับเป็นหลักโดยทั่วไปแล้ว จะพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลาตามขนาดระบุเพลา

วัสดุที่ใช้ทำเพลาทั่วไปคือ เหล็กกล้าละมุน (Mile steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานพิเศษ มักจะใช้เหล็กผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 3140, 1347, 4150 และ 4350 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 mm มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อนอย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนชนิดอื่น

ขนาดของเพลา เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลาซึ่งมีขนาดระบุ (Nominal size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเลือกได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลา ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.18

ภาพที่ 2.18 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ

ตารางที่ 2.1 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775 - 1969

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น mm				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	400

หลักพิจารณาในการออกแบบเพลาการคำนวณหาขนาดเพลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้น มุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ นั่นคือ เพลาจะต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็งเกร็งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยวตรงทางด้านตำแหน่ง แล้วยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือน มีผลให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น

ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรทั่วไปไม่เกิน 0.3 ต่อความยาวเพลา 1 เมตร สำหรับเพลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มุมบิดได้ถึง 10 ต่อความยาวเพลา 20 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา

การออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด (Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิติศาสตร์ (Static design method) ในการหาสมการสำหรับออกแบบเพลาให้พิจารณาเพลาในภาพที่ 2.19

ให้เพลามีลักษณะกลมและกลวง โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ dt และ d ตามลำดับ ความเค้นต่างๆที่เกิดขึ้นบนเพลามีดังต่อไปนี้ คือ

ความเค้นดึงหรือกด

$$\sigma_a = \frac{4F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \tag{2.6}$$

ความเค้นดัด

$$\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{32Md}{\pi(d^4 - d_i^4)} \tag{2.7}$$

ความเค้นเฉือน

$$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16Td}{\pi(d^4 - d_i^4)} \tag{2.8}$$

ในกรณีที่เป็นแรงกดอาจมีผลจากการโค้งงอ (Bucking) ได้ ดังนั้นสมการจะกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4\alpha a}{\pi(d^2 - d_i^2)} \tag{2.9}$$

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่วัฏจักร เพราะเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลานอกจากนั้นแรงที่กระทำอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณ ASME ใช้วิธีการแบบสถิติศาสตร์ ดังนั้นต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

เมื่อ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ดังนั้นสมการ (2.8) และ (2.9) จึงกลายเป็น

$$\sigma_b = \frac{32C_m Md}{\pi(d^4 - d_i^4)} \tag{2.10}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16C_t Td}{\pi(d^4 - d_i^4)} \tag{2.11}$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวมคือ

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_b \tag{2.12}$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau = \left[\tau_{xy}^2 + \left[\frac{\sigma}{2}\right]^2\right]^{1/2} \tag{2.13}$$

แทนค่าสมการลงในสมการข้างบนและจัดรูปใหม่จะได้

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)}\left[(C_1T)^2 + \left[\frac{\alpha Fd(1+K^2)}{8} + C_mM\right]^2\right]^{1/2} \tag{2.14}$$

โดยที่ $k = d_i/d$

กรณีที่ไม่มีแรง f กระทำอยู่ด้วยสมการ (2.8) จะลดรูปเหลือเพียง

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)}[(C_1T)^2 + (C_mM)^2]^{1/2} \tag{2.15}$$

ในกรณีของเพลาตัน $k = d_i/d = 0$ เมื่อแทนค่าลงในสมการ (2.9) ก็จะได้สมการ

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}[(C_1T)^2 + (C_mM)^2]^{1/2} \tag{2.16}$$

ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งสามารถดูได้จากตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาอยู่นิ่ง: แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลาหมุน:แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

สำหรับตัวประกอบความโค้งงอ ASME ได้แนะนำให้ใช้ดังนี้

$$\alpha = 1 \text{ เมื่อ F เป็นแรงดึง} \tag{2.17}$$

$$\alpha = \frac{1}{1-0.0044(L/K)} \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{L}{K} \leq 115 \tag{2.18}$$

$$\alpha = \frac{\sigma_y (L/K)^2}{\pi^2 nE} \tag{2.19}$$

เมื่อ n = 1.00 เมื่อปลายเป็นแบบ SS
n = 2.25 เมื่อปลายเป็นแบบ CC
n = 1.6 เมื่อปลายถูกขืนเป็นบางส่วน (partially nestrairde)
L = ความยาวจริงของเพลา

นอกจากนี้โค้ดของ ASME ยังได้ระบุไว้ว่า เพลาซึ่งใช้อยู่ในงานธรรมดาทั่วไปควรมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

$\tau_d = 55 \frac{N}{mm^2}$ สำหรับเพลาที่ไม่มีร่องลิ่ม

$\tau_d = 41 \frac{N}{mm^2}$ สำหรับเพลาที่มีร่องลิ่ม

แต่ถ้ากำหนดวัสดุของเพลาที่บอกถึงหมายเลขของโลหะหรือผสมโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งานจากสมการ โดยเลือกใช้ค่าน้อยมาคำนวณคือ

$$\tau_d = 0.3\sigma_y \quad \text{หรือ} \quad \tau_d = 0.3\sigma_u \tag{2.20}$$

และถ้าเพลามีร่องลิ่มให้ลดค่าความเค้นเฉือนการใช้งานโดยใช้เพียง 75% ของค่าสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็งเกร็งทางด้านการบิด

สำหรับเพลาที่มีขนาดสม่ำเสมอ มุมบิดเป็น rad จะหาค่าได้จากการ

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \qquad (2.21)$$

สำหรับเพลากลมตัน $J = \frac{\pi}{32} d^4$ ดังนั้นจึงหาค่ามุมบิดเป็นองศาได้จากสมการ

$$\theta = \frac{584TL}{Gd^4} \qquad (2.22)$$

เป็นเพลากลมกลวง

$$\theta = \frac{584TL}{(1-K^4)Gd^4} \qquad (2.23)$$

ฉะนั้นถ้าต้องการให้เพลามีความแข็งเกร็งตามลักษณะการใช้งานแล้วควรจะใช้สมการข้างบนนี้ตรวจสอบดูมุมบิดให้อยู่ในค่าที่ต้องการ

2.13 สายพาน

การคำนวณหาขนาดของสายพานในทางปฏิบัติ มักจะต้องทำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตสายพาน ซึ่งเมื่อเลือกขนาดของสายพานได้แล้ว ก็อาจจะตรวจสอบความเค้นในสายพานได้ด้วย แต่โดยปกติแล้วเมื่อเลือกสายพานตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตแล้วก็มักจะใช้งานได้อย่างปลอดภัย ทั้งนี้เพราะข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ได้ผ่านการทดสอบมาแล้วเป็นอย่างดี

การเลือกขนาดของสายพานในทางปฏิบัตินั้น มักจะเลือกจากกำลังงานที่แก้ไข (Corrected power) ซึ่งหาค่าได้จากสมการ

$$P = W_p N_s (1/N_a) \qquad (2.24)$$

โดยที่ P = กำลังงานที่แก้ไข

W_p = กำลังงานที่ต้องการส่ง

N_s = ตัวประกอบใช้งาน (service factor)

N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส (arc of contact correction factor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจึงคำนวณหาความกว้างสายพานได้จากสมการ

$$b = 25P/P_o \qquad (2.25)$$

โดยที่ b = ความกว้างสายพาน

P_o = กำลังที่สายพานกว้าง 25 mm ส่งได้

2.14 การทดกำลังของพูเล่ย์

การทดกำลังของพูเล่ย์ สำหรับการส่งกำลังด้วยสายพานโดยสามารถเปลี่ยนความเร็วรอบเป็นแรงบิด หรือเปลี่ยนจากแรงบิดเป็นความเร็วรอบ เพื่อให้เหมาะสมกับงานส่งกำลัง โดยการคำนวณ

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{T_1}{T_2} \qquad (2.26)$$

เมื่อ N_1 = ความเร็วรอบของล้อขับ

N_2 = ความเร็วรอบของล้อตาม

d_1 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อขับ

d_2 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อตาม

T_1 = แรงบิดของล้อขับ

T_2 = แรงบิดของล้อตาม

ภาพที่ 2.19 พูเล่ย์และสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาพที่ 2.20 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลปาล์มของประเทศมาเลเซีย

เกษตรกรจากประเทศมาเลเซียได้มีการพัฒนาเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เพื่อการขนถ่ายผลผลิตทางการเกษตรได้แก่ปาล์ม และผลผลิตชนิดอื่นๆ ซึ่งเรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่

2.15.1 ชุดสร้างแรงยก ประกอบด้วย เครื่องยนต์และใบพัดถูกติดตั้งที่ด้านหน้าของตัวเรือ ท่ออากาศ และเบาะอากาศ

2.15.2 ชุดสร้างแรงผลัก ประกอบด้วย เครื่องยนต์ ใบพัด และท่อลมถูกติดตั้งที่ด้านหลังของตัวเรือ

2.15.3 ชุดอุปกรณ์ขนถ่าย

ชุดอุปกรณ์ขนถ่าย ใช้พื้นที่ส่วนกลางของเรือในการติดตั้งกระบะขนถ่าย ซึ่งกระบะขนถ่ายสามารถยกเทเอาวัสดุที่ขนถ่ายออกได้ โดยที่ไม่ต้องใช้แรงงานคน

2.15.4 ระบบบังคับทิศทาง

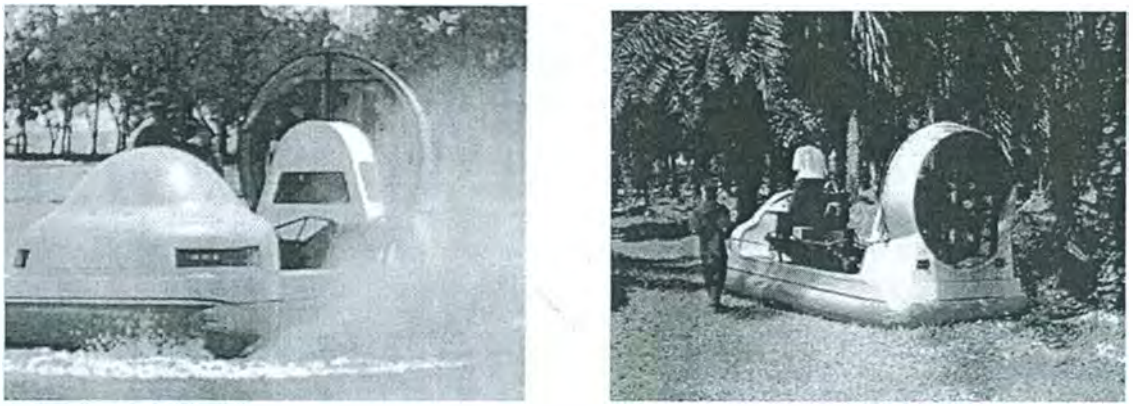
ระบบบังคับทิศทางมีหน้าที่ในการควบคุมทิศทางของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ซึ่งจะทำได้โดยการเปลี่ยนทิศทางของอากาศที่ถูกผลักออกมาจากใบพัดที่สร้างแรงผลักทางด้านหลังของเรือ ทำให้เรือสามารถเลี้ยวได้

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสร้างขึ้นด้วยวัสดุที่เรียกว่า FRP (Fiber Reinforced Plastic) โดยมีเครื่องยนต์ 2 เครื่อง เพื่อใช้ในการทำงาน 2 ส่วนคือ

(1) เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นต้นกำลังสำหรับชุดสร้างแรงยก

(2) เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นต้นกำลังสำหรับชุดสร้างแรงผลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.21 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกขณะแล่นบนน้ำและพื้นที่ปลูกปาล์ม

จากภาพที่ 2.21 แสดงภาพขณะทดสอบเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ทั้งบนบกและบกน้ำ แสดงให้เห็นว่าเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสามารถเคลื่อนผ่านภูมิประเทศทั้ง 2 ได้อย่างสะดวกสบายและมีความคล่องตัว

ตาราง 2.3 ผลการเปรียบเทียบรายได้ระหว่างการใช้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกเทียบกับแรงงานคน

รายการ	แรงงานคน	เรือสะเทินน้ำสะเทินบก
ราคา	-	RM 80,000
อายุการใช้งาน (ปี)	-	8
ระยะเวลาการทำงาน (วัน)	25	25
จำนวนแรงงานคน	9	6
FFB price per ton (RM)	RM 200	RM 200
ค่าใช้จ่าย	RM 30 / ตัน	RM 42 / ตัน
จำนวนผลผลิต / คน / วัน	1 ตัน / คน / วัน	2.33 ตัน / คน / วัน
จำนวนผลผลิต / วัน	9 ตัน / วัน	14 ตัน / วัน
จำนวนผลผลิต / เดือน	225 ตัน / เดือน	350 ตัน / เดือน
จำนวนผลผลิต / ปี	2700 ตัน /.ปี	4200 ตัน / ปี
รายได้ที่ทำได้ภายในองค์กร	RM 38,250 / เดือน	RM 55,425 / เดือน
รายได้ของคนงาน / คน / เดือน	RM 750 / เดือน	RM 1,167 / เดือน

หมายเหตุ : RM = เงินสกุลมาเลเซีย (Ringgit Malaysia , 1RM=10บาท ณ วันที่ 23/2/2545)

จากตารางที่ 2.3 แสดงให้เห็นว่าต้นทุนเมื่อใช้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสูงกว่าการใช้แรงงานคนแต่สามารถสร้างรายได้มากกว่า เรือสะเทินน้ำทะเทินบกจึงเป็นทางเลือกที่ดีในการนำไปใช้เพื่อการขนถ่ายปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างเรือสะเทินน้ำสะเทินบกอเนกประสงค์

3.1 การสร้างแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

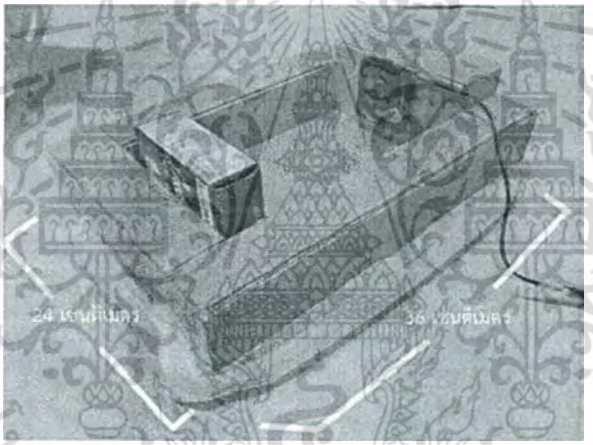
แบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสร้างขึ้นเพื่อศึกษาหลักการทำงานของเบาะอากาศ การยกตัวของเบาะอากาศ ประสิทธิภาพการรับน้ำหนัก และประสิทธิภาพการกำจัดแรงเสียดทาน สำหรับการประเมินแนวโน้มความเป็นไปได้ของยานพาหนะลำจริงที่ออกแบบด้วยหลักการเดียวกัน

แบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสร้างจากบอร์ดพลาสติก สร้างเป็นตัวยานพาหนะดังที่ออกแบบและค้นคว้าอย่างง่าย โดยมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ

3.1.1 ตัวยานพาหนะจำลอง

3.1.2 ใบพัดความดัน

3.1.3 เบาะอากาศ



ภาพที่ 3.1 ขนาดของแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ภาพที่ 3.2 เบาะอากาศของแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

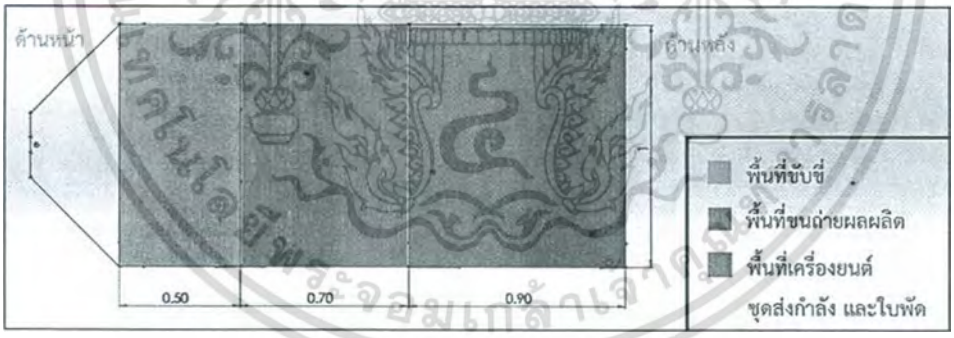
3.2 การออกแบบเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

3.2.1 การออกแบบพื้นที่ใช้งาน

จากการตรวจสอบและศึกษาถึงพื้นที่ใช้งานบนเรือสะเทินน้ำสะเทินบกและพื้นที่สำหรับติดตั้งเครื่องยนต์ต้นกำลังรวมไปถึงระบบขับเคลื่อน จำเป็นต้องได้รับการออกแบบที่สามารถจัดแบ่งพื้นที่ทำงานให้ลงตัวสำหรับการติดตั้งและใช้งานพื้นที่บนตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกโดยเน้นความสิ้นเปลืองพื้นที่ให้น้อยที่สุด พบว่าความกว้างของพื้นที่ใช้งาน (ไม่รวมท่ออากาศ) ที่เหมาะสมเท่ากับ 1 เมตร จากการสำรวจความต้องการพื้นที่ของอุปกรณ์และห้องโดยสารพบข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ความต้องการพื้นที่ของอุปกรณ์และห้องโดยสาร

รายการ	ความยาว (เมตร)	รายละเอียด
ห้องโดยสาร	0.50	พื้นที่สำหรับขับขี่ยานพาหนะ
ส่วนขนถ่ายผลผลิต	0.70	พื้นที่สำหรับขนถ่ายผลผลิตจากการประมง
เครื่องยนต์ต้นกำลัง	0.45	ความยาวของเครื่องยนต์
ชุดส่งกำลัง	0.35	ความยาวของชุดพูเล่ย์และยอย
ใบพัด	0.10	ความหนาของใบพัด



ภาพที่ 3.3 ผังแสดงพื้นที่ใช้งานบนตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (หน่วย : เมตร)

3.2.2 การประมาณน้ำหนักใช้งานของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

น้ำหนักเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญในการออกแบบและสร้างเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เพราะน้ำหนักทั้งหมดของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกรวมทั้งผู้ขับขี่และผลผลิตจะต้องถูกยกขึ้นโดยเบาะอากาศ ซึ่งความสามารถในการยกตัวของเบาะอากาศนั้นมีขีดจำกัดในการออกแบบน้ำหนักเป็นปัจจัยหลักที่พึงระวังจึงได้มีการสำรวจน้ำหนักของอุปกรณ์และขีดจำกัดการขนถ่ายผลผลิตที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้โดยได้ผลแสดงดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 น้ำหนักของอุปกรณ์และผลผลิตบนเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

รายการ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
เครื่องยนต์ต้นกำลัง	30
ใบพัด	5
ชุดส่งกำลัง	10
ผู้โดยสาร (1คน)	70
ผลผลิตจากการประมง	100
ตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	50
น้ำหนักชิ้นส่วนอื่นๆ	10
รวม	275

3.2.3 การออกแบบตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกที่ทำการสร้างจะเป็นเรือสะเทินน้ำสะเทินบกชนิดใบพัดเดียว อาศัยการแบ่งอากาศบางส่วนสำหรับการสร้างแรงยก และอีกส่วนสำหรับสร้างแรงผลัก จึงต้องมีการออกแบบแบ่งออกเป็น 8 ส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้

3.2.3.1 ตัวเรือหลัก (Hull part) : เป็นส่วนหลักของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก สำหรับการติดตั้งชิ้นส่วนอื่นๆเข้าด้วยกัน ทำหน้าที่รองรับผู้ขับขี่และผลผลิตจากการประมง ลอยตัวอยู่บนน้ำขณะที่ดับเครื่องยนต์

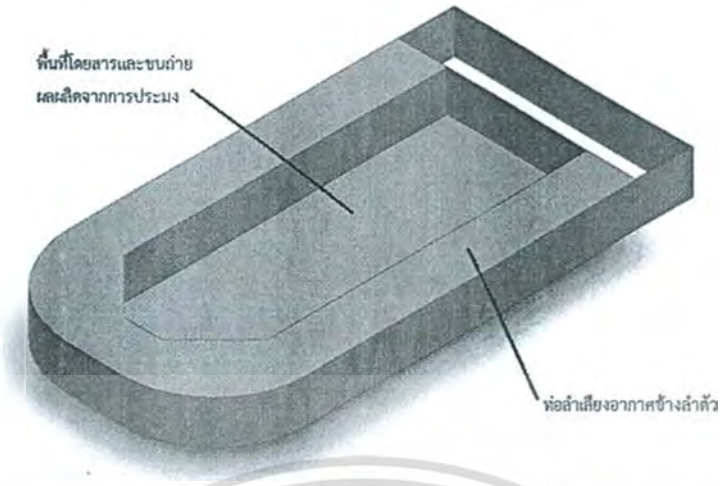
ตัวเรือหลักทำการสร้างด้วยไม้มะยมและไม้อัดกันน้ำ โดยใช้ไม้มะยมสำหรับขึ้นโครงกระดูกเรือ และส่วนที่ต้องรับน้ำหนักมาก ใช้ไม้อัดกันน้ำสำหรับส่วนที่รับน้ำหนักน้อย แต่ต้องการความอ่อนตัว และใช้เป็นผนังของตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ไม้เป็นวัสดุที่หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด มีน้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ มีความซับซ้อนในการสร้างที่น้อยกว่าวัสดุชนิดอื่นๆจึงเหมาะสมที่สุดในการสร้างต้นแบบเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

การออกแบบ : ตัวเรือหลักจะมีลักษณะของพื้นที่โดยสารและขนถ่ายผลผลิตเป็นรูปแบบของเรือท้องแบนที่ติดตั้งขาสกีคู่สำหรับรองรับการจอดบนพื้นแข็ง และช่วยรับแรงกระแทกกะทันหันของการจอดแบบปรกติ การจอดแบบฉุกเฉิน เพื่อไม่ให้ท้องเรือเกิดความเสียหาย

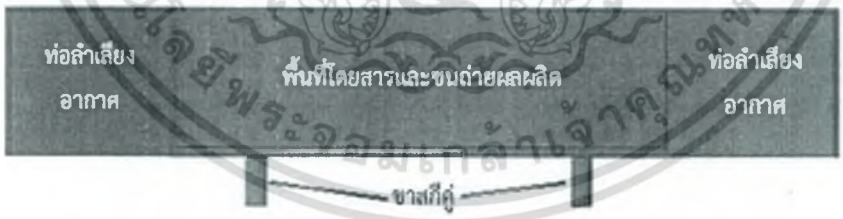
ด้านข้างของพื้นที่โดยสารและขนถ่ายผลผลิต จะมีการขึ้นรูปเป็นลักษณะท่ออากาศสำหรับการลำเลียงอากาศที่แบ่งจากใบพัดเพื่อให้เกิดการจ่ายอากาศไปทั่วรอบๆตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ก่อนที่จะจ่ายอากาศต่อไปยังเบาะอากาศที่จะติดตั้งเข้ากับเบาะอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 ตัวเรือหลักของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

ภาพที่ 3.5 ด้านล่างตัวเรือหลักของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับขนถ่ายผลผลิต
จากการประมง (สีเขียว : ตัวเรือหลัก , สีเหลือง : ขาสกีคู่)



ภาพที่ 3.6 ภาพตัดแสดงลักษณะของท่ออากาศด้านข้างตัวเรือ

3.2.3.2 **ตัวดักอากาศ** (Air scoop part) : **เป็นชิ้นส่วนหนึ่งของตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกโดยติดตั้งอยู่ด้านหลังใบพัด ทำหน้าที่แบ่งอากาศบางส่วนที่ออกจากใบพัดลงไปสู่ท่ออากาศสำหรับสร้างแรงยก**

ในการออกแบบและสร้างต้องคำนึงถึงขนาดของช่องลำเลียงให้มีขนาดที่สัมพันธ์กับอัตราการไหลของอากาศที่ออกจากใบพัด เพื่อป้องกันการอัดตัวของอากาศก่อนเข้าสู่ท่อลำเลียงอากาศอันเป็นสาเหตุทำให้สูญเสียความดัน

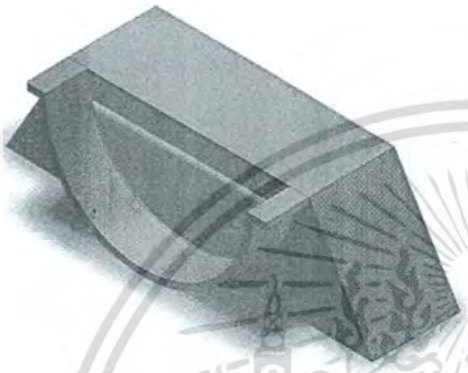
<u>การออกแบบ</u> : **ตัวดักอากาศเป็นรูปทรงกล่องทรงสี่เหลี่ยมคางหมูอย่างง่าย โดยด้านหน้ามีช่องรับอากาศที่มีขนาดเท่ากับพื้นที่ของใบพัดส่วนที่แบ่งอากาศสำหรับสร้างแรงยก ด้านล่างจะติดตั้งกับตัว**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ให้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

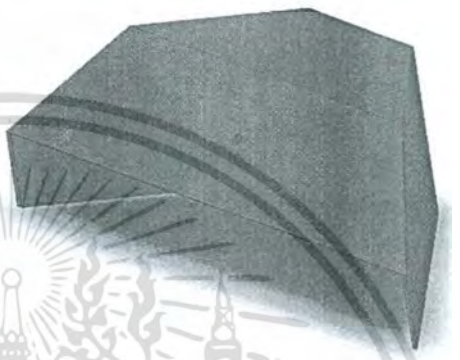
เรือหลักและเปิดโล่งเพื่อส่งผ่านอากาศไปยังท่อดักอากาศ โดยภายในตัวดักอากาศจะติดตั้งแผงลบมุมวิกฤต เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเกิดการอัดตัวอันนำไปสู่การสูญเสียความดัน

3.2.3.3 แผงควบคุม (Console) : เป็นชิ้นส่วนด้านหน้าสำหรับติดตั้งคันบังคับ สวิทช์ควบคุมระบบไฟฟ้า หน้าจอแสดงผล

การออกแบบ : ออกแบบให้มีขนาดความสูงที่เข้ากับศรีระของผู้ขับขี่ เพื่อลดความล้าของการขับขี่ ช่วยให้เกิดความคล่องตัวในการขับขี่ และสามารถติดตั้งหรือเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ต่างๆในอนาคต



ภาพที่ 3.7 ตัวดักอากาศ

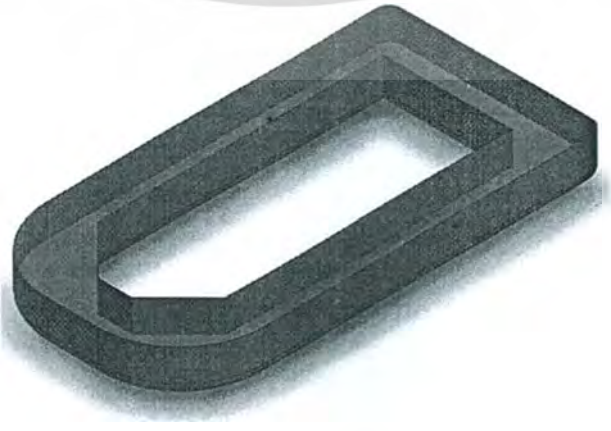


ภาพที่ 3.8 แผงควบคุม

3.2.3.4 เบาะอากาศ (Air Cushion) : เป็นชิ้นส่วนที่สำคัญสำหรับการเคลื่อนที่ เบาะอากาศทำหน้าที่กำจัดแรงเสียดทานระหว่างตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกกับพื้นผิว สำหรับการเคลื่อนที่

การออกแบบ : ออกแบบให้มีความสะดวกในการช่วยลำเลียงอากาศและถ่ายเทอากาศจากภายในท่อลำเลียงอากาศไปสู่ใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เบาะอากาศจำเป็นต้องสร้างจากวัสดุจำพวกพลาสติกที่มีคุณสมบัติทนต่อแรงดึง แรงเสียดทาน บาง อ่อนตัว ผิวสัมผัสเรียบ

เบาะอากาศจะเป็นลักษณะเหมือนห่วงยางขณะพองตัว โดยติดตั้งกับขอบท่อลำเลียงอากาศด้านนอกและอีกด้านติดกับขอบท้องเรือด้านใน และไม่ให้มีช่องเล็ดลอดของอากาศในรอยต่อเพื่อป้องกันการสูญเสียความดันภายใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

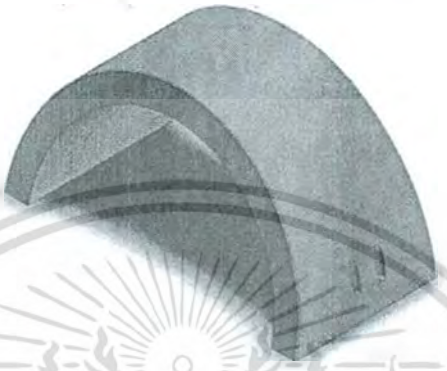


ภาพที่ 3.9 เบาะอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.5 ท่อครอบใบพัด (Duct) : เป็นชิ้นส่วนท่ออากาศส่วนบนที่ติดตั้งร่วมกับตัวดักอากาศ มีหน้าที่ลดการสูญเสียความดันของใบพัด และช่วยให้อากาศออกจากใบพัดมีทิศทางเป็นเส้นตรง เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่

การออกแบบ : เป็นลักษณะของท่ออากาศส่วนบน ที่ติดตั้งกับตัวดักอากาศโดยมีรัศมีความโค้งมากกว่าใบพัด 1-2 เซนติเมตร เพื่อไม่ให้ชิดกับปลายใบพัดจนเกินไป



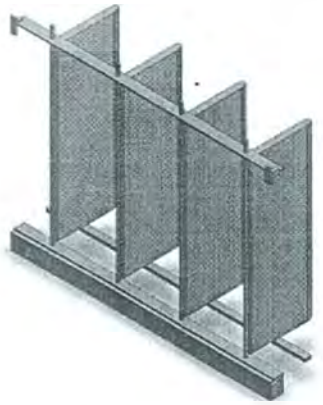
ภาพที่ 3.10 ท่อครอบใบพัด

3.2.3.6 หางเสืออากาศ (Air Rudder) : เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่บังคับทิศทางของอากาศที่ออกจากใบพัด ในส่วนของอากาศขับดัน อากาศที่ออกจากใบพัดส่วนนี้มีความดันและความเร็ว เมื่อกระทำต่อพื้นที่หางเสือจะเกิดเป็นแรงกระทำในทิศทางตั้งฉากกับพื้นผิวหางเสือ ทำให้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสามารถบังคับทิศทางได้ (เลี้ยว)

การออกแบบ : เป็นครีบหางเสือ ติดตั้งด้านหลังใบพัด สามารถบังคับทิศทางด้วยสายโลหะท่อแข็งที่ติดตั้งกับคันบังคับ

3.2.3.7 คันบังคับ (Steering) : เป็นชิ้นอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับการขับขี่ โดยมีคันเร่งและมีสายโลหะข้อแข็งสำหรับบังคับหางเสืออากาศติดตั้งร่วมด้วย สำหรับการควบคุมความเร็วและทิศทาง

การออกแบบ : เป็นคันบังคับในลักษณะของบาร์โค้งแนวนอน เช่นเดียวกับคันบังคับของจักรยานยนต์ เนื่องจากมีความคล่องตัว ความซับซ้อนต่ำ และง่ายต่อการควบคุม



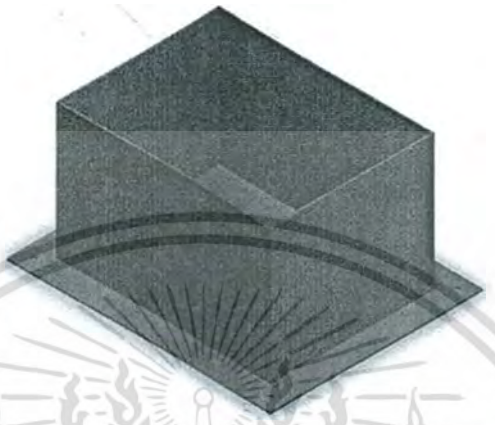
ภาพที่ 3.11 หางเสืออากาศ

ภาพที่ 3.12 คันบังคับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.8 กระบะขนถ่ายผลผลิต (Pickup) : เป็นชิ้นส่วนของกระบะสำหรับขนถ่ายผลผลิตจากการประมงของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก สำหรับการบรรทุกผลผลิต

<u>การออกแบบ</u> : เป็นกระบะที่ติดตั้งอยู่กลางลำของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เนื่องจากอยู่ใกล้จุดศูนย์ถ่วง ทำให้ไม่มีผลต่อสมดุลของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก กระบะขนถ่ายผลผลิตสามารถถอดหรือติดตั้งเข้ากับตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกได้ง่าย สำหรับการใช้อุปกรณ์ช่วยขนถ่าย เช่น รอก



ภาพที่ 3.13 กระบะขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

3.2.4 การคำนวณหาความสูงของตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกต้องมีความสามารถในการลอยนิ่งอยู่บนผิวน้ำในกรณีที่เครื่องยนต์ดับหรือเบาลง เพื่อไม่ให้ผู้ขับขี่ได้รับอันตรายจากการจมน้ำ และทำให้สามารถหยุดนิ่งบนผิวน้ำสำหรับการทำงานบนเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

จากการออกแบบพื้นที่ใช้งานบนตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ทำให้ทราบพื้นที่ของท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบกที่จะเกิดการจมลงในน้ำเมื่อลอยตัวอยู่บนผิวน้ำ จึงต้องมีความสูงของขอบเรือสะเทินน้ำสะเทินบกดังเช่นเรือท้องแบนทั่วไป เพื่อให้เกิดการแทนที่น้ำบนผิวน้ำโดยจะเกิดแรงลอยตัวที่มากพอสำหรับการรับน้ำหนักผู้ขับขี่และผลผลิตจากการประมงที่ทำการบรรทุก อย่างไรก็ตาม ควรออกแบบให้มีค่าความเผื่อที่มากพอในกรณีที่ผิวน้ำเกิดคลื่นปะทะขณะที่เรือสะเทินน้ำสะเทินบกแล่นอยู่บนน้ำหรือขณะที่เกิดความเอียงในการแล่นขึ้นบกและแล่นลงน้ำ

จากสมการที่ (2.5)

$$F_B = \gamma \times \forall$$

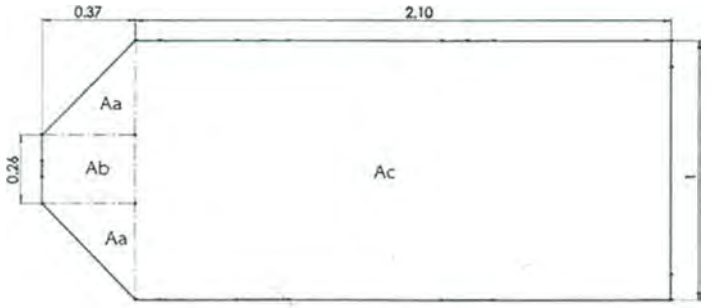
เมื่อ F_B = น้ำหนักของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสุทธิ (N)

γ = ผลคูณระหว่างความหนาแน่นของน้ำ (ρ) กับอัตราเร่งโน้มถ่วงของโลก (g) , น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (N/ m^3)

$\forall$ = ผลคูณระหว่างพื้นที่ขนถ่ายของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (A) กับความสูงของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (h) , ปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่ (m^3)

จะได้ว่า $F_B = \rho g A h$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.14 พื้นที่โดยสารและขนถ่ายวัสดุ (m)

โดยพื้นที่โดยสารและขนถ่ายรวม (A) จากภาพที่3.16 หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$A = 2A_a + A_b + A_c$$

เมื่อ A_a = ½ x ฐาน x สูง = ½ x ((1-0.26)/2) x 0.37 = 0.065 m^2

A_b = ฐาน x สูง = 0.26 x 0.37 = 0.097 m^2

A_c = ฐาน x สูง = 1 x 2.10 = 2.25 m^2

แทนค่า $A = 2\ (0.065) + 0.097 + 2.25$

$A = 2.47\ m^2$

โดยค่าความเผื่อของแรงลอยตัวเท่ากับ 2.8

เพราะฉะนั้น $F_B = 2.8 \times 3041.1 = 8515.08$ N

เมื่อ $F_B = 8515.08$ N

$\rho = 1000$ kg/m^3

$g = 9.81$ m/s^2

$A = 2.47$ m^2

แทนค่า $F_B = 1000 \times 9.81 \times 2.47 \times h$

$h = 8515.08 / (1000 \times 9.81 \times 2.47)$

$h = 0.35$ m

ความสูงของตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเท่ากับ 0.35 เมตร

3.2.5 การคำนวณหาความดันทำงานของเบาะอากาศ

จากสมการที่ (2.5) $W_t = P_C \times A_H$

เมื่อ W_t = น้ำหนักของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสุทธิ (N)

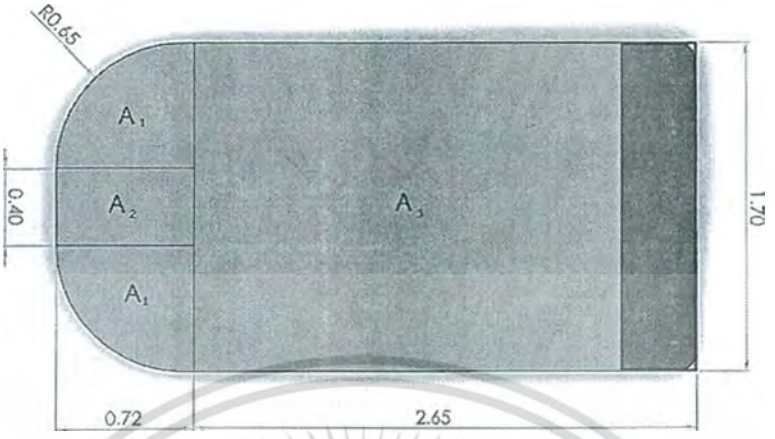
P_C = ความดันของอากาศ (Pa, N/m^2)

A_H = พื้นที่ทั้งหมดของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (m^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อค่าความเผื่อของแรงยกเท่ากับ 2

เพราะฉะนั้น $W_t = 2 \times 3041.1 = 6082.2$ N



ภาพที่ 3.15 พื้นที่รวมของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

โดยพื้นที่รวม (A) จากภาพที่ 3.17 หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$A = 2A_1 + A_2 + A_3$$

เมื่อ $$A_1 = \frac{\pi R^2}{4} = \frac{\pi(0.65)^4}{4} = 0.33\ m^2$$

$$A_2 = \text{ฐาน} \times \text{สูง} = 0.40 \times 0.72 = 0.28\ m^2$$

$$A_3 = \text{ฐาน} \times \text{สูง} = 1.70 \times 2.65 = 4.50\ m^2$$

แทนค่า $A = 2\ (0.33) + 0.28 + 4.50$

$A = 5.44\ m^2$

แทนค่า $P = 6082.20 / 5.44$

$P = 1118.05$ Pa , N/m^2

ความดันทำงานของเบาะอากาศต้องมากกว่า 1118.05 ปาสคาล (Pa)

3.2.6 การเลือกใบพัด

เลือกใช้ใบพัดของพัดลมระบายอากาศชนิดพัดลมท่อ เนื่องจากมีอัตราการไหลและความดันสูงกว่าใบพัดของพัดลมชนิดอื่นๆ ความซับซ้อนของอุปกรณ์ที่น้อย จึงเหมาะกับการนำมาใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบกที่สุด

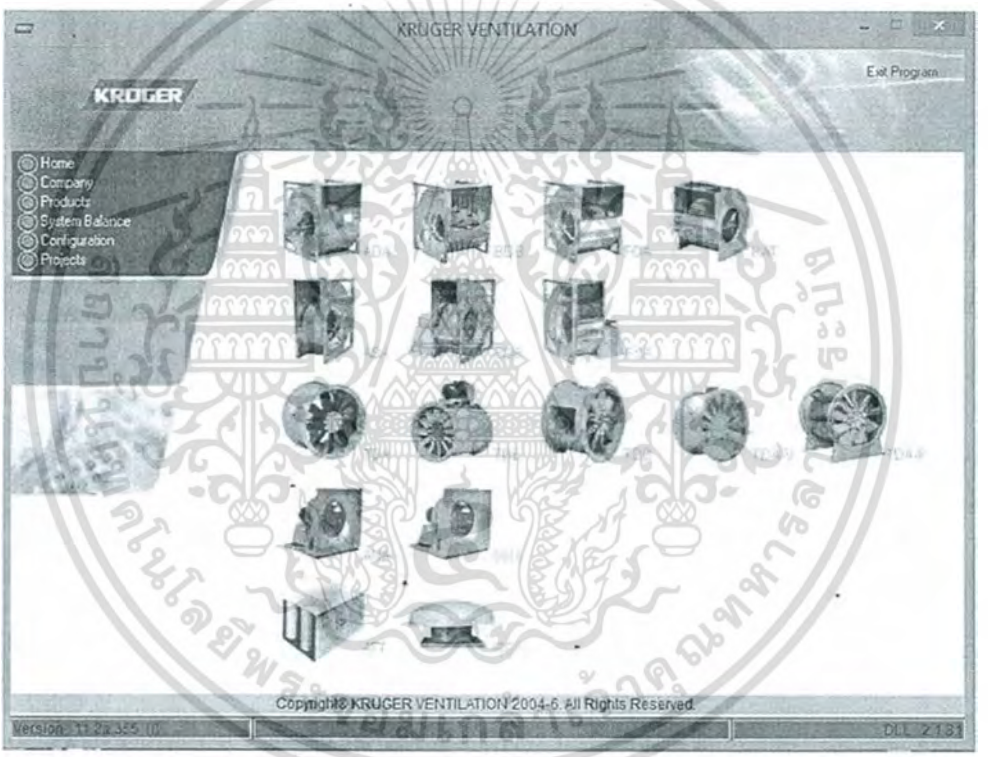
ขนาดของใบพัดบนเรือสะเทินน้ำสะเทินบกชนิดใบพัดเดียวที่เหมาะสมที่สุด จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ 700 ถึง 1500 มิลลิเมตร สำหรับเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับขนถ่ายผลผลิตจากการประมงได้มีการออกแบบความกว้างของพื้นที่โดยสารและขนถ่ายผลผลิตเท่ากับ 1 เมตร ใบพัดที่ทำการสำรวจและจัดหามาใช้จึงควรมีขนาดไม่เกิน 1000 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นขนาดที่มีความสมส่วน หาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบพัดมีขนาดที่ใหญ่เกินไปจะทำให้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีความสูงมากขึ้น ส่งผลให้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกเกิดอากาศเสียสมดุลหรือเอียงตัวได้ง่ายขณะอยู่ในสภาวะลอยตัว และยากต่อการควบคุมทิศทาง

ทางคณะผู้ปฏิบัติโครงงานได้ทำการสำรวจหาใบพัดของพัดลมท่อในต้องตลาด พบว่าขนาดใบพัดสูงสุดที่สามารถจัดหาได้เหมาะสมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดอยู่ที่ 900 มิลลิเมตร โดยเป็นใบพัดที่ผลิตจากวัสดุตระกูลพลาสติกเหนียว ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดอื่นๆจะผลิตจากโลหะจำพวกอลูมิเนียมอัลลอย ซึ่งไม่เหมาะสม เนื่องจากความคงทนต่อสภาวะการทำงานน้อยกว่าใบพัดที่ผลิตจากวัสดุจำพวกพลาสติกเหนียว อาทิ การทำงานที่ความเร็วรอบต่ำกว่า รับการโก่งตัวได้น้อยกว่า ความปลอดภัยต่อการใช้งานต่ำกว่า

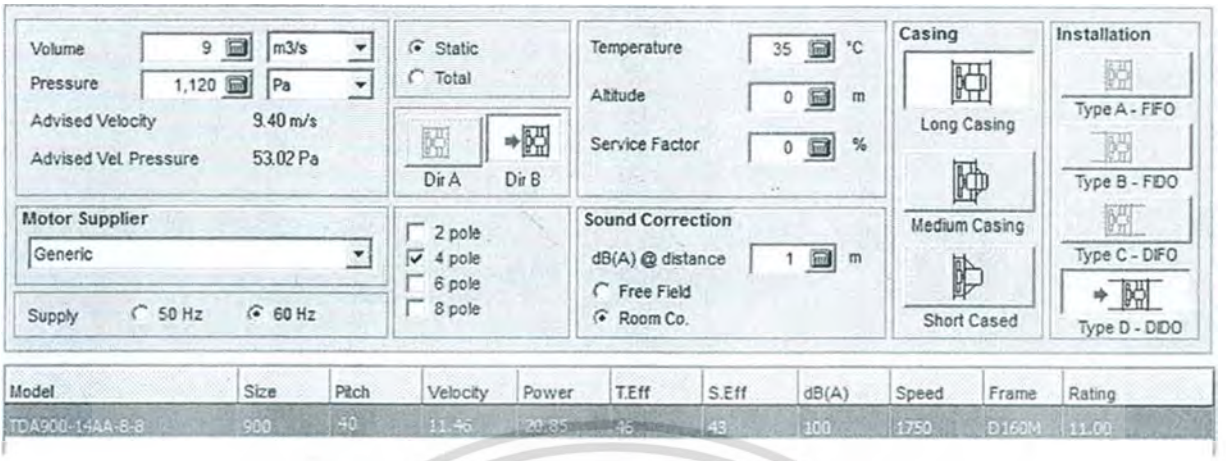
ใช้ซอร์ฟแวร์คอมพิวเตอร์ในการเลือกใบพัด (kruger v11.2a) ซึ่งเป็นซอร์ฟแวร์สำเร็จรูปในการเลือกใบพัดของพัดลมท่อ โดยการกำหนดค่าคุณสมบัติที่ต้องการ จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณขนาด รุ่น ชนิด ความเร็วทำงาน และกำลังที่ต้องการ



ภาพที่ 3.16 ลักษณะของซอร์ฟแวร์ kruger v11.2a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

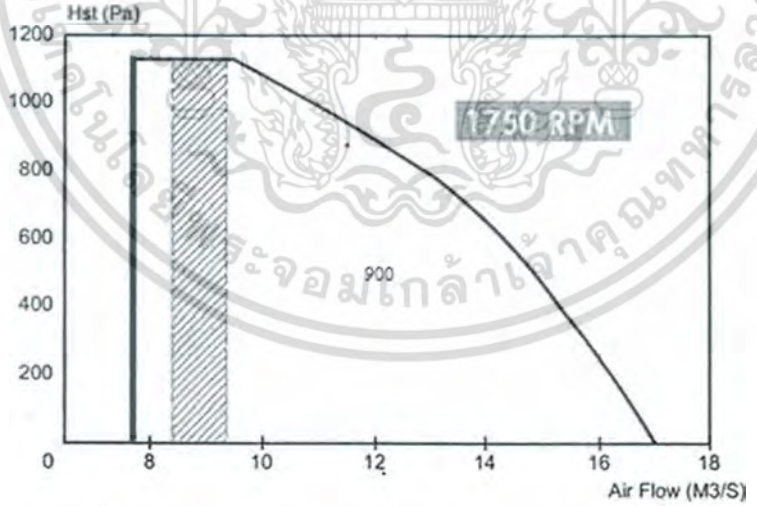
กำหนดค่าคุณสมบัติต่างๆดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 การกำหนดคุณสมบัติใบพัดบนซอร์ฟแวร์ kruger v11.2a

ได้รับรายละเอียดของใบพัดที่ต้องการดังนี้

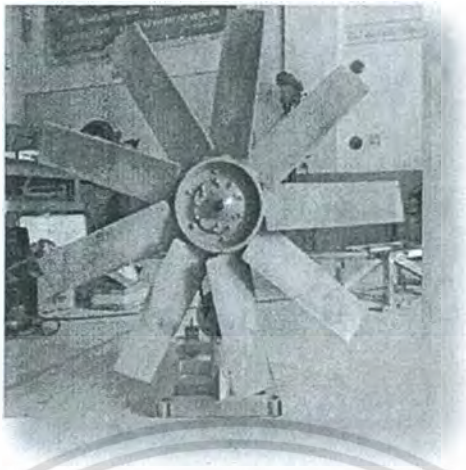
* รุ่น TDA900 -14AA -8 -8
* ขนาด 900 มิลลิเมตร
* จำนวน 9 ใบ (Blades) ระยะพิช 40 องศา
* ความเร็วอากาศ 11.46 เมตร/วินาที ที่ความเร็ว 1750 รอบต่อนาที
* กำลังที่ต้องการ 20.85 กิโลวัตต์ หรือ 27.94 แรงม้า ที่ 1750 รอบต่อนาที
* กราฟคุณลักษณะของใบพัดดังภาพ



ภาพที่ 3.18 กราฟคุณสมบัติของพัดลม รุ่น TDA900 -14AA -8 -8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวติดต่อสั่งซื้อใบพัดกับผู้ผลิต



ภาพที่ 3.19 ใบพัดเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

3.2.7 การเลือกเครื่องยนต์ต้นกำลัง

ใบพัดต้องการกำลังเท่ากับ 20.85 กิโลวัตต์ หรือ 27.94 แรงม้า ที่ความเร็วทำงานออกแบบ (1750 รอบต่อนาที) ซึ่งจำเป็นต้องเลือกเครื่องยนต์ต้นกำลังที่ให้กำลังสูงสุดมากกว่า 20.85 กิโลวัตต์ หรือ 27.94 เป็นการเผื่อขนาดของต้นกำลังในกรณีที่ต้องการอัตราเร่งหรือการรับภาระมากกว่าปรกติ (มากกว่าที่ออกแบบ) และไม่ทำให้เครื่องยนต์ทำงานหนักเกินไป เนื่องจากเครื่องยนต์ขนาดเล็กจะต้องทำการเร่งมากกว่าเครื่องยนต์ที่มีขนาดใหญ่ ส่งผลให้เกิดการสึกหรอที่มากขึ้นตามความเร็วเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น

ทั้งนั้นก็ยังมีความจำเป็นในการเลือกเครื่องยนต์ที่มีน้ำหนักเบา เพราะไม่ทำให้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีภาระของน้ำหนักที่จะส่งผลทำให้แรงยกน้อยลง ผู้ออกแบบได้ทำการศึกษาถึงลักษณะเครื่องยนต์ประเภทต่างๆที่สามารถหาซื้อได้ในท้องตลาด โดยมีความสนใจต่อเครื่องยนต์อยู่สามประเภทดังนี้

1. เครื่องยนต์แก๊สโซลีนชนิดโรตารี่
2. เครื่องยนต์แก๊สโซลีนชนิดลูกสูบ 2 จังหวะ
3. เครื่องยนต์แก๊สโซลีนชนิดลูกสูบ 4 จังหวะ

ผู้ออกแบบทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้พบว่า เครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนกำลังต่อน้ำหนักเครื่องยนต์ (BHp / W_{engine}) เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้

เครื่องยนต์โรตารี่ เครื่องยนต์ 2 จังหวะ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ

ภาพที่ 3.20 ภาพแสดงเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนกำลังต่อน้ำหนักสูงไปหาน้อย

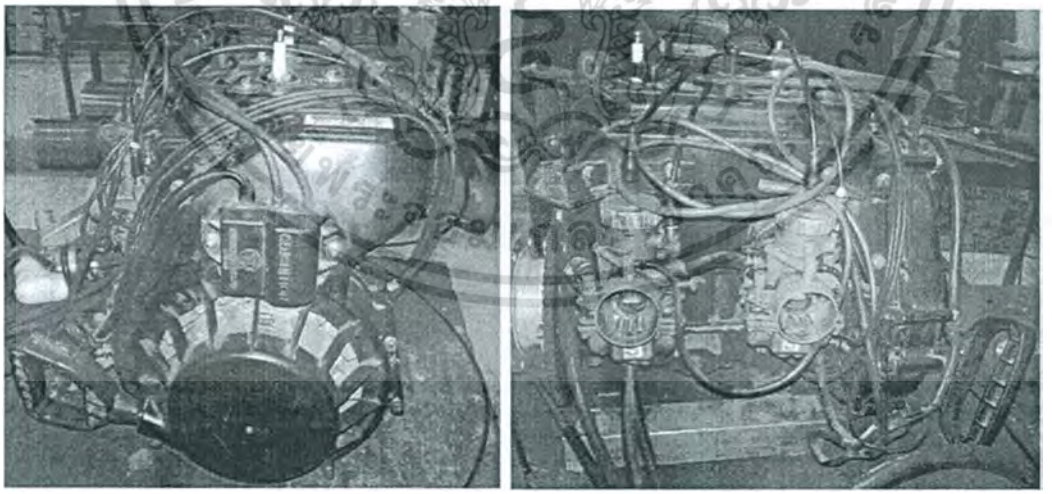
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเครื่องยนต์ชนิดโรตาลี่มีอัตราส่วนกำลังต่อน้ำหนักสูงสุด แต่อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและอัตราการสึกหรอนั้นสูงมากเกินกว่าความเหมาะสมต่อการใช้งานบนเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เครื่องยนต์ 4 จังหวะมีอัตราส่วนกำลังต่อน้ำหนักต่ำ ซึ่งน้อยกว่าจะยอมรับได้ อีกทั้งยังไม่เหมาะต่อการนำมาใช้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนใบพัด เนื่องจากแรงบิดที่ช่วงปลายค่อนข้างต่ำ ทำให้ต้องเลือกเครื่องยนต์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นอีก ทำให้น้ำหนักก็ย่อมมากขึ้นอีกเช่นกัน

ผู้ออกแบบจึงตัดสินในเลือกใช้งานเครื่องยนต์ชนิด 2 จังหวะ เนื่องจากมีความเหมาะสมกับเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสูงสุด ในด้านของแรงบิดในช่วงปลาย ความสะดวกในการซ่อมบำรุงและติดตั้ง อีกทั้งยังเป็นที่นิยมในหมู่ประชาชนผู้ใช้เรือในการสัญจรบนคลอง ทำให้สามารถหาอะไหล่สำหรับการซ่อมบำรุงได้ง่าย

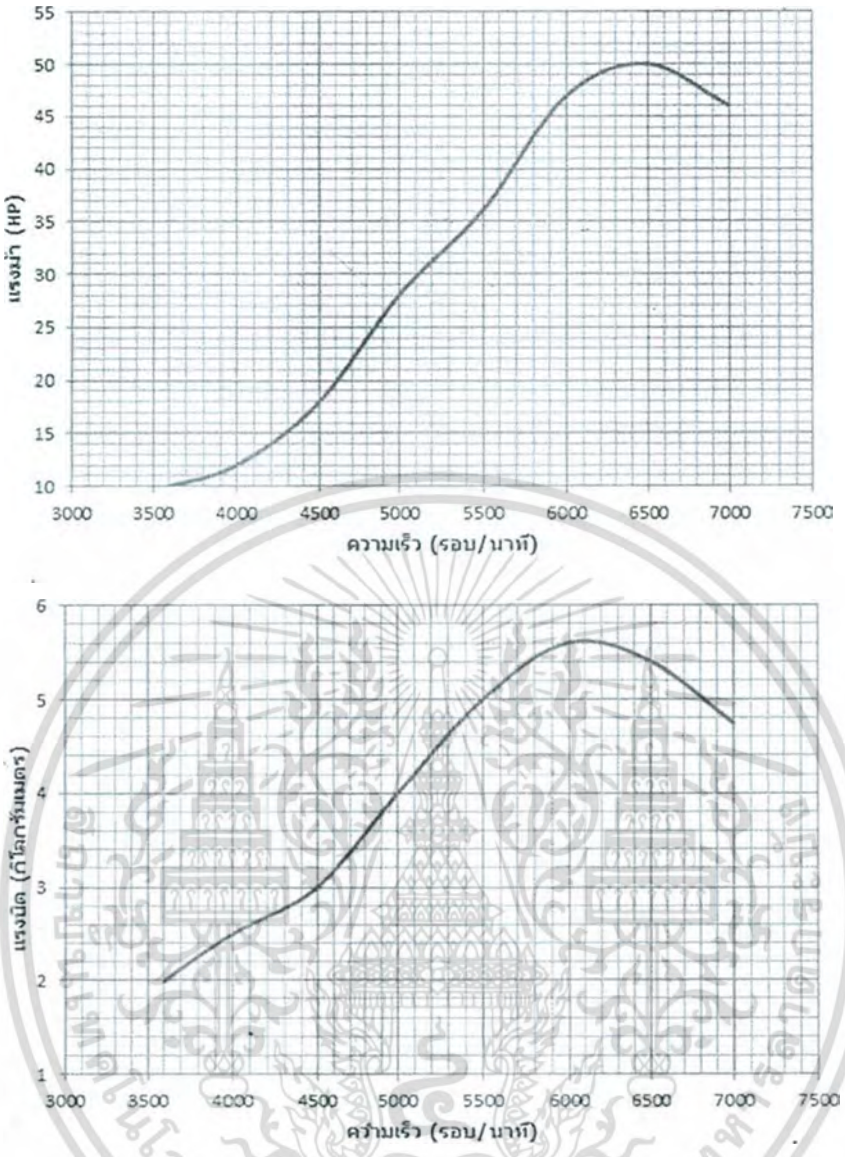
ผู้ออกแบบทำการเลือกใช้เครื่องยนต์ของบริษัท SUBARU รุ่น Fuji Robin ec50pm ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- ชนิดลูกสูบ 2 จังหวะ จำนวน 2 สูบ
- มีกำลังสูงสุด 50 แรงม้า (37.28 kW) ที่ความเร็ว 6500 รอบต่อนาที
- ปริมาตรความจุกระบอกสูบ 488 cc
- ระบายความร้อนด้วยอากาศ
- ควบคุมการจุดระเบิดด้วย CDI
- สตาร์ทเครื่องยนต์ด้วยระบบไฟฟ้า
- เจนเนอร์เรเตอร์ขนาด 150 W
- 2 คาร์บูเรเตอร์
- เชื้อเพลิงชนิดแก๊สโซลีน



ภาพที่ 3.21 เครื่องยนต์ 2 จังหวะรุ่น Fuji Robin ec50pm (ซ้าย : ด้านหน้า , ขวา : ด้านข้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.22 กราฟแสดงคุณลักษณะของเครื่องยนต์ 2 จังหวะรุ่น Fuji Robin ec50pm

จากกราฟแสดงคุณลักษณะพบว่ากำลังในการทำงานของใบพัดจะอยู่ที่ความเร็ว 5000 รอบต่อนาที ซึ่งเท่ากับ 71.42 % ในแง่ของความเร็วสูงสุดของเครื่องยนต์ หรือเท่ากับ 56 % ในแง่ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ แสดงให้เห็นว่าเครื่องยนต์เหลือกำลังสำหรับในกรณีที่ต้องการอัตราเร่งหรือการรับภาระเกินภาระออกแบบได้อีกพอสมควร

3.2.8 การคำนวณหาความกว้างของท่ออากาศข้างลำตัว

พื้นที่หน้าตัดของท่อข้างลำตัวต้องไม่ต่ำกว่าพื้นที่หน้าตัดของใบพัดในส่วนที่แบ่งอากาศสำหรับการสร้างแรงยก หากพื้นที่หน้าตัดของท่อลำเลียงอากาศน้อยกว่าพื้นที่หน้าตัดของใบพัดในส่วนที่แบ่งอากาศสำหรับสร้างแรงยก จะทำให้อากาศที่จะส่งไปยังเบาะอากาศถูกอัดตัวภายในท่ออากาศ ทำให้ความดันในเบาะอากาศลดลงและทำให้อากาศถูกอั้นและตีกลับออกจากใบพัดในส่วนที่แบ่งสำหรับสร้างแรงยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากทราบขนาดความสูงของตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกจากการคำนวณ มีค่าเท่ากับ 0.35 เมตร จึงทำการคำนวณหาค่าความกว้างของท่ออากาศสำหรับทำให้พื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่าพื้นที่หน้าตัดของใบพัดในส่วนที่แบ่งอากาศสำหรับสร้างแรงยก โดยความกว้างของท่ออากาศที่ออกแบบไม่ควรมีค่ามากเกินไป เนื่องจากจะส่งผลให้ความกว้างของกระโปรงเบาะอากาศมากขึ้น จะส่งผลให้อากาศภายในเบาะอากาศเล็ดลอดออกจากใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบกได้ยาก ส่งผลให้ตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกกำจัดแรงเสียดทานได้ไม่ดีพอ อีกทั้งยังส่งผลให้เบาะอากาศเสียหายเร็วเกินไป

กำหนดให้อากาศสำหรับสร้างแรงยกภายในเบาะอากาศมีอัตราป้อนเท่ากับ 4.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เนื่องจากพื้นที่ทางการประมงมีความลำบากมากกว่าบนพื้นที่ปรกติ จึงเกิดการสูญเสียความดันภายในเบาะอากาศได้ง่าย จึงต้องมีอัตราป้อนอากาศที่เพียงพอ เพราะการสูญเสียอากาศหรืออากาศรั่วไหลออกมากเกินไปจะทำให้ความดันภายในเบาะอากาศลดลด ส่งผลให้แรงยกตัวลดลงหรืออาจจะไม่พอสำหรับการยกตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

จาก พื้นที่หน้าตัดเต็มของใบพัด ให้อัตราการไหลเท่ากับ 9 ลูกบาศ์กเมตรต่อวินาที เพราะฉะนั้น อัตราไหลป้อนเข้าเบาะอากาศเท่ากับ 4.5 ลูกบาศ์กเมตรต่อวินาที จึงเท่ากับครึ่งหนึ่งของพื้นที่หน้าตัดของใบพัด หรือ เป็นความสูงของใบพัดเท่ากับ 45 เซนติเมตรจากเส้นรอบวง

ภาพที่ 3.23 ลักษณะการแบ่งอากาศโดยการแบ่งพื้นที่หน้าตัดของใบพัด

หาพื้นที่หน้าตัดของใบพัดส่วนที่จ่ายเข้าสู่ตัวดักอากาศด้วยสมการหาพื้นที่วงกลม

$$\text{พื้นที่จ่ายอากาศของใบพัด} = \frac{\pi(r)^2}{2}$$

โดย r = รัศมีของใบพัด (m)

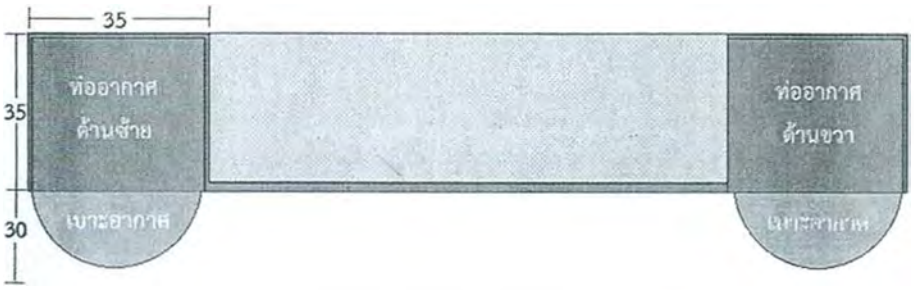
$$\text{แทนค่า พื้นที่จ่ายอากาศของใบพัด} = \frac{\pi(0.45)^2}{2}$$

พื้นที่จ่ายอากาศของใบพัด = 0.318 ตารางเมตร

จากผลการคำนวณ หมายความว่า พื้นที่หน้าตัดของท่ออากาศมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.318 ตารางเมตร โดยท่ออากาศข้างลำตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกมี 2 ข้าง ซึ่งตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีความสูง 0.35 เมตร และกำหนดให้ความกว้างของท่ออากาศเท่ากับ 0.35 เมตร เพื่อให้เกินความสมส่วนในลักษณะของท่ออากาศทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสและง่ายต่อการสร้าง รวมทั้งกำหนดความสูงของเบาะอากาศที่ติดตั้งกับท่ออากาศเท่ากับ 30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อยืนยันว่าพื้นที่หน้าตัดของท่อลำเลียงอากาศข้างลำตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกไม่น้อยกว่า พื้นที่หน้าตัดของส่วนที่แบ่งอากาศเข้าสู่เบาะอากาศของใบพัด



ภาพที่ 3.24 แสดงพื้นที่หน้าตัดของท่อลำเลียงอากาศทั้งสองด้าน (เซนติเมตร)

ตรวจสอบความถูกต้อง

พื้นที่หน้าตัดรวมของท่ออากาศ = (2 x ความกว้างของท่ออากาศ x ความสูงของท่ออากาศ)
+ (π x ความสูงของเบาะอากาศ^2)

พื้นที่หน้าตัดรวมของท่ออากาศ = (2 x 0.35 เมตร x 0.35 เมตร) + (3.14 x 0.30^2 เมตร^2)

พื้นที่หน้าตัดรวมของท่ออากาศ = 0.527 ตารางเมตร

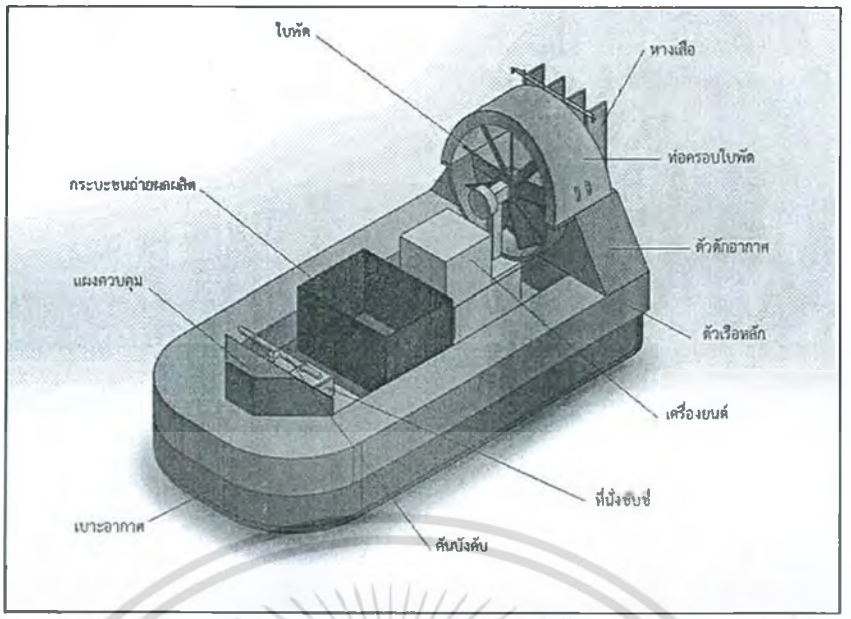
พื้นที่หน้าตัดรวมของท่ออากาศ	มากกว่า	พื้นที่จ่ายอากาศของใบพัด
0.527 ตารางเมตร	>	0.318 ตารางเมตร

ถือว่าสามารถใช้งานได้

3.2.9 ลักษณะของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

จากการออกแบบและคำนวณ สามารถสรุปผลการออกแบบและกำหนดขนาดของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง โดยมีลักษณะของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตได้ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.25 ลักษณะของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ขนาดของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (หน่วย : เมตร)

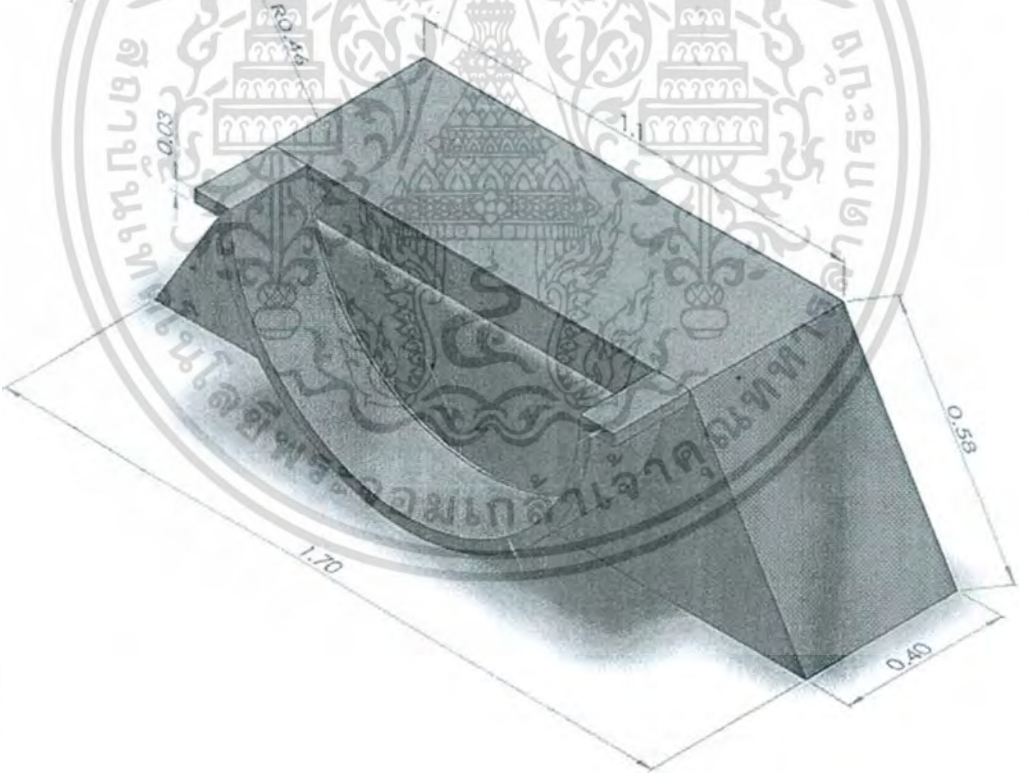
- ตัวเรือหลัก

ภาพที่ 3.26 ขนาดของตัวเรือหลัก (ด้านบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.27 ขนาดของตัวเรือหลัก (ด้านล่าง)

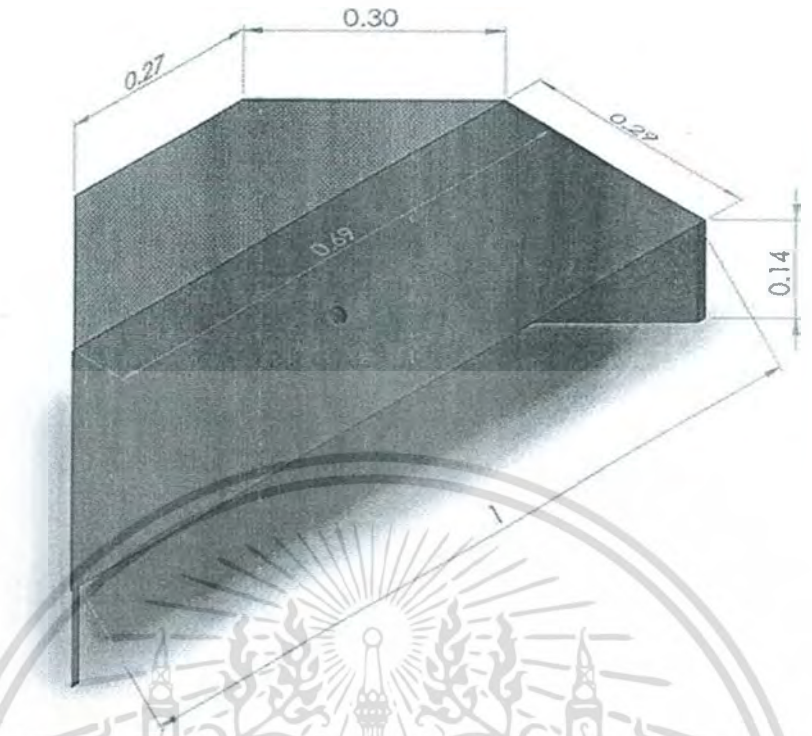
- ตัวดักอากาศ



ภาพที่ 3.28 ขนาดของตัวดักอากาศ

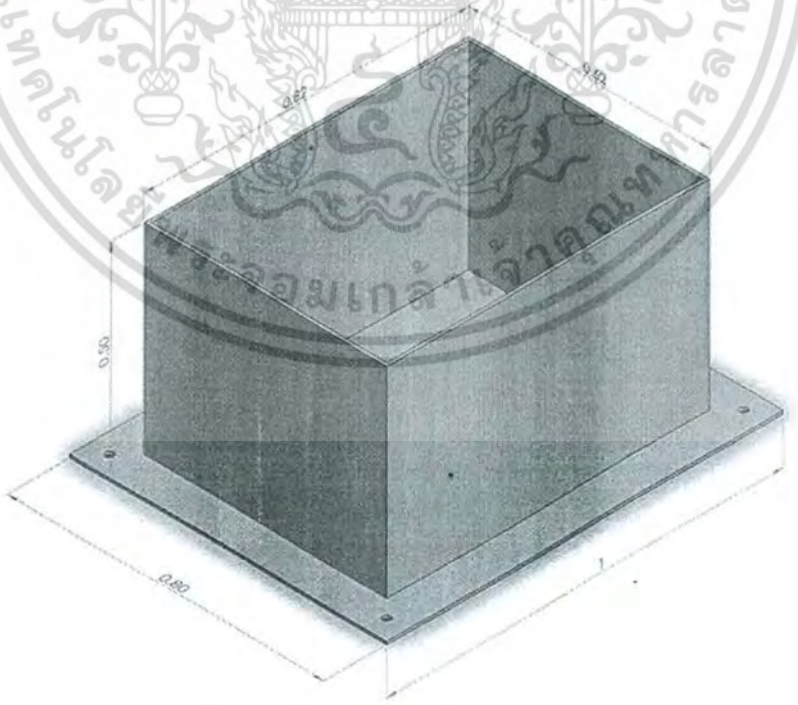
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แผงควบคุม



ภาพที่ 3.29 ขนาดของแผงควบคุม

- กระบะขนถ่ายผลผลิต



ภาพที่ 3.30 ขนาดของกระบะขนถ่ายผลผลิต

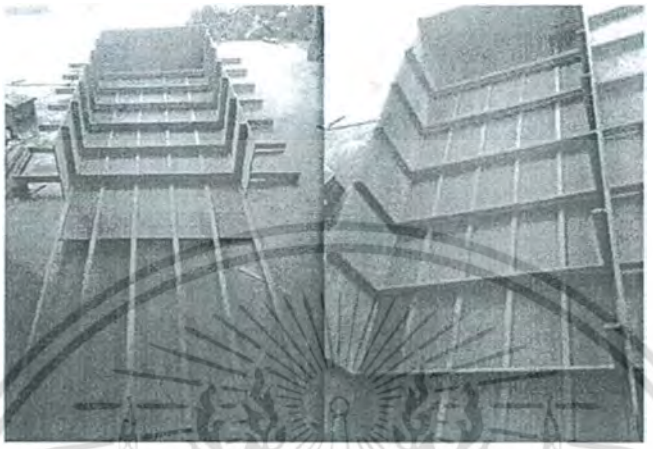
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

3.3.1 ตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

(1) ตัวเรือหลัก

ทำการสร้างโดยใช้ไม้มะยมและไม้อัดกันน้ำเป็นวัสดุหลัก เริ่มจากการวางกระดูกงูที่ตำแหน่งพื้นท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (พื้นที่โดยสารและขนถ่ายผลผลิต) ตามขนาดที่ทำการออกแบบ ดังภาพที่ 3.31



ภาพที่ 3.31 การวางกระดูกงูของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

จากนั้นทำการขึ้นโครงหลักด้วยไม้มะยมในส่วนของผนังเรือสะเทินน้ำสะเทินบกและท่ออากาศรอบลำตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ดังภาพ

ภาพที่ 3.32 ขึ้นโครงหลักเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เมื่อขึ้นโครงเสร็จเรียบร้อย จึงทำการแปะผนังเรือสะเทินน้ำสะเทินบกด้วยไม้อัดชนิดกันน้ำที่มีความหนาของแผ่นไม้ 4 มิลลิเมตร รอบบริเวณลำเรือ จากนั้นทำการเคลือบน้ำยาเคลือบไม้ชนิดเงา ทำการสมานรอยต่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำ และลงสีรองพื้นเป็นอันเสร็จในขั้นตอนสร้างตัวเรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.33 ทำการเคลือบตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกและสมานรอยต่อ

(2) ตัวดักอากาศ

ตัวดักอากาศมีขั้นตอนการสร้างเช่นเดียวกับตัวเรือ คือการขึ้นโครงหลักจากนั้นทำการแปะผนังตัวดักอากาศด้วยไม้อัดชนิดกันน้ำ ทำการสมานรอยต่อ และลงสีรองพื้น

(3) แผงควบคุม

ทำการสร้างจากไม้อัดชนิดกันน้ำ โดยทำการวัดขนาดจริงของบริเวณพื้นที่ติดตั้งแผงควบคุมด้านหน้าตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก จากนั้นทำการขึ้นโครงที่ตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ทำการแปะผนังด้วยไม้อัดชนิดกันน้ำ สาเหตุที่ต้องทำที่ตัวเรือเพราะต้องการให้ชิ้นส่วนมีความเรียบร้อย ติดตั้งได้แนบสนิท เนื่องจากแผงควบคุมมีการติดตั้งระบบไฟฟ้าควบคุมเครื่องยนต์

ภาพที่ 3.34 ตัวดักอากาศ

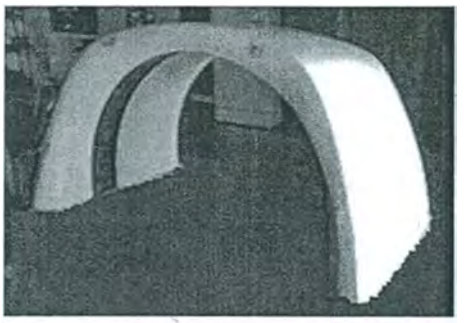
ภาพที่ 3.35 แผงควบคุมด้านหน้า

(4) ท่อครอบใบพัด

สร้างโดยการทำแม่พิมพ์สำหรับการขึ้นไฟเบอร์กลาสให้มีขนาดเท่ากับรัศมีของใบพัด จากนั้นทำการลงเส้นใยไฟเบอร์กลาส ตามด้วยน้ำยาประสาน ทำอย่างนี้ทั้งหมด 4 ชั้น สุดท้ายทำการตัดแต่ง ขัดผิวให้มีความเรียบและทำการลงสี

สาเหตุที่ต้องสร้างจากไฟเบอร์กลาสเนื่องจากมีสัมประสิทธิแรงเสียดทานกับอากาศต่ำกว่าไม้ เพราะถ้าหากอากาศมีการเสียดสีมากจะทำให้ความเร็วอากาศที่บริเวณใกล้กับท่อครอบลดลง ส่งผลให้แรงผลักของตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

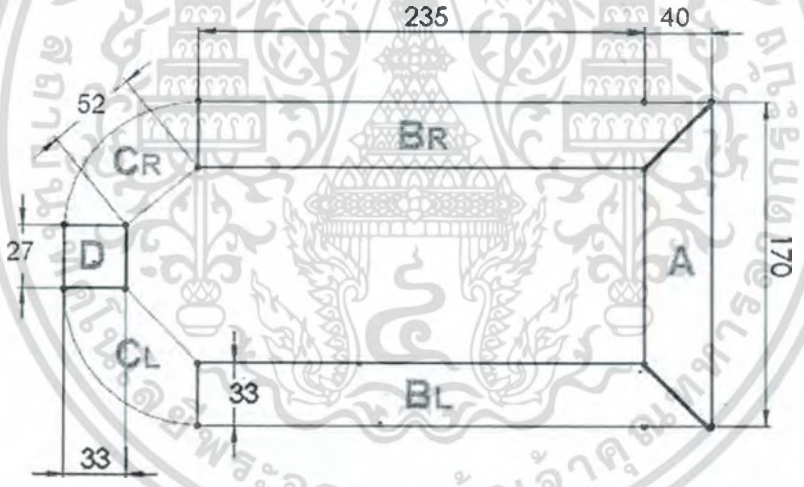


ภาพที่ 3.36 ท่อครอบใบพัด

(5) เบาะอากาศ

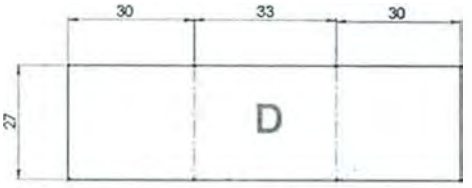
สร้างจากผ้าใบ PVC ชนิดเส้นใยสองชั้น ซึ่งสามารถรับแรงดึงได้สูง ทนต่อการเสียดสี ทนต่อการทิมทะลุ ราคาถูก และง่ายต่อการซ่อมแซมในกรณีที่เกิดการขาด

การสร้างเบาะอากาศเริ่มจากการวาดชิ้นส่วนของท่ออากาศลงบนม้วนผ้าใบ ทั้งหมดเป็นจำนวน 5 ชิ้นส่วน ได้แก่ ชิ้นส่วนด้านหน้า(D) ด้านข้างซ้ายและขวา(C_L,C_R) ด้านข้างลำตัวซ้ายและขวา (B_L,B_R) และด้านหลัง(A) ดังภาพ

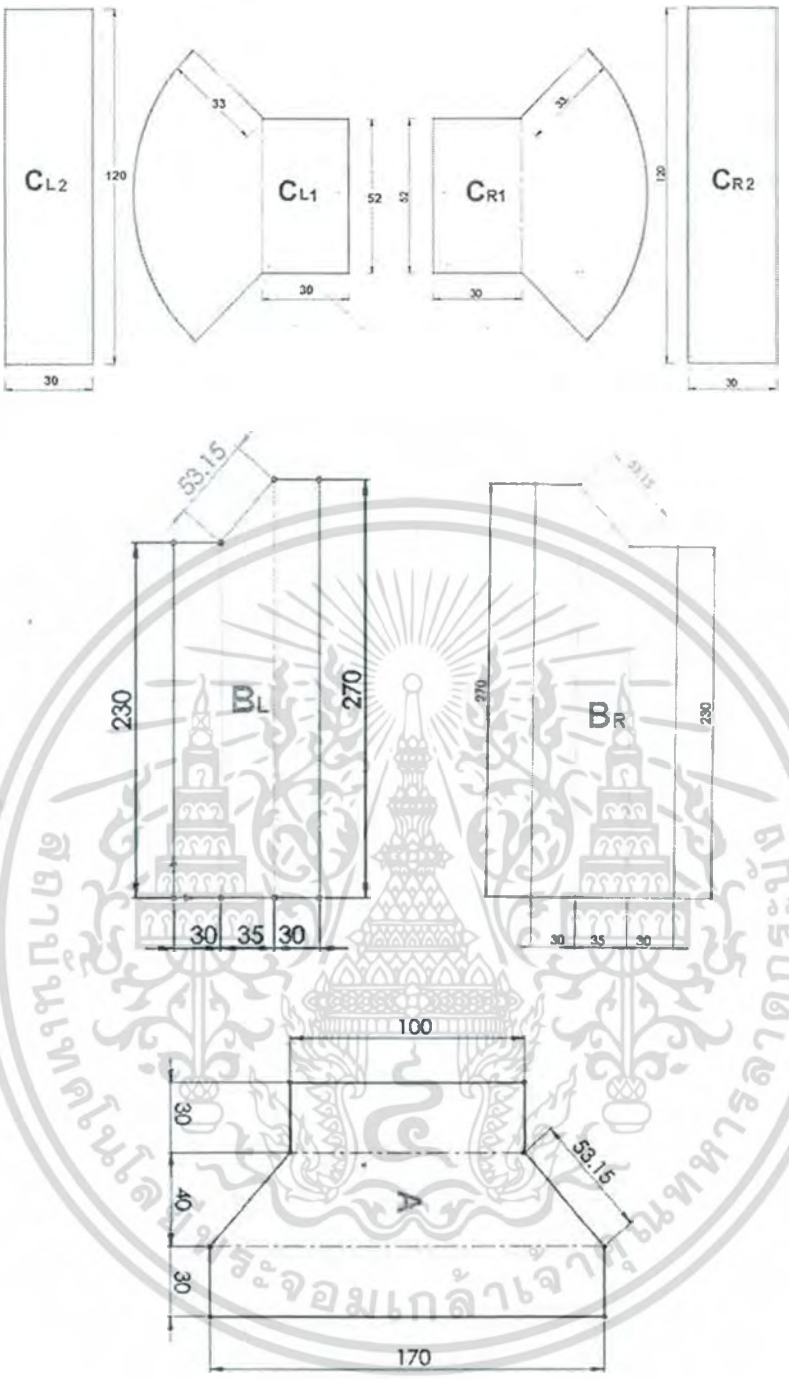


ภาพที่ 3.37 ชิ้นส่วนของเบาะอากาศ (มุมมองด้านบน)

โดยชิ้นส่วนต่างๆมีขนาดแสดงดังภาพด้านล่าง



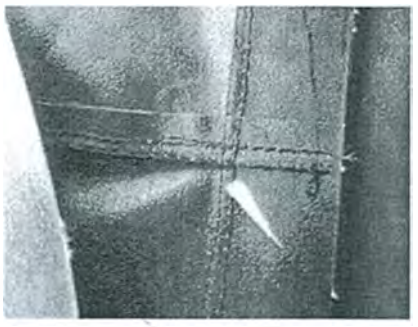
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



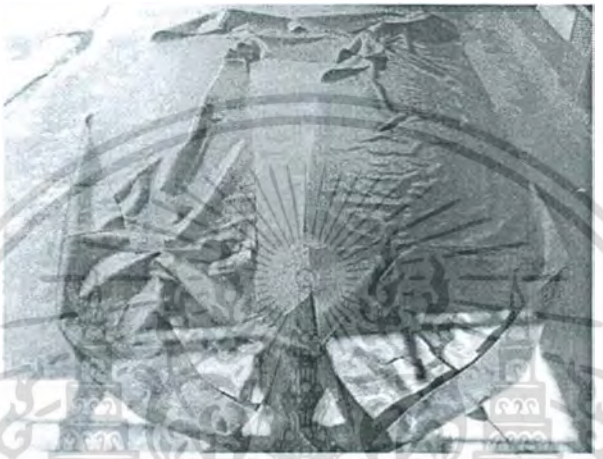
ภาพที่ 3.38 ขนาดชิ้นส่วนต่างๆของเบาะอากาศ

จากนั้นนำชิ้นส่วนต่างๆเชื่อมต่อเข้าด้วยกันในลักษณะทรงห่วงยางตัดครึ่ง ทำการเชื่อมชิ้นส่วนวิธีการเย็บด้วยจักรเย็บผ้าไฟฟ้า ใช้ด้ายไนล่อนในการเดินตะเข็บ จึงเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



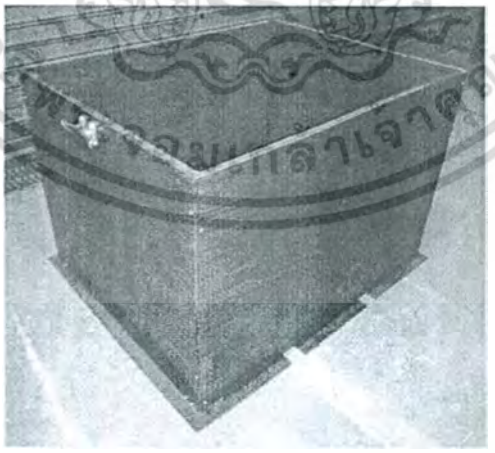
ภาพที่ 3.39 ลักษณะตะเข็บรอยเย็บของเบาะอากาศ



ภาพที่ 3.40 เบาะอากาศ

(6) กระบะขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

ทำการสร้างจากไม้อัดชนิดกันน้ำ ยึดติดกับโครงเหล็กเพื่อเพิ่มความแข็งแรง ติดตั้งชิ้นส่วนของกระบะด้วยสกรูเกลียวปล่อย จากนั้นทำการสมานรอยต่อ เคลือบน้ำยา และติดตั้งสลักสำหรับติดตั้งผ้าใบคลุมกระบะ



ภาพที่ 3.41 กระบะขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ระบบส่งกำลัง

(1) ชุดส่งกำลัง

เนื่องจากใบพัดต้องการกำลังสำหรับรอบทำงานออกแบบ (1750 รอบต่อนาที) ที่ 27.94 แรงม้า ซึ่งเครื่องยนต์จะให้กำลังเท่ากับที่ใบพัดต้องการที่ความเร็ว 4300 รอบต่อนาที จึงต้องทำการทดความเร็วรอบโดยพูเล่ย์

จากสมการ (2.26) $$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

เมื่อ N_1 = 4300 รอบ/นาที (ความเร็วล้อขับ)

N_2 = 1750 รอบ/นาที (ความเร็วล้อตาม)

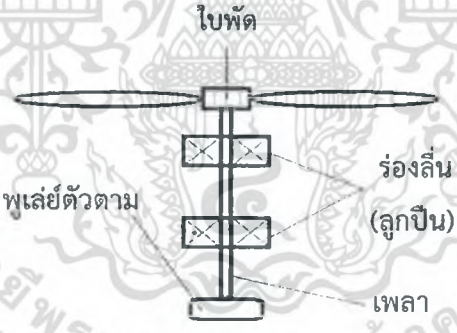
d_1 = 8 เซนติเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลางล้อขับ)

แทนค่า $$\frac{1750}{4300} = \frac{8}{d_2}$$

$$d_2 = 19.65 \text{ เซนติเมตร}$$

ในท้องตลาดมีขนาดของพูเล่ย์ที่ใกล้เคียงที่สุดเท่ากับ 20 เซนติเมตร จึงเลือกใช้

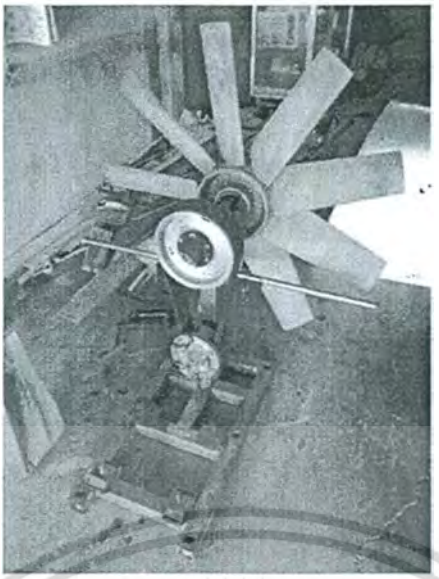
ทำการติดตั้งชุดพูเลย์ส่วนบนเข้ากับใบพัด โดยมีร่องลื่นรองรับเพลาของใบพัดก่อนติดตั้งพูเล่ย์ที่ปลายเพลาของใบพัดดังภาพที่ 4.45



ภาพที่ 3.42 การติดตั้งร่องลื่นและเพลาเข้ากับใบพัด

จากนั้นทำการยึดติดชุดใบพัดและร่องลื่น พูเล่ย์ขับ เข้ากับโครงเหล็กกล้าไร้สนิม ทำการเชื่อมติดให้แข็งแรง ใส่สายพานส่งกำลังและย่อยลดแรงบิดฉับพลันเข้ากับพูเล่ย์ขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.43 ชุดส่งกำลัง

(2) แท่นวางชุดส่งกำลัง

ทำหน้าที่รองรับชุดส่งกำลังเข้ากับตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก โดยตัวแท่นวางชุดส่งกำลังจะช่วยลดการกระแทกจากเครื่องยนต์และยึดแท่นส่งกำลังไม่ให้เกิดการสั่น

แท่นวางชุดส่งกำลังสร้างจากเหล็กกล้าไร้สนิม ทำการเชื่อมในลักษณะของโครงสร้างรูปสามเหลี่ยม พร้อมทั้งติดตั้งแขนจับผนังเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ภาพที่ 3.44 แท่นวางชุดส่งกำลัง

3.3.3 การติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆเข้ากับตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

(1) ติดตั้งเบาะอากาศเข้ากับตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เริ่มจากทำการติดตั้งเบาะอากาศกับตัวเรือด้านนอกด้วยคลิปหนีบกระดาษขนาด 50 มิลลิเมตร และทำการยึดติดมุมเรือสะเทินน้ำสะเทินบกด้วย สกรู M6x40 เพื่อเพิ่มความคงทนในการรับแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.45 ติดตั้งเบาะอากาศบริเวณด้านนอกตัวเรือ

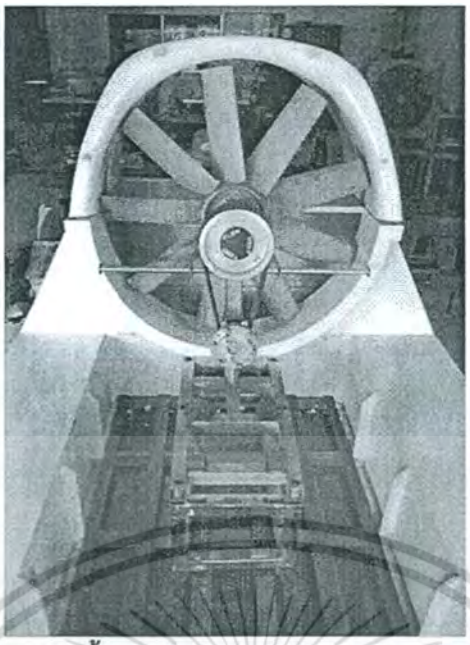
จากนั้นทำการติดตั้งเบาะอากาศบริเวณด้านในตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก โดยทำการติดตั้งฉากอลูมิเนียมสำหรับยึดติดเบาะอากาศก่อน จึงนำเบาะอากาศยึดติดกับฉากอลูมิเนียมด้วยสกรูเกลียวปล่อย M6x10 รอบบริเวณเส้นรอบวงด้านใน โดยมีระยะห่างแต่ละตัว 10 เซนติเมตร

ทำการเจาะช่องถ่ายเทอากาศด้านในเบาะอากาศโดยพื้นที่รวมของช่องดังกล่าวต้องไม่เกิน 4 ใน 5 ของพื้นที่ใบพัดส่วนที่แบ่งอากาศสำหรับสร้างแรงยก โดยทำการกระจายทั่วบริเวณเบาะอากาศ

ภาพที่ 3.46 การยึดติดเบาะอากาศด้านใน

(2) ติดตั้งท่อดักอากาศเข้ากับตัวเรือหลัก ทำการยึดติดด้วยสกรูเกลียวปล่อย M6x30 โดยมีระยะห่างของสกรูเกลียวปล่อย 10 เซนติเมตร จากนั้นทำการติดตั้งแท่นวางชุดส่งกำลังเข้ากับกระดูกงูหลักของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ทำการยึดแน่นด้วยสกรู M6*40 จำนวน 6 ชุด นำชุดส่งกำลังติดตั้งเข้ากับแท่นวาง ทำการยึดติดด้วยสกรู M10x50 จำนวน 6 ชุด สุดท้ายจึงทำการติดตั้งท่อครอบใบพัดเข้ากับตัวดักอากาศ ทำการตรวจความเรียบร้อยในส่วนของระยะเผื่อจากปลายใบพัดถึงผนังท่อดักอากาศเพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



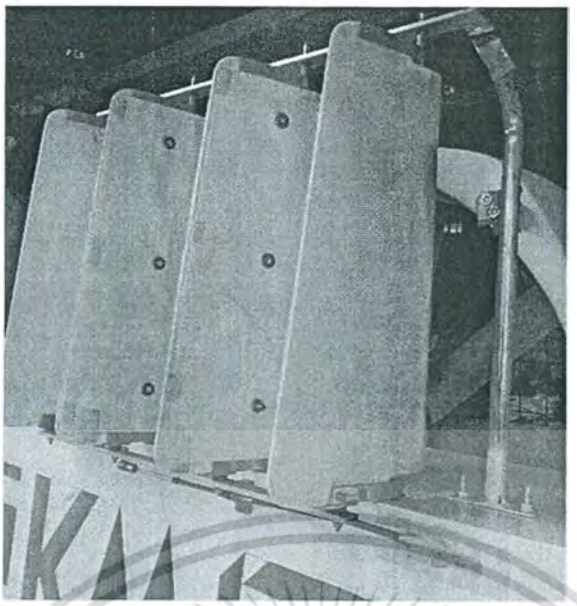
ภาพที่ 3.47 ติดตั้งแท่นส่งกำลัง ตัวดักอากาศ และท่ออากาศ

(3) ติดตั้งเครื่องยนต์ต้นกำลังบนชุดส่งกำลัง โดยติดตั้งผ่านชุดยางรองแท่นเครื่องเพื่อลดการสั่นสะเทือน ทำการใส่ลูกยางและแป้นเข้ากับเพลาข้อเหวี่ยงกับพูเล่ย์ตัวขับ

ภาพที่ 3.48 ติดตั้งเครื่องยนต์ต้นกำลังเข้ากับชุดส่งกำลังและใบพัด

(4) ติดตั้งหางเสืออากาศ ทำการติดตั้งหางเสืออากาศบนท่อดักอากาศด้านหลังโดยทำการสอดลิ่มของแกนหางเสือเข้าไปด้านในท่อดักอากาศ จากนั้นติดตั้งส่วนยอดหางเสือด้วยราวโลหะที่มีเสารองรับเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงกระทำบนใบหางเสืออากาศ สุดท้ายทำการร้อยสายโลหะแข็งจากแกนขับหางเสือไปยังคันบังคับ โดยร้อยสายโลหะทะลุผ่านตัวดักอากาศ

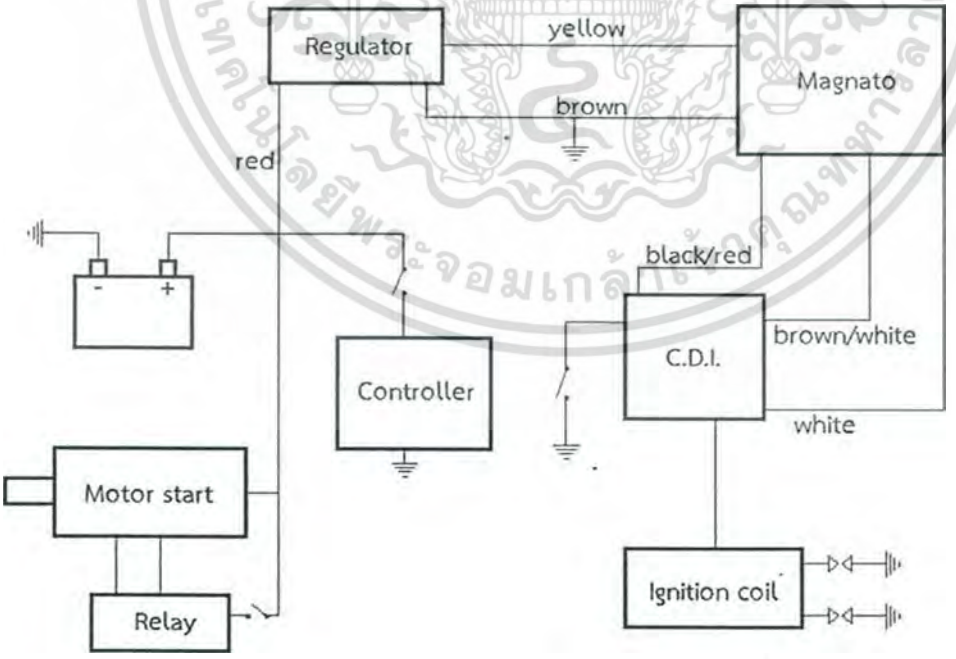
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.49 ติดตั้งหางเสืออากาศ

3.3.4 ระบบไฟฟ้า

ติดตั้งระบบไฟฟ้าโดยทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอร์รี่ขนาด 12V 20A ไปยังมอเตอร์สตาร์ท ระบบอำนวยการขับ และรับกระกระแสไฟฟ้าจากเรกกูเรเตอร์กลับไปยังแบตเตอร์รี่สำหรับการประจุกระแสไฟฟ้า โดยทำการเดินวงจรกระแสไฟฟ้าบนเรือสะเทินน้ำสะเทินบกดังผังแสดงภาพที่ 3.53



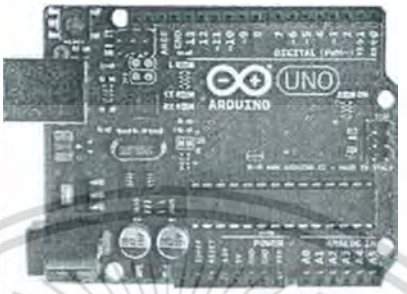
ภาพที่ 3.50 ผังการเดินวงจรกระแสไฟฟ้าบนเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 ระบบอำนวยการขับ

เป็นระบบช่วยเหลือผู้ขับขี้ให้รับทราบถึงสถานะของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ได้แก่ ความเร็วของเครื่องยนต์ ปริมาณน้ำมัน สถานะของเครื่องยนต์ และการแจ้งเตือนระดับน้ำมันเชื้อเพลิง

ระบบอำนวยการขับ ควบคุมโดยไมโครคอนโทรเลอร์ชนิด AVR ของ Atmel Atmega 328 บนบอร์ดพัฒนาสำเร็จรูปของ Arduino UNO



ภาพที่ 3.51 Arduino UNO (R3)

คุณสมบัติของ Arduino UNO (R3)

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรเลอร์ในระบบอำนวยการขับ

(1) หน้าจอ LCD Nokia 5110 : เป็นหน้าจอดิจิตอลระบบ e-ink โทนสีขาวดำ มีไฟส่องสว่างสำหรับการมองเห็นในที่มืด โดยใช้งานในระบบอำนวยการขับจำนวน 2 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

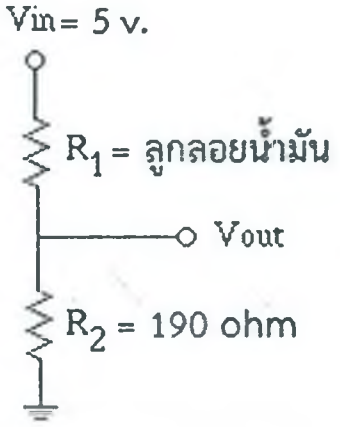
ภาพที่ 3.52 หน้าจอ LCD Nokia 5110

(2) Hall effect sensor : เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กโดยจะส่ง GND ออกที่ขา Signal เมื่อตรวจจับพบแม่เหล็ก โดยใช้หลักการนี้ในการตรวจจับการตัดสนามแม่เหล็กของแกนหมุนของเพลาเครื่องยนต์ ตัวเซนเซอร์จะส่งสัญญาณความถี่แปรผันตามความเร็วการหมุนไปยังไมโครคอนโทรเลอร์ จากไมโครคอนโทรเลอร์จะทำการคำนวณค่าความถี่เปลี่ยนเป็นความเร็วรอบ และส่งค่าไปยังหน้าจอแสดงผล

ภาพที่ 3.53 Hall effect sensor

(3) ลูกลอยวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิง : เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ในถังน้ำมันเชื้อเพลิง โดยระดับน้ำมันในถังจะสร้างแรงลอยตัวให้ลูกลอยที่ติดก้านหมุน โดยปลายอีกด้านเป็นตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ซึ่งนำมาต่อร่วมกับตัวต้านทานแบบคงที่ในลักษณะวงจร Voltage Divider สำหรับการแปลงกระแสไฟฟ้าออกมาเป็นค่าความต่างศักย์เข้าสู่ไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อทำการแปลงค่าเป็นระดับน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการแสดงผลต่อไป

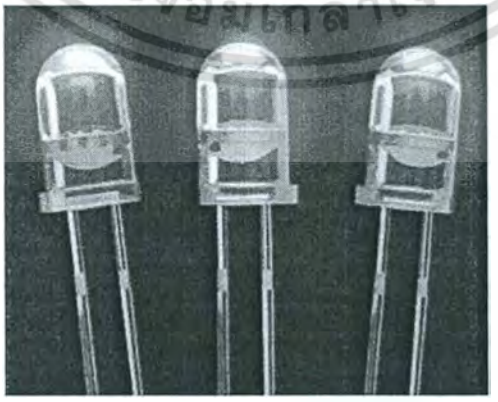
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.54 วงจร Voltage Divider ของลูกลอยวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิง

ภาพที่ 3.55 ลูกลอยวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิง

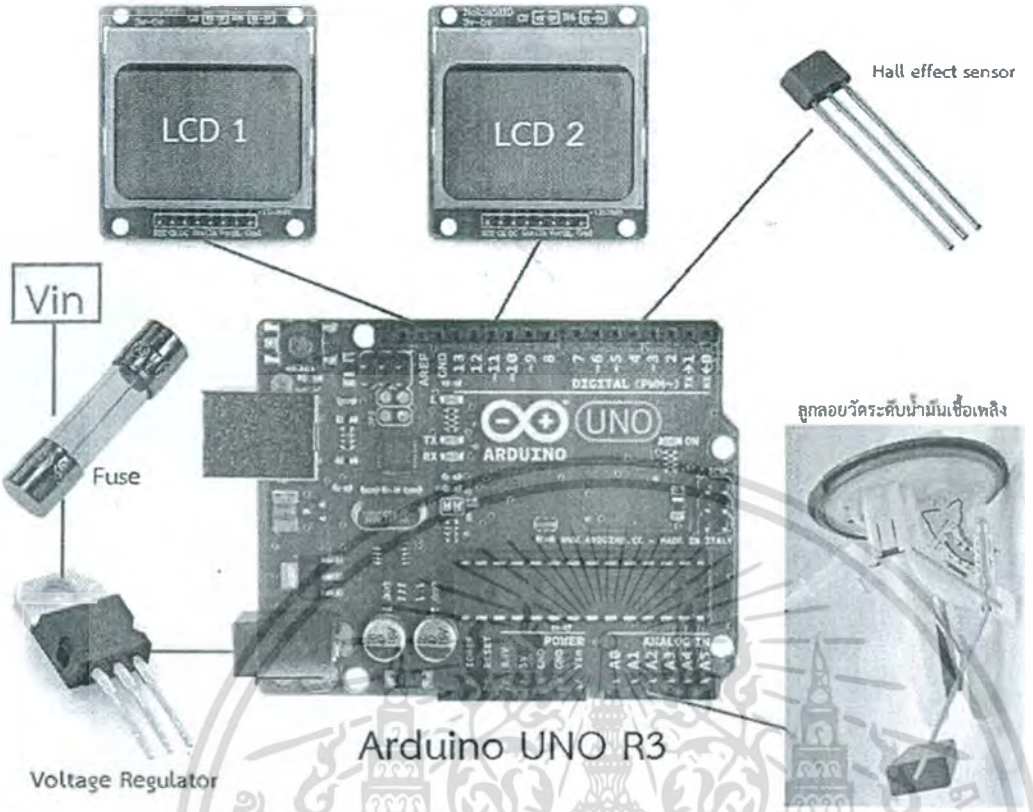
(4) ไดโอดเปล่งแสง (LED) : เป็นหลอดไฟ LED สำหรับเปล่งแสงแสดงสถานะของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ได้แก่ การแจ้งเตือนเครื่องยนต์ดับ การแจ้งเตือนระดับน้ำมันเชื้อเพลิงใกล้หมด



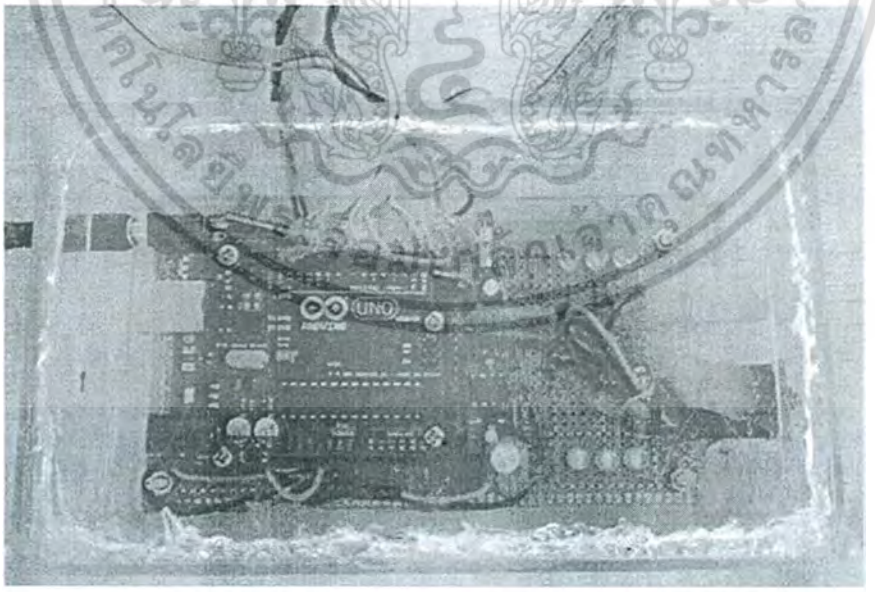
ภาพที่ 3.56 ไดโอดเปล่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรของระบบอำนวยการขับ

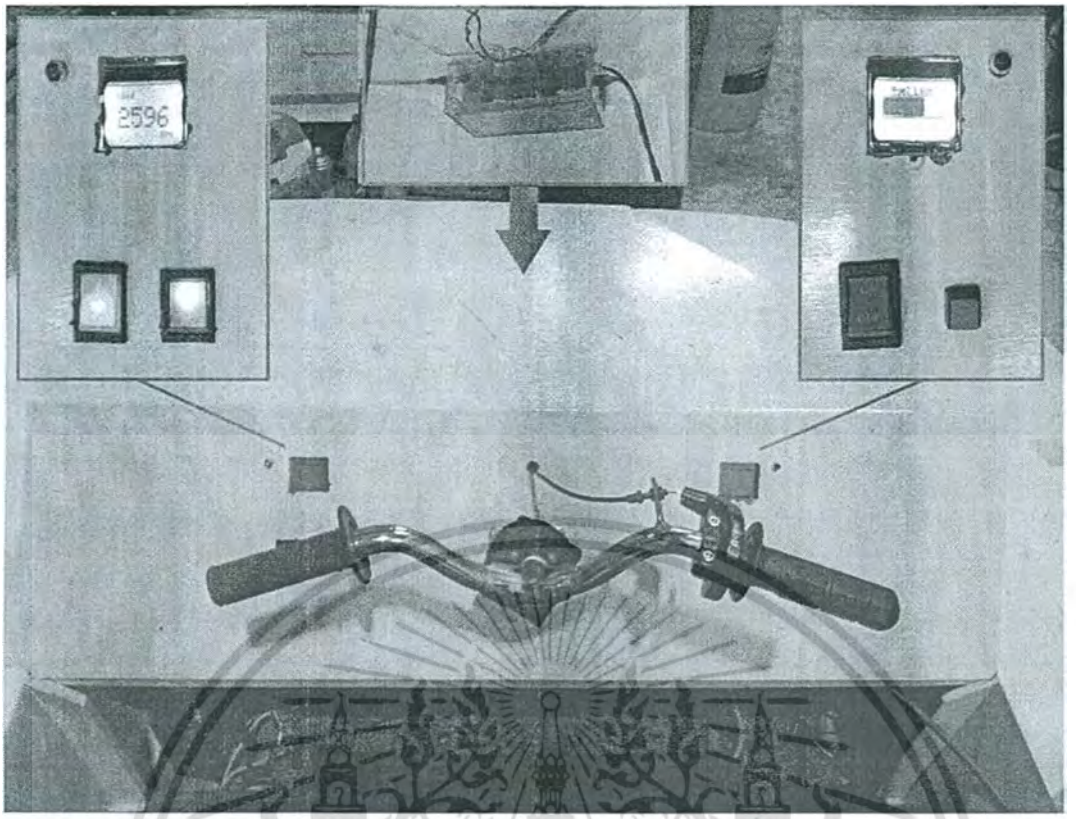


ภาพที่ 3.57 ลักษณะการต่อวงจรของระบบอำนวยการขับ



ภาพที่ 3.58 กล่องระบบอำนวยการขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.59 ลักษณะระบบอำนวยการขับของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบหาประสิทธิภาพการรับน้ำหนักของแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

4.1.1 จุดประสงค์การทดสอบ

4.1.1.1 หาประสิทธิภาพของการรับน้ำหนักบนแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบกโดยการเปรียบเทียบกับความสามารถในการรับน้ำหนักในเชิงทฤษฎี

4.1.1.2 เพื่อประเมินความเป็นไปได้ของหลักการสร้างแรงลอยตัวด้วยการลำเลียงอากาศจากใบพัดโดยท่อลำเลียงอากาศด้านข้างลำเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

4.1.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.1.2.1 แบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

4.1.2.2 ภาชนะบรรจุน้ำหนักทดสอบ

4.1.2.3 ถั่วเหลือง

4.1.2.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก

4.1.3 วิธีการทดสอบ

4.1.3.1 ชั่งน้ำหนักแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบกลำเปล่า

4.1.3.2 ชั่งน้ำหนักภาชนะเปล่าที่ใช้บรรจุวัสดุทดสอบ

4.1.3.3 นำภาชนะวางบนแบบจำลองทดสอบเปิดการทำงานของพัดลมและปรับตำแหน่งภาชนะเพื่อให้เกิดความสมดุลในการลอยตัว

4.1.3.4 เติมถั่วเหลืองทีละ 1 หยิบมือ ทำการเปิดการทำงานของพัดลมและสังเกตว่าตัวแบบจำลองสามารถลอยตัวได้หรือไม่ หากสามารถลอยตัวได้ให้ทำการเติมถั่วเหลืองจนกว่าจะพบน้ำหนักบรรทุกสุดท้าย ที่ตัวแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสามารถลอยตัวได้ด้วยตัวเอง โดยทำซ้ำ 3 ครั้ง

4.1.4 เกณฑ์การคำนวณ

4.1.4.1 การคำนวณหาความสามารถในการบรรทุกเชิงทฤษฎี ดังสมการ

$$W = \frac{PA}{g}$$

เมื่อ W = น้ำหนักบรรทุกเชิงทฤษฎีที่แบบจำลองสามารถลอยตัวได้ (kg)

P = ความดันสถิตย์ของใบพัด (Pa)

A = พื้นที่รวมของพื้นแบบจำลอง (m^2)

g = อัตราเร่งโน้มถ่วงของโลก (9.81 m/s^2)

4.1.4.2 การคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงทฤษฎีของแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

$$\eta = \frac{m+c}{W} x\ 100$$

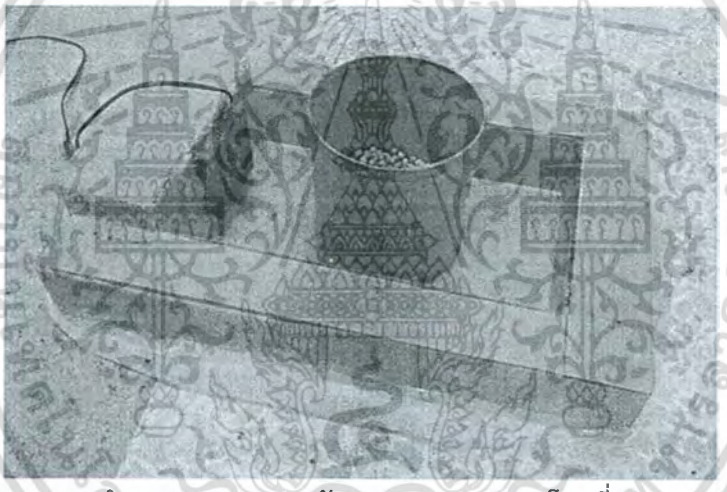
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ η = เปอร์เซ็นประสิทธิภาพเชิงทฤษฎี (%)
m = น้ำหนักบรรทุกสูงสุดของมวลที่เติมรวมกับน้ำหนักภาชนะเปล่าโดยแบบจำลองฯสามารถลอยตัวได้ (kg)
c = น้ำหนักของแบบจำลองฯลำเปล่า (kg)
W = น้ำหนักบรรทุกเชิงทฤษฎีที่แบบจำลองสามารถลอยตัวได้ (kg)

4.1.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการรับน้ำหนักของแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

จากตารางที่ ก.1 (ภาคผนวก)

พบว่า น้ำหนักวัสดุสูงสุด + ภาชนะ = 0.3769 kg
เมื่อ พื้นที่รวมของพื้นแบบจำลอง (A) = 0.0828 m^2
ความดันสถิตของใบพัด (P) = 68.8660 Pa
น้ำหนักบรรทุกเชิงทฤษฎีที่แบบจำลองสามารถลอยตัวได้ (W) = 0.5812 (kg)
พบว่า แบบจำลองฯมีค่าประสิทธิภาพเชิงทฤษฎี (η) เท่ากับ 92.7391 %



ภาพที่ 4.1 แบบจำลองขณะทดสอบรับภาระบรรทุกสูงสุดโดยที่สามารถลอยตัวได้

4.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพในการกำจัดแรงเสียดทานของเบาะอากาศ

4.2.1 จุดประสงค์การทดสอบ

4.2.1.1 เพื่อหาความแตกต่างของสัมประสิทธิแรงเสียดทานระหว่างแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบกกับพื้นผิวราบ โดยอยู่ในสภาวะที่เบาะอากาศทำงาน และไม่ทำงาน

4.2.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพในการกำจัดแรงเสียดทานของเบาะอากาศกับพื้นผิวราบ โดยอยู่ในสภาวะที่เบาะอากาศทำงาน และไม่ทำงาน ของแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

4.2.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.2.2.1 แบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

4.2.2.2 พื้นราบทดลองปรับระดับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 ไม้ครึ่งวงกลม

4.2.2.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก

4.2.3 วิธีการทดสอบ

4.2.3.1 ทดสอบเปิดการทำงานของใบพัดเพื่อให้เบาะอากาศทำงาน จากนั้นทำการถ่วงน้ำหนักเพื่อทำให้แบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบกอยู่ในสภาวะสมดุล

4.2.3.2 นำแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบกวางบนพื้นราบเอียง จากนั้นทำการยกด้านหนึ่งของพื้นราบเอียงอย่างช้าๆ ทำการจดบันทึกองศาความเอียงของพื้นราบที่แบบจำลองเริ่มเคลื่อนที่ โดยอยู่ในสภาวะที่เบาะอากาศทำงาน และไม่ทำงาน

4.2.4 เกณฑ์การคำนวณ

4.2.4.1 การคำนวณหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างแบบจำลองกับพื้นราบ

$$\mu = \tan\theta$$

เมื่อ θ = มุมเอียงแรกของพื้นราบ ที่แบบจำลองเริ่มเคลื่อนที่ (องศา)

μ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างแบบจำลองกับพื้นราบ

4.2.4.2 การคำนวณหาแรงกระทำของแบบจำลองต่อพื้นราบ (N)

$$N = m \cos\theta \times 9.81$$

เมื่อ m = มวลของแบบจำลองรวมกับน้ำหนักถ่วง (kg)

N = แรงกระทำของแบบจำลองต่อพื้นราบ (N)

4.2.4.3 การคำนวณหาแรงเสียดทานระหว่างแบบจำลองกับพื้นราบ

$$f = \mu N$$

เมื่อ f = แรงเสียดทานระหว่างแบบจำลองกับพื้นราบ (N)

μ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างแบบจำลองกับพื้นราบ

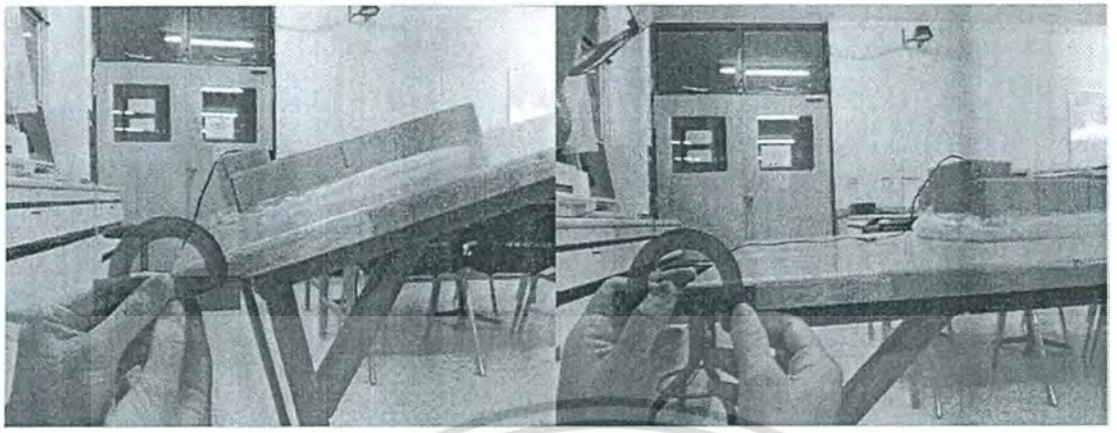
N = แรงกระทำของแบบจำลองต่อพื้นราบ (N)

4.2.4.4 การหาประสิทธิภาพการกำจัดแรงเสียดทาน

$$\mu_f = \frac{f_{\text{สภาวะเบาะอากาศไม่ทำงาน}} - f_{\text{สภาวะเบาะอากาศทำงาน}}}{f_{\text{สภาวะเบาะอากาศไม่ทำงาน}}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ μ_f = ประสิทธิภาพการกำจัดแรงเสียดทาน (%)



ภาพที่ 4.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพการกำจัดแรงเสียดทาน
(ซ้าย : สภาวะเบาะอากาศไม่ทำงาน , ขวา : สภาวะเบาะอากาศทำงาน)

4.2.5 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพในการกำจัดแรงเสียดทานของเบาะอากาศ
จากตารางที่ ก.2 (ภาคผนวก) ทำให้ทราบว่า
เมื่อ มวลของแบบจำลองรวมกับน้ำหนักถ่วง (m) = 0.1260 kg
พบว่า แบบจำลองมีประสิทธิภาพในการกำจัดแรงเสียดทาน เท่ากับ 87.70 %

4.3 การทดสอบหาสมรรถนะในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

4.3.1 จุดประสงค์

4.3.1.1 เพื่อหาความสามารถสูงสุดในการลอยตัวของเบาะอากาศ เมื่อทำการบรรทุกภาระน้ำหนักขนาดต่างๆ

4.3.1.2 หาค่าความเร็วของเครื่องยนต์ต่อการบรรทุกภาระน้ำหนักขนาดต่างๆ

4.3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.3.2.1 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

4.3.2.2 อิฐบล็อกก้อนละ 10 กิโลกรัม สำหรับเป็นตัวอย่างภาระบรรทุก

4.3.3 วิธีการทดสอบ

4.3.3.1 จอดเรือสะเทินน้ำสะเทินบกฯไว้บนพื้นราบเรียบ

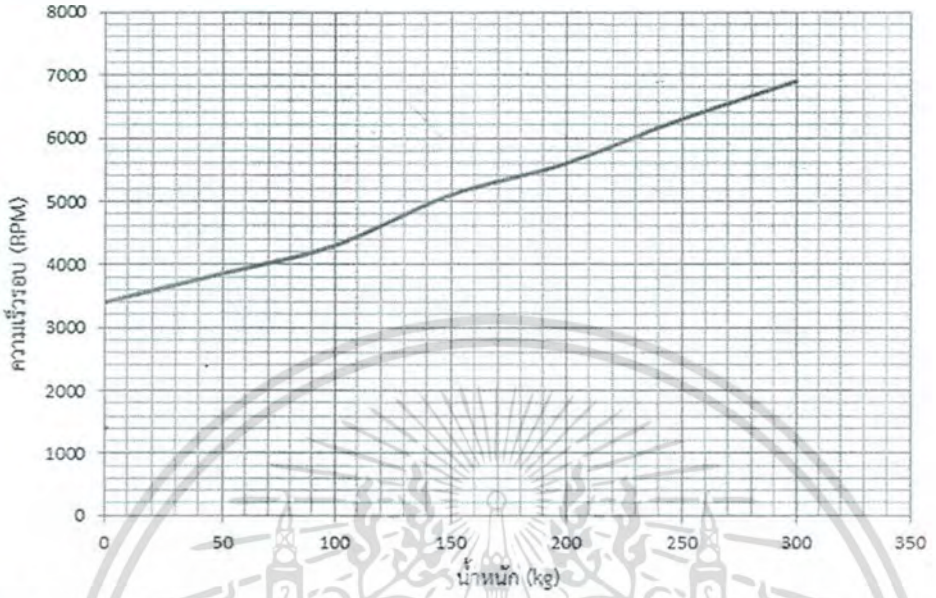
4.3.3.2 ทำการใส่ภาระน้ำหนักขนถ่ายบนเรือสะเทินน้ำสะเทินบกฯตั้งแต่ 50 kg ไปจนถึงน้ำโหลดสูงสุดที่เรือสะเทินน้ำสะเทินบกฯสามารถลอยตัวได้ โดยทำการเพิ่มน้ำหนักทีละ 50 kg

4.3.3.3 ทำการจดบันทึกความเร็วของเครื่องยนต์โดยทำการผ่อนคันเร่งให้ความเร็วของเครื่องยนต์น้อยที่สุด โดยที่สามารถลอยตัวยกภาระน้ำหนักนั้นๆขึ้น

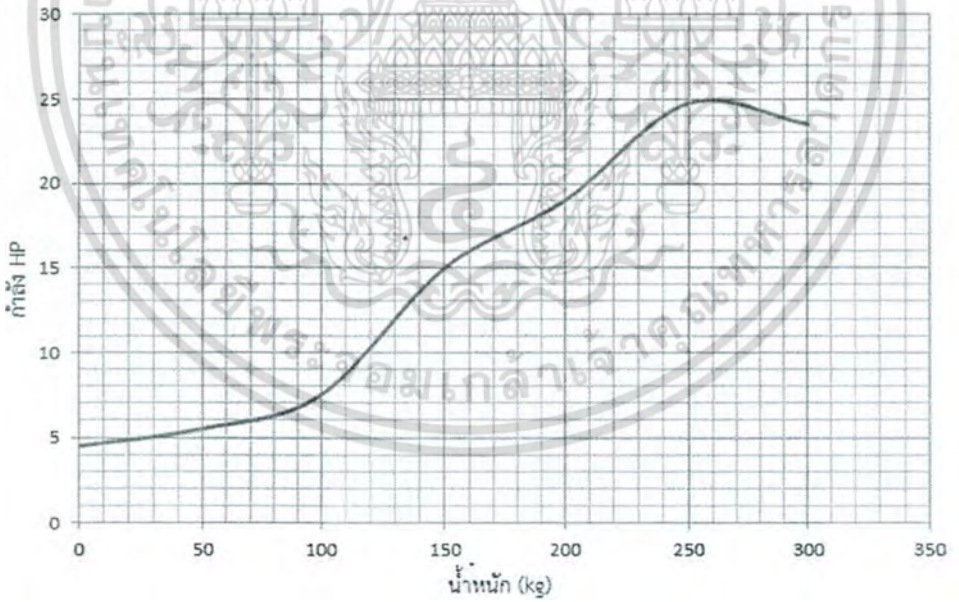
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ผลการทดสอบหาสมรรถนะในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อนการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

จากตารางที่ ก.3 และ ก.4 (ภาคผนวก) นำไปเขียนกราฟได้ดังนี้



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงสมรรถนะของเบาะอากาศในการสร้างแรงยกโดยความเร็วของเครื่องยนต์



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงสมรรถนะของเบาะอากาศในการสร้างแรงยกโดยกำลังของเครื่องยนต์

4.4 การทดสอบหาความเร็วสูงสุดและอัตราการใช้เชื้อเพลิง บนถนน พื้นหญ้ารก และบนน้ำ

4.4.1 จุดประสงค์

4.4.1.1 เพื่อทดสอบหาสมรรถนะเชิงความเร็วต่อน้ำหนักบรรทุกใดๆ บนพื้นที่ต่างๆ

4.4.1.2 หาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อพื้นที่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.4.2.1 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

4.4.2.2 กรวยจราจรหรือวัตถุที่ง่ายต่อการสังเกต

4.4.2.3 นาฬิกาจับเวลา

4.4.2.4 อิฐบล็อกก้อนละ 10 กิโลกรัม สำหรับเป็นตัวอย่างภาระบรรทุก

4.4.2.5 ตลับเมตร

4.4.3 วิธีการทดสอบ

4.4.3.1 วัดระยะ 30 เมตรบนพื้นที่ต่างๆ สำหรับการใช้เป็นช่วงในการทดสอบ โดยทำการสร้างจุดสังเกตสำหรับเป็นจุดอ้างอิงของพื้นที่

4.4.3.2 ใส่ภาระน้ำหนักบรรทุกบนเรือสะเทินน้ำสะเทินบกฯตามขนาดที่กำหนด

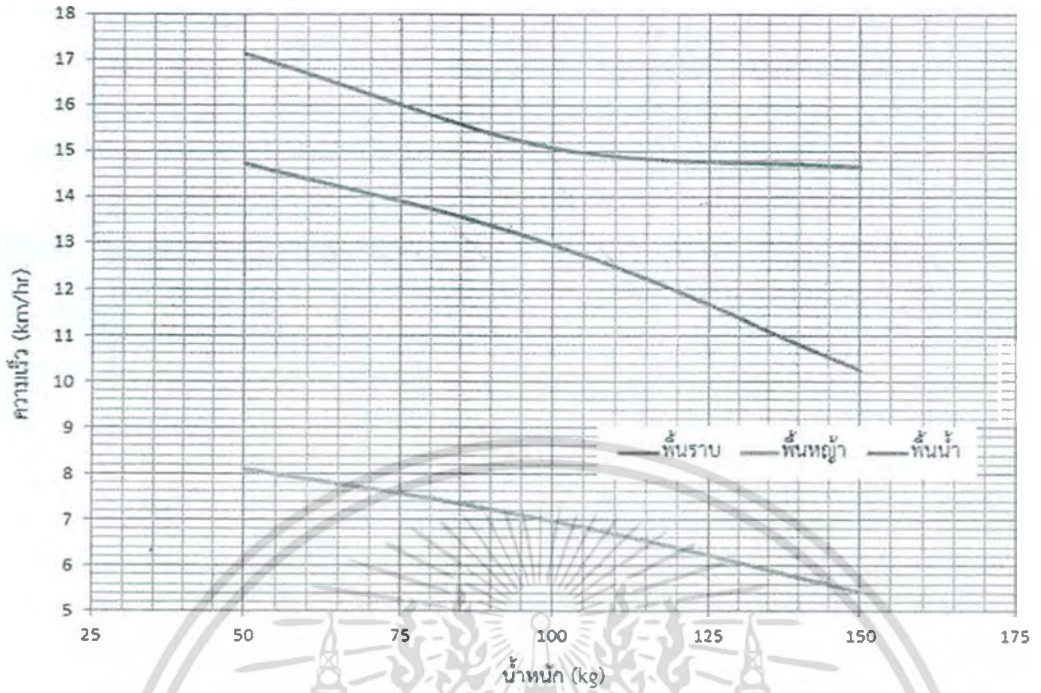
4.4.3.3 ทำการตั้งลำของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกฯให้ห่างจากจุดเริ่มต้นการจับเวลาประมาน 10-20 เมตร สำหรับการออกตัวและทำความเร็ว

4.4.3.4 ทำการจับเวลา เมื่อหน้าเรือสะเทินน้ำสะเทินบกฯวิ่งผ่านจุดสังเกตแรก และหยุดเวลาเมื่อผ่านจุดสังเกตที่สอง จากนั้นคำนวณหาอัตราเร็ว และอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ภาพที่ 4.5 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกฯขณะทำการทดสอบหาความเร็วสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 ผลการทดสอบหาความเร็วสูงสุดบนคอนกรีต พื้นหญ้า และบนน้ำ



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงผลการทดสอบหาความเร็วสูงสุดจากตารางที่ ก.4 (ภาคผนวก)

ภาพที่ 4.7 แผนภูมิแสดงผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากตารางที่ ก.5 (ภาคผนวก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลจากการทดสอบเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง โดยการทดสอบหาสมรรถนะในการลอยตัว การทดสอบหาความเร็วสูงสุดและอัตราการใช้เชื้อเพลิง พบว่าเรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีความสามารถในการรับภาระขนถ่ายสูงสุดเท่ากับ 300 กิโลกรัม เนื่องจากมีการเผื่อภาระการทำงานของเครื่องยนต์ และเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสามารถทำความเร็วบนพื้นคอนกรีต พื้นหญ้า และพื้นน้ำสูงสุดเท่ากับ 10.26 , 5.43 และ 14.65 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ และมีค่าใช้จ่ายสำหรับบนพื้นคอนกรีต พื้นหญ้า และน้ำเท่ากับ 78.84 , 141.97 และ 52.46 บาทต่อกิโลเมตร ตามลำดับ สังเกตเห็นว่าบนพื้นหญ้าเรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีความเร็วต่ำที่สุด เนื่องจากพื้นหญ้าเป็นอุปสรรค์ต่อการกักเก็บอากาศภายในเบาะอากาศ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการกำจัดแรงเสียดทาน ส่วนบนพื้นน้ำพบว่าเรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีความเร็วสูงสุด เนื่องจากน้ำเป็นของไหลที่สามารถเปลี่ยนรูปไปตามภาชนะบรรจุหรือวัตถุที่มาแทนที่ ทำให้เบาะอากาศสามารถกักเก็บอากาศสำหรับการสร้างแรงยกได้ดีกว่าบนพื้นผิวอื่นๆ เรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมงมีความสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสำหรับการขนถ่ายสูง แต่เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสามารถสัญจรได้ทั้งบนบกและบนน้ำอย่างต่อเนื่อง มีความคล่องตัวสูง โดยที่ยานพาหนะอื่นๆนั้นไม่สามารถทำได้

5.2 ปัญหาที่พบ

(1) เบาะอากาศของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมงมีผิวสัมผัสที่ขรุขระ ส่งผลให้ความสามารถในการกำจัดแรงเสียดทานของเบาะอากาศลดลง

(2) เครื่องยนต์ต้นกำลังที่ใช้งานมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสูง เนื่องจากเป็นเครื่องยนต์ชนิด 2 จังหวะ และเป็นเครื่องยนต์สำหรับการกีฬา จึงมีการปรับคาร์บิวเรเตอร์ให้จ่ายน้ำมันมากกว่าปรกติสำหรับการเพิ่มความเร็วของเครื่องยนต์ที่รวดเร็ว

(3) ขาสกีสำหรับการรองรับการลงจอดใต้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสามารถรับแรงกระแทกได้เฉพาะแรงที่มาจากทิศทางด้านหน้า ส่งผลให้เกิดความสึกหรอหรือความเสียหายสูง หากเกิดการรับแรงกระแทกที่ทิศทางอื่นๆ

(4) ผนังด้านหน้าเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเป็นลักษณะตั้งฉากกับพื้นผิว ส่งผลให้เมื่อทำการปล่อยคันเร่งในขณะที่สัญจรด้วยความเร็วสูงอยู่บนน้ำ ผนังด้านหน้าเรือสะเทินน้ำสะเทินบกจะปะทะกับผิวน้ำ จนเกิดการกระจายไปโดนผู้ขับขี่

(5) ผู้ปฏิบัติโครงงานไม่มีความชำนาญในการขับขี่

(6) เรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมงมีอัตราเร่งความเร็วต่ำ

(7) ทางภาควิชาไม่มีเครื่องไม้เครื่องมือในการปฏิบัติการสร้างเรือสะเทินน้ำสะเทินบกที่เหมาะสม ส่งผลให้คุณภาพในการสร้างเรือสะเทินน้ำสะเทินบกลดลง และทำให้ใช้เวลาในการสร้างเพิ่มมากขึ้นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8) ทางภาควิชาไม่มีเครื่องมือในการวัดอัตราการรั่วไหลของอากาศที่แทรกสอดออกใต้กระโปรงอากาศ ทำให้ไม่สามารถหาค่าการสูญเสียความดันของเบาะอากาศที่พื้นที่ต่างๆได้

(9) กลุ่มของคณะผู้ปฏิบัติโครงงานมีจำนวนสมาชิกที่ไม่เพียงพอต่อภาระงาน

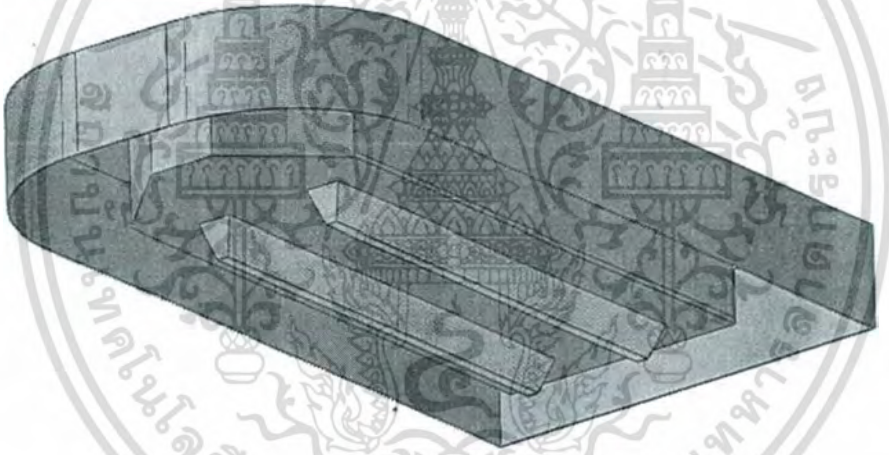
(10) ในการทดสอบความเร็วสูงสุดของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง พื้นที่ในการทดสอบมีระยะทางที่ไม่เพียงพอต่อการทดสอบทั้งบนบก บนพื้นหญ้า และบนพื้นน้ำ เนื่องจากเรือสะเทินน้ำสะเทินบกต้องการพื้นมากในการทดสอบ ส่งผลให้ค่าความเร็วสูงสุดจากการทดสอบไม่ใช่ค่าความเร็วสูงสุดจริง (เป็นความเร็วสูงสุดที่ทำได้บนพื้นที่ๆดีที่สุดที่สามารถทดสอบได้) เนื่องจากปัญหาในเรื่องของความปลอดภัยต่อการปฏิบัติงานเป็นหลัก

5.3 แนวทางการพัฒนา

(1) เปลี่ยนเบาะอากาศของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมงเป็นเบาะอากาศที่ผลิตจากผ้าใบที่มีผิวที่มันและสัมผัสที่เรียบกว่าที่ใช้งานอยู่

(2) ทำการเปลี่ยนนมหนูในคาร์บิวเรเตอร์ให้มีขนาดที่เล็กลง เพื่อลดอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

(3) เปลี่ยนขาสกีใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบกให้เป็นลักษณะปิรามิดคว่ำหัวตัด (ภาพที่ 5.1)



ภาพที่ 5.1 ลักษณะขาสกีทรงปิรามิดคว่ำหัวตัดที่เหมาะสม

(4) แก้ไขชิ้นส่วนผนังด้านหน้าให้มีความเอียงออกด้านหน้าทำมุมกับระดับประมาน 60 องศา

(5) เคลื่อนย้ายถังน้ำมันเชื้อเพลิงไปติดตั้งด้านหน้าใต้แผงควบคุม จะช่วยให้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีความเสถียรในการลอยตัวเพิ่มขึ้น

(6) เนื่องจากระบบส่งกำลังมีชุดพูเลย์สายพาน ควรมีหน้ากากครอบเพื่อป้องกันอันตราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลผลิตงานวิจัย

6.1 รายละเอียดผลผลิตงานวิจัยที่ได้

ผลจากการออกแบบ และสร้างเรือต้นแบบได้สรุปผลการทดลองบทที่ 5 แล้วนั้น ตัวเรือฯ ดังกล่าวเป็นชิ้นงาน และสามารถนำไปใช้งานได้ หรือนำไปแสดงเป็นนวัตกรรมใหม่ทางด้านการเกษตร และยังไม่มีเรือชนิดนี้ที่ใช้กับงานด้านการเกษตรมาก่อน ตัวเรือได้ถูกออกแบบและสร้างดังภาพในการการสร้างในภาคผนวก ง ภาพที่ ง.1 ซึ่งเป็นการปฏิบัติงานในการสร้างอุปกรณ์ต่างๆที่สำคัญๆ แล้วนำมาประกอบเป็นเรือสะเทินน้ำสะเทินบกอเนกประสงค์เพื่อการเกษตรเป็นชิ้นงาน แสดงดังภาพในภาคผนวก ง ภาพที่ ง.2

6.2 ผลผลิตงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกอเนกประสงค์เพื่อการเกษตรลำนี้ ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ในหนังสือพิมพ์รายวันมติชน วันพุธที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 ปีที่ 37 ฉบับที่ 13205 หน้า 17 ในหัวข้อเรื่อง “เรื่อสะเทือนน้ำสะเทือนบก”ดังแสดงในภาพที่ 6.1และในเดือนต่อมาก็ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ในหนังสือพิมพ์รายวัน เดลินิวส์ วันเสาร์ที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2557 ฉบับที่ 23641 หน้า 30 ในหัวข้อเรื่อง “เรื่อ อะกริคราฟต์”ดังแสดงในภาพที่ 6.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6.1 แสดงภาพที่เผยแพร่ในหนังสือพิมพ์เดลินิวส์รายวัน “เรื่อ อะกริคราฟต์”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

(1) John B. Heywood, Eran Sher 1999, "The Two-Stroke Cycle Engine", Vol 1 : 36-207

(2) มนตรี พิรุณเกษตร , 2548. **กลศาสตร์ของวัสดุ ,** กรุงเทพฯ: จูนพับลิชชิ่ง.

(3) Christopher F. and Robert W. 1989 , "LIGHT HOVERCRAFT DESIGN" ,Third Edition

(4) Ferdinand P Beer, E.R., Johnston, and Dewolf. J.T. 2006. MECHANIC OF MATERIALS. Mcgraw-Hill book, Singapore.

(5) ดร.นภดล อินนา , 2536 , กลศาสตร์ของไหล , ซีเอ็ดยูเคชั่น

(6) Wikipedia. Static Pressure [ออนไลน์]

เข้าถึงได้จาก : http://en.wikipedia.org/wiki/Static_pressure.

(วันที่ค้นข้อมูล : 16 สิงหาคม 2556).

(7) วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ , ชาญ ถนัดงาน , 2543 , การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม1 , ซีเอ็ดยูเคชั่น

(8) วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ , พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ , 2544 , กลศาสตร์ของไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลการทดสอบแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก และเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลการทดสอบแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบกและเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

ตากรางที่ ก.1 แสดงน้ำหนักปัจจัยต่างๆของการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลอง

รายการ	น้ำหนัก (kg)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
แบบจำลองฯลำเปล่า	0.1621	0.1619	0.1623	0.1621
น้ำหนักวัสดุสูงสุด + ภาชนะ	0.3759	0.3771	0.3777	0.3769

ตารางที่ ก.2 แสดงน้ำหนักปัจจัยต่างๆของการทดสอบแบบจำลอง

การทดสอบ	สภาวะเบาะอากาศไม่ทำงาน	สภาวะเบาะอากาศทำงาน
- องศาพื้นราบเอียงแรกที่แบบจำลองเริ่มเคลื่อนที่	24 องศา	3 องศา
- แรงกระทำของแบบจำลองต่อพื้นราบ	1.1291 N	1.234 N
- แรงเสียดทานระหว่างแบบจำลองกับพื้นราบ	0.5020 N	0.0617 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 แสดงข้อมูลผลการทดลองสมรรถนะในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

น้ำหนัก (kg)	ความเร็วเครื่องยนต์ (rpm)	กำลังที่ใช้ (Hp, kW)
0	3400	4.50 , 3.30
50	3855	5.50 , 4.04
100	4300	7.50 , 5.51
150	5100	15.00 , 11.03
200	5600	19.00 , 13.97
250	6300	24.75 , 18.20
300	6900 (สูงสุด)	23.5 , 17.28

ตารางที่ ก.4 แสดงผลการทดสอบความเร็วนบพื้นแบบต่างๆ

พื้นที่ทดสอบ	น้ำหนักบรรทุก (kg)	เวลา (วินาที)				ความเร็วสูงสุด	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	เมตรต่อวินาที	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
พื้นคอนกรีต	50	6.32	8.04	7.81	7.32	4.09	14.72
	100	7.58	8.87	8.51	8.32	3.60	12.96
	150	10.59	10.48	10.49	10.52	2.85	10.26
พื้นหญ้า	50	12.83	14.11	13.02	13.32	2.25	8.10
	100	15.03	15.22	16.13	15.46	1.94	6.98
	150	19.54	21.09	18.59	19.74	1.51	5.43
พื้นน้ำ	50	6.16	5.41	7.30	6.29	4.76	17.13
	100	6.85	7.12	7.57	7.18	4.17	15.01
	150	7.42	6.95	7.71	7.36	4.07	14.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 แสดงผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

พื้นที่ทดสอบ	น้ำหนักบรรทุก (kg)	ความเร็วเครื่องยนต์ (rpm)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (l/km)	ค่าใช้จ่ายต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร (บาท/ก.ม.)
พื้นคอนกรีต	150	6900 (สูงสุด)	1.94	78.84
พื้นหญ้า			3.68	141.97
พื้นน้ำ			1.36	52.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมระบบอำนวยการขับของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

บนซอร์ฟแวร์ Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมของระบบอำนวยการขับ บนซอร์ฟแวร์ Arduino IDE

```
//----------------------------------------------------start----------------------------------------------------

#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_PCD8544.h>
Adafruit_PCD8544  lcd = Adafruit_PCD8544(8, 9, 10, 11, 12); // Port lcd 1
Adafruit_PCD8544 lcd2 = Adafruit_PCD8544(3, 4, 5, 6, 7); // Port lcd 2
int rpm , screen=0 ;
float  x ;
long timeold ;
byte rpmcount ;
int xxx   ;
float fuel_level ;
void setup()  {
  lcd.begin();
  lcd2.begin();
  lcd.setContrast(60);
  lcd2.setContrast(60);
  attachInterrupt(0, rpm_fun, RISING);
  rpmcount = 0;
  rpm = 0;
  timeold = 0;
  pinMode ( 13 , OUTPUT ) ;
  pinMode ( 0 , OUTPUT ) ; }
 void loop() {
    lcd.clearDisplay ();
    rpm = 25*1000/(millis() - timeold)*rpmcount;
    rpm = rpm*2.5
    timeold = millis();
    rpmcount = 0;
    if ( rpm > 0 ) {
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.setTextSize(1);
    lcd.print ("Speed") ;
    lcd.setCursor(7,15);
    lcd.setTextSize(3);
    lcd.print (rpm,DEC) ;
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lcd.setCursor(65,40);
lcd.setTextSize(1);
lcd.print ("RPM") ;
lcd.display();
digitalWrite ( 13 , LOW ) ;  }
if ( rpm == 0 ) {
  if ( screen >= 0 && screen < 10 ) {
lcd.setCursor(0,10);
lcd.setTextSize(2);
lcd.print ("Hello !") ;  }
  if ( screen >=10 && screen < 25 ) {
lcd.setCursor(0,8);
lcd.setTextSize(1);
lcd.print ("The Hovercraft") ;
lcd.setCursor(0,20);
lcd.print ("  Built by...") ;  }
  if ( screen >= 25 && screen < 40 ){
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print ("  Built by...") ;
lcd.setCursor(3,10);
lcd.setTextSize(1);
lcd.print ("AJ.Teerapong") ;
lcd.setCursor(4,18);
lcd.setTextSize(1);
lcd.print ("   Pholpho") ;
lcd.setCursor(3,30);
lcd.setTextSize(1);
lcd.print ("AJ.Patt") ;
lcd.setCursor(4,38);
lcd.setTextSize(1);
lcd.print ("   Vichaiya") ;    }
  if ( screen >= 40 && screen < 55 ) {
 lcd.setCursor(0,0);
 lcd.setTextSize(1);
lcd.print ("  Built by...") ;
lcd.setCursor(5,12);
lcd.setTextSize(1);
lcd.print ("Mo      ^^") ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lcd.setCursor(5,22);
lcd.setTextSize(1);
lcd.print ("Fon     ;-)") ;
lcd.setCursor(5,32);
lcd.setTextSize(1);
lcd.print ("Phee    :-)") ;  }
  if ( screen >= 55 && screen < 60 ) {
lcd.setCursor(7,10);
lcd.setTextSize(2);
lcd.print ("AE-28k") ;  }
  if ( screen >= 60 ){
 screen = 1 ;
 lcd.setCursor(0,10);
lcd.setTextSize(2);
lcd.print ("Hello !") ;  }
screen++ ;
lcd.display();
digitalWrite ( 13 , HIGH ) ;   }
lcd2.clearDisplay ();
lcd2.setCursor(13,0);
lcd2.setTextSize(1);
lcd2.print ("Fuel Level") ;
lcd2.setCursor(13,40);
lcd2.setTextSize(1);
lcd2.print ("Agri Craft") ;
lcd2.drawLine(0, 8, 83, 8, BLACK);
lcd2.drawLine(0, 30, 83, 30, BLACK);
lcd2.drawLine(0, 8, 0, 30, BLACK);
lcd2.drawLine(83, 8, 83, 30, BLACK);
fuel_level = analogRead ( A0 ) ;
int fuel_box = 82 - (map(fuel_level, 20, 360, 0, 82)) ;
if ( fuel_box > 1 && fuel_box < 77 ){
for (int roll = 10; roll<29; roll++) {
lcd2.drawLine(1 , roll , fuel_box , roll , BLACK);   }    }
if ( fuel_box >= 70 ){
  for (int roll = 10; roll<29; roll++) {
lcd2.drawLine(1 , roll , 82 , roll , BLACK);   }   }
if ( (map(fuel_level, 20, 360, 0, 82))>=82 ) {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      digitalWrite ( 0 , HIGH ) ;    }
    if ( (map(fuel_level, 20, 360, 0, 82))<82 ) {
      digitalWrite ( 0 , LOW ) ;   }
    lcd2.display();
    delay ( 200 ) ;  }
 void rpm_fun() {
   rpmcount++; }

//----------------------------------------------------end-----------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารแสดงคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆที่เลือกใช้

บนแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบกและเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง

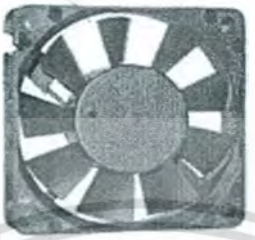
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

- คุณสมบัติของพัดลมไฟฟ้าที่ใช้กับแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

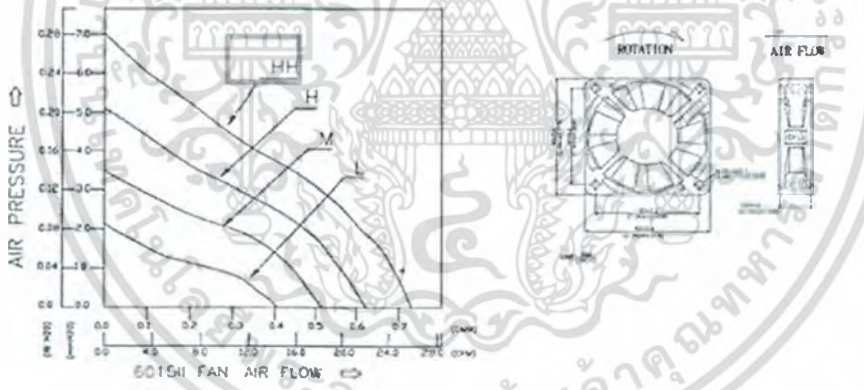
ECOGREEN TECHNOLOGIES (S) PTE LTD

60 * 60 * 15 II mm



MODEL NO	RATED VOLTAGE V	OPERATING VOLTAGE V	RATED CURRENT A	ACTUAL CURRENT A	RATED POWER W	RATED SPEED RPM	MAX. AIR FLOW CMM	MAX. AIR FLOW CFM	MAX. STATIC AIR PRESSURE mmH2O	MAX. STATIC AIR PRESSURE inH2O	NOISE LEVEL dBA
6015L12S/C/B/F	12	9~13.8	0.15	0.1	1.8	3000	0.405	14.32	2.16	0.085	26
6015M12S/C/B/F	12	9~13.8	0.25	0.15	3	3800	0.514	18.14	3.48	0.137	31
6015H12S/C/B/F	12	9~13.8	0.35	0.21	4.2	4600	0.623	22	5.1	0.201	36
6015HH12S/C/B/F-	12	9~13.8	0.45	0.29	5.4	5400	0.73	25.78	7.02	0.276	41

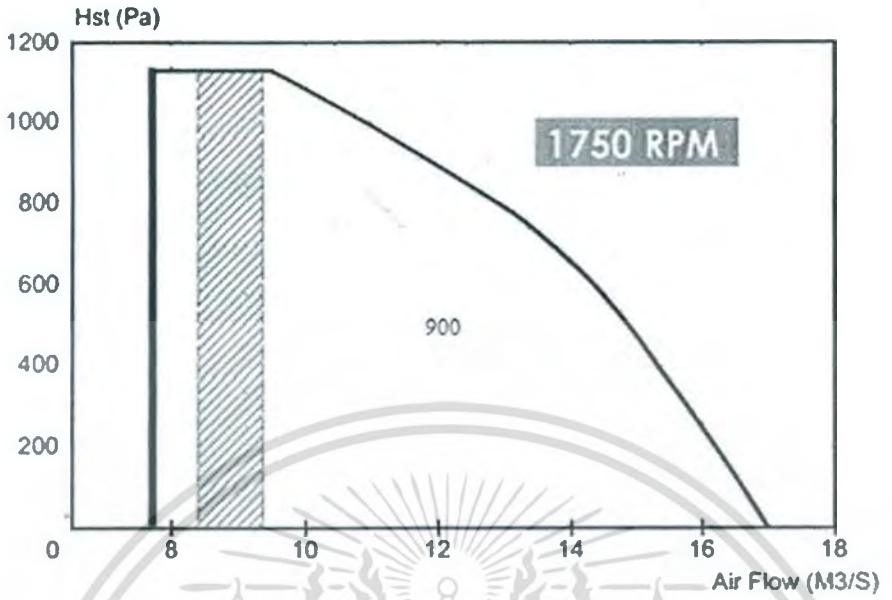
CHARACTERISTIC CURVE



ภาพที่ ค.1 คุณสมบัติของพัดลมไฟฟ้าที่ใช้กับแบบจำลองเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

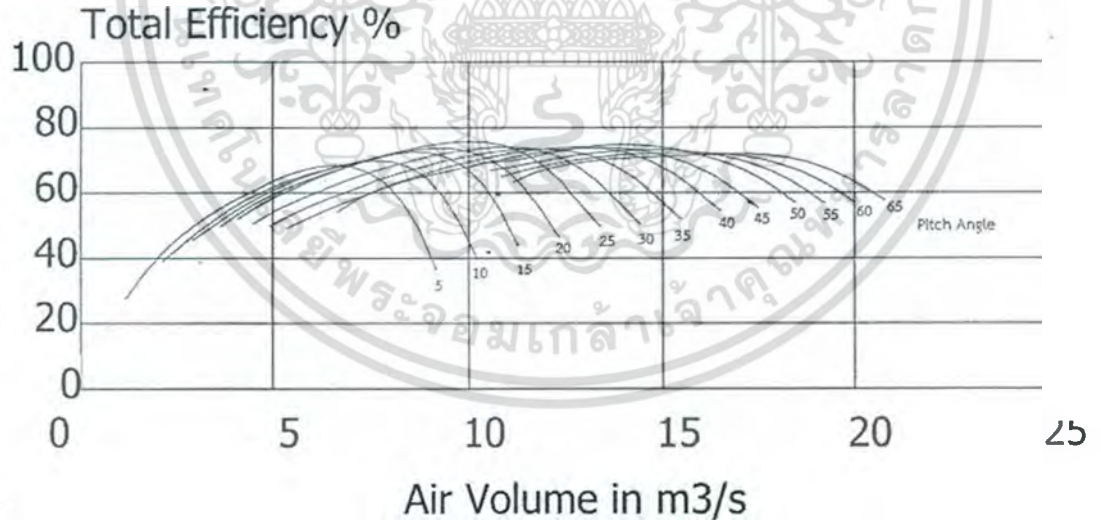
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คุณสมบัติของพัดลมท่อที่เลือกใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง



ภาพที่ ค.2 คุณสมบัติของพัดลมท่อที่เลือกใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

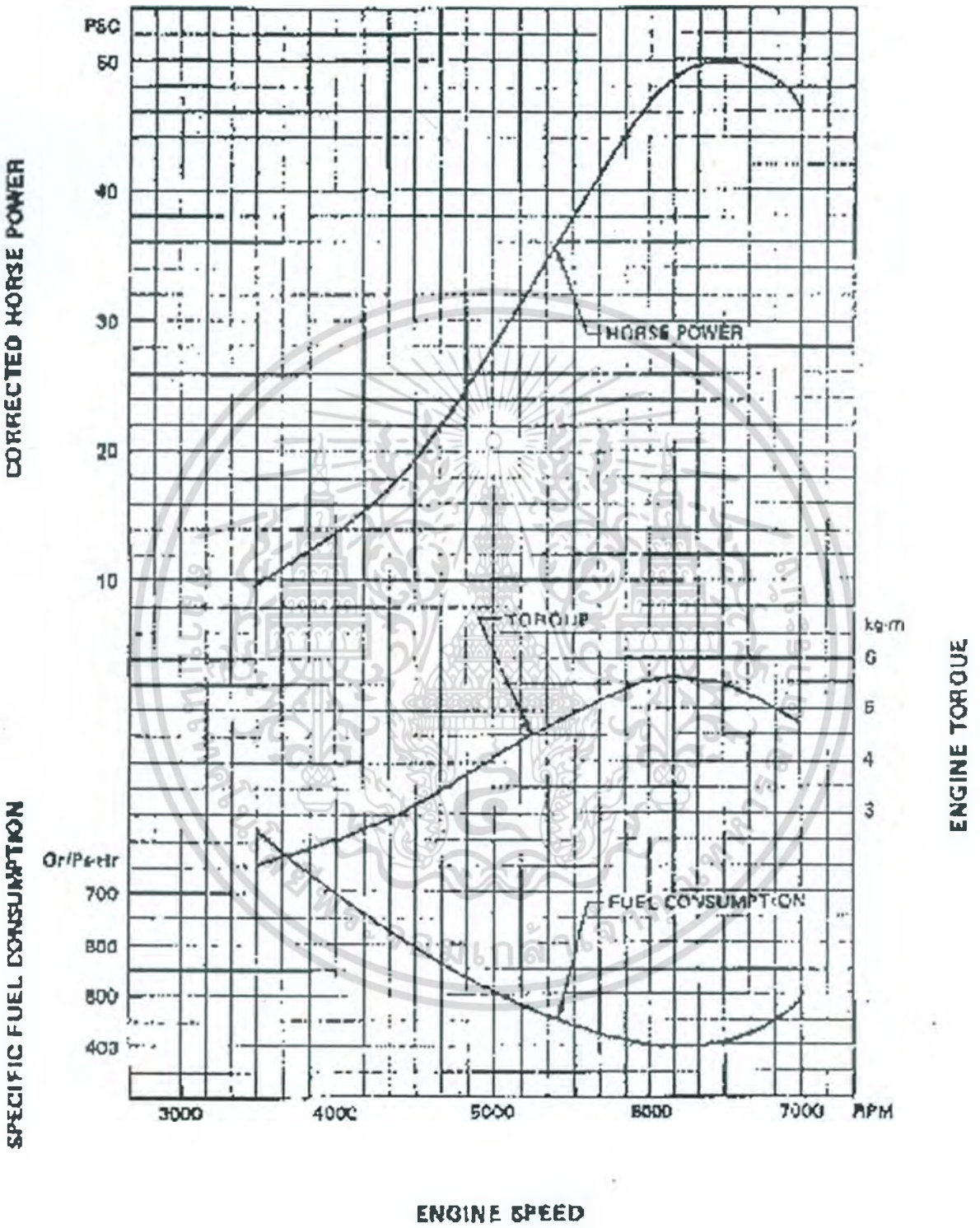
- ประสิทธิภาพของพัดลมท่อ รุ่น TDA900 ที่ใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบกฯ



ภาพที่ ค.3 ประสิทธิภาพของพัดลมท่อ รุ่น TDA900 ที่ใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบกฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คุณสมบัติของเครื่องยนต์ Robin EC50pm **ที่ใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบกฯ**



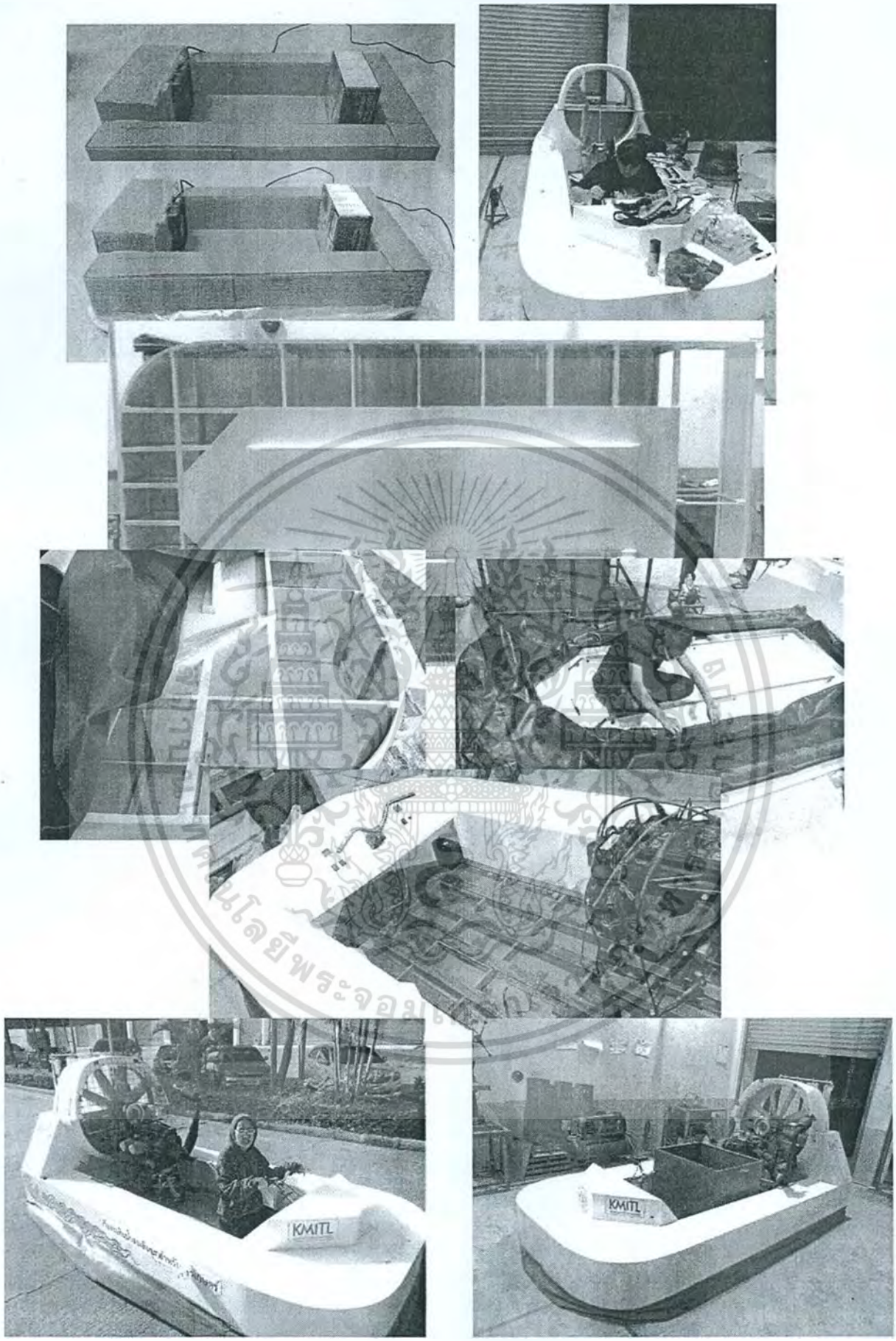
ภาพที่ ค.4 คุณสมบัติของเครื่องยนต์ EC50pm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

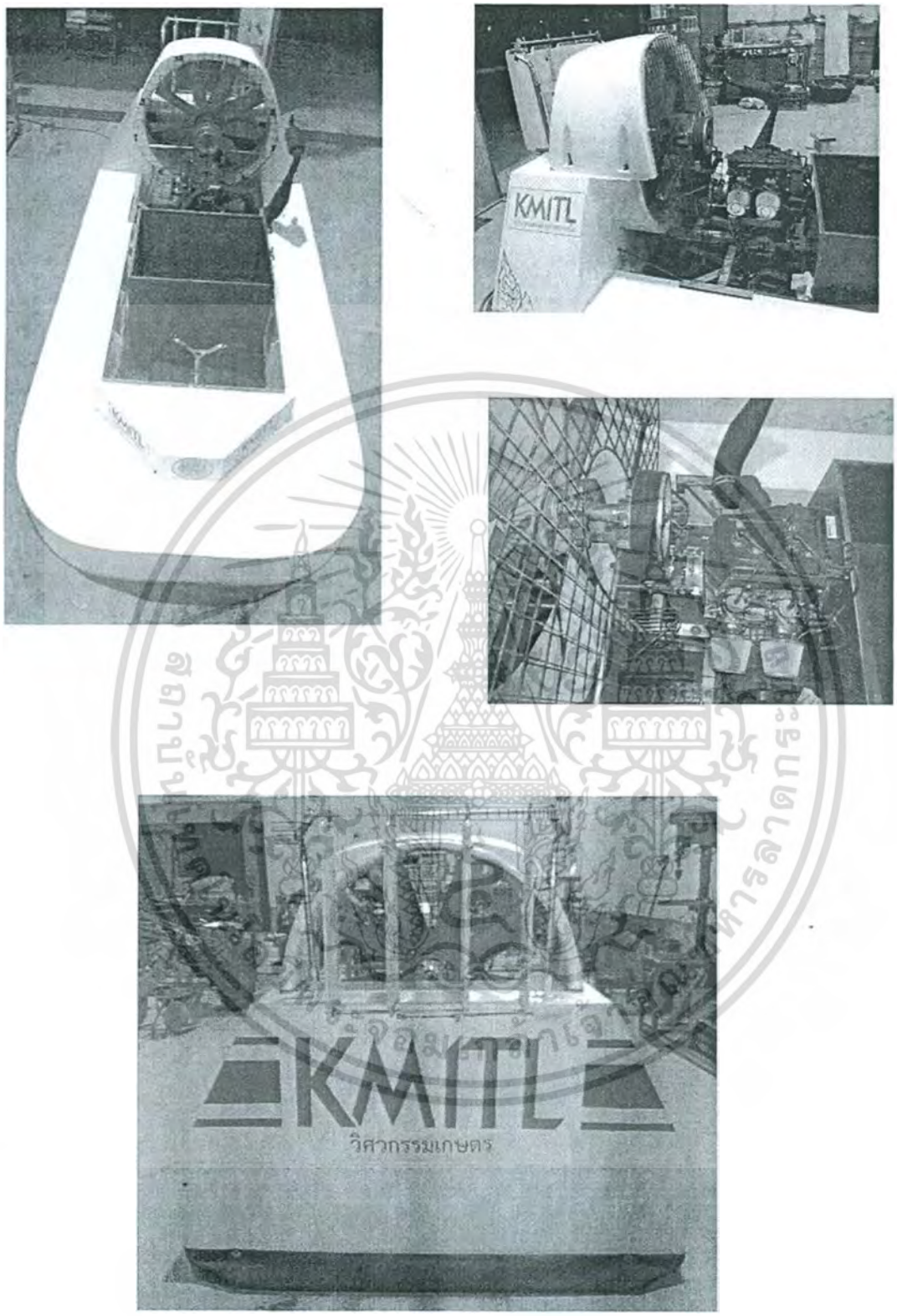
ภาพถ่ายระหว่างปฏิบัติงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ง. 1 ถ่ายระหว่างปฏิบัติงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ง. 2 ถ่ายระหว่างปฏิบัติงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสโครงการ/รหัสสัญญา.....

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า **ครั้งที่** 2 รอบ 9 **เดือน ประจำปีงบประมาณ** 2557

☐ **แหล่งงบประมาณแผ่นดิน** (แบบปกติ) ☑ **แหล่งเงินรายได้**

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดข้าวไร่ติดรถไถเดินตาม

(ภาษาอังกฤษ) Design and Fabricate of Upland rice Seeder attached power tiller

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) ธีรพงศ์ ผลโพธิ์

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2556 ถึงวันที่ 30 มีนาคม 2557

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2556 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2557

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 60,000 บาท 100 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) 12 ธันวาคม 2556

งวดที่ 2 - บาท - % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) -

2. <u>สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน</u> **(จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)**

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว	-	-	-
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	-	-	-
ค่าใช้สอย	35,000	35,000	-
ค่าวัสดุ	75,000	75,000	-
ค่าสาธารณูปโภค	40,000	40,000	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
รวม	150,000	150,000	-

.....

(.....ผศ.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์.....)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

...1.../เมษายน/2558.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

(.....).

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

...../...../.....

หมายเหตุ : นักวิจัยหรือเจ้าหน้าการเงินสามารถปรับหรือเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมข้อความได้ตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับการดำเนินงาน อาทิเช่น นักวิจัยอยู่ระหว่างการดำเนินการเคลียร์ด้านเอกสารทางการเงิน หรือข้อความอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัวหัวหน้าโครงงานวิจัย

ชื่อ-สกุล นายธีรพงศ์ ผลโพธิ์

ตำแหน่งปัจจุบัน

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ	เทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีเครื่องกล)	สถาบันราชภัฏฉะเชิงเทรา	2539
M.S Agri. Eng.	Agricultural Engineering (Farm Machinery)	Central Luzon State University, Philippines	2545
ปร.ด	เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2557

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

1) เครื่องจักรกลการเกษตร

2) วิศวกรรมแทรกเตอร์

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
-	-	-
-	-	-
-	-	-

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

ระดับชาติ

1.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ, ***ธีรพงศ์ ผลโพธิ์*** "เครื่องให้อาหารปลาถะพงขาว" วารสารเพื่อการพัฒนาชนนท ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ฉบับที่ 34 ปีที่10 เดือน มกราคม – มีนาคม 2553

2.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์, ประสันต์ ชุ่มใจหาญ "เครื่องหั่นกล้วยน้ำว้าแบบต่อเนื่อง" วารสารเพื่อการพัฒนาชนนท ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ฉบับที่ 36 ปีที่ 10 เดือน กรกฎาคม – กันยายน 2553

3. ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ และ วินัย กล้าจริง 2549. การออกแบบและพัฒนาเครื่องตีเกลียวไหม. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, ปีที่ 24 ฉบับที่ 1, มกราคม- เมษายน 2549 24:1(13-19)

ระดับนานาชาติ

1. Panmanas Sirisomboon, Prakob Kitchaiya, *Teerapong Pholpho* and Wiroj Mahuttanyavanitch. Physical and mechanical properties of Jatropha curcas L., fruits, nuts and kernels. Biosystems Engineering, 2007, 97:201-20

2. Panmanas Sirisomboon, Prakob Kitchaiya, *Teerapong Pholpho* and Wiroj Mahuttanyavanitch. Physical and mechanical properties of Jatropha curcas L., fruits, nuts and kernels. Biosystems Engineering, 2007, 97:201-20

3. *T. Pholpho*, S. Pathaveerat and P. Sirisomboon, 2011, "Classification of longan fruit bruising using visible spectroscopy", Journal of Food Engineering, 104 (2011) 169–172

การเสนอผลงานวิชาการ

ระดับชาติ

1. ***ธีรพงศ์ ผลโพธิ์*** และ สุนิศา ทรงเยาว์ศรี. 2548. "การออกแบบและสร้างเครื่องหั่นตะไคร้แบบสไลซ์" การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6, 30-31 มีนาคม 2548, วิศวกรรมเกษตรไทยสู่ครัวโลก, ณ. โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ กรุงเทพฯ หน้า 257-263

2.***ธีรพงศ์ ผลโพธิ์***, 2549. "การพัฒนาเครื่องหั่นตะไคร้แบบหั่นตรงและหั่นเฉียง"การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, 23-24 มกราคม 2549, งานวิจัยเพื่อเพิ่มศักยภาพสินค้าเกษตรไทยในตลาดโลก, ณ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต. ขามเรียง ต. เมือง จังหวัดมหาสารคาม หน้า 68

3. ***ธีรพงศ์ ผลโพธิ์*** บัณฑิต จริโมภาศ และปานมนัส ศิริสมบูรณ์, 2552, "ความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวและสมบัติกายภาพบางประการของผลลำไยสด", การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9, 31 มกราคม 2550 - 1 กุมภาพันธ์ 2552, เทคโนโลยีเพื่อการเกษตรและอุสาหกรรมเกษตรที่ยั่งยืน ณ. โรงแรมแม่ปิง จังหวัดเชียงใหม่ หน้า 152

4. ***ธีรพงศ์ ผลโพธิ์*** ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ และปานมนัส ศิริสมบูรณ์, 2552,"ความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวและสมบัติกายภาพของผลลำไยสดพันธุ์สีชมพูและพันธุ์เนื้อวเขียว" การสัมมนาทางวิชาการวิทยาการหลังการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 7, 19-20 สิงหาคม 2552, ณ โรงแรมอ่าวนางวิลล่ารีสอร์ท อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ หน้า 20

5. *ธีรพงศ์ ผลโพธิ์* ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์และ ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. 2553. "การพัฒนาและทดสอบเครื่องสั่นสะเทือนสำหรับทดสอบบรรจุภัณฑ์ผักและผลไม้" การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11, 6-7 พฤษภาคม 2553, ณ อาคารศูนย์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

6. *ธีรพงศ์ ผลโพธิ์*, และทรงวุฒิ แสงจันทร์ "การออกแบบและสร้างเครื่องอัดฟางแบบม้วนกลมติดรถไถเดินตาม" (Design and fabrication a Straw Compressing Machine of the roll-type for Hand tractors) การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 ที่จังหวัดเชียงใหม่ วันที่ 4 - 5 เมษายน 2555

7. *ธีรพงศ์ ผลโพธิ์* และ กฤษณ์ ผลโพธิ์ "การพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า" การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14 โรงแรมหัวหินแกรนด์ แอนด์ พลาซ่า จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ วันที่ 1 – 4 เมษายน 2556

ระดับนานาชาติ

1. Teresito G.Aguinaldo, Vinai Klajring and *Teerapong Pholpo*., "Development of a Two-row Soybean Seeder in Thailand", Proceedings of the 52nd Philippines Society of Agricultural Engineering annual national convention –Lifeline to Agri-Fisheries Modernization - April 22-26, 2002, Puerto Princesa city, palawan, Philippines.

2. Vinai Klajring and *Teerapong Pholpo*., Design and development of soybean Seeder attached power tiller with 8 Hp Engine, 17th Agricultural Engineering in week And 4th PSAE International Convention & Exhibition on " Agricultural Engineering role in Achieving the Millennium Development goal" 17-21 April 2006 , Balanghai Hotel, Butuan City, Philippines.

3. *Teerapong Pholpho*, 2010 "Development and Locally-made Vibration Machine for Fruit and Vegetable Package Testing", The Evolving Agricultural Engineers: Spearheading Global and Local Economic Development, 8th International Conference and Exhibition, April 21-23, 2010, Benguet State University La Trinidad, Benguet 2601, Philippines

4.*Teerapong Pholpho* and Panmanas Sirisomboon, 2013, "Jatropha Decorticator and Sheller" The 6th TSAE International Conference, April 1-4, 2013, Hua Hin Grand Hotel & Plaza, Hua Hin City Center, Hua Hin/Cha-am, Prachuap Khiri Khan, Thailand.

5. *Teerapong Pholpho*, Bundit Jarimopas and Panmanas Sirisomboon, 2008, Postharvest Damage and Some Physical Properties of Fresh Longan., Proceedings of the 9th Thai Society of Agricultural Engineering annual meeting–Technology for Sustainable Agriculture and Agro-Industry- January 31- February 1, 2008, Faculty of Engineering and Agricultural Industry, Maejo University, Thailand. (in Thai).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้