พัฒนาเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร

DEVELOPMENT OF THE HOVERCRAFT FOR AQUACUTURAL AND AGRICUTURAL PRODUCT HANDINGS

กศิรพัฒน์ คงนก

กิตติพิชญ์ พลจันทร์

เกษมสันต์ จันทนะลิขิต

ไอศูรย์ สัญญะเขื่อน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

พัฒนาเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร

DEVELOPMENT OF THE HOVERCRAFT FOR AQUACUTURAL AND AGRICUTURAL PRODUCT HANDINGS

กศิรพัฒน์ คงนก

กิตติพิชญ์ พลจันทร์

เกษมสันต์ จันทนะลิขิต

ไอศูรย์ สัญญะเขื่อน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร

DEVELOPMENT OF THE HOVERCRAFT FOR AQUACUTURAL AND AGRICUTURAL PRODUCT HANDINGS

กศิรพัฒน์ คงนก

กิตติพิชญ์ พลจันทร์

เกษมสันต์ จันทนะลิขิต

ไอศูรย์ สัญญะเขื่อน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF THE HOVERCRAFT FOR AQUACUTURAL AND AGRICUTURAL PRODUCT HANDINGS

KASIRAPAT KHONGNOK

KITTIPHIT PHONCHAN

KASEMSAN CHANTANALIKIT

ISOON SUNYAKUAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์	พัฒนาเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร DEVELOPMENT OF THE HOVERCRAFT FOR AQUACUTURAL AND AGRICUTURAL PRODUCT HANDINGS
นักศึกษาผู้จัดทำ	นาย กศิรพัฒน์ คงนก รหัสนักศึกษา 54010075 นาย กิตติพิชญ์ พลจันทร์ รหัสนักศึกษา 54010113 นาย เกษมสันต์ จันทนะลิขิต รหัสนักศึกษา 54010131 นาย ไอศูรย์ สัญญะเขื่อน รหัสนักศึกษา 54010157
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)
หลักสูตร	วิศวกรรมเกษตร
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2557

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. ธีรพงศ์ ผลโพธิ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	พัฒนาเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายกศิรพัฒน์ คงนก	รหัสนักศึกษา	54010075
	นายกิตติพิชญ์ พลจันทร์	รหัสนักศึกษา	54010113
	นายเกษมสันต์ จันทนะลิขิต	รหัสนักศึกษา	54010131
	นายไอศูรย์ สัญญะเขื่อน	รหัสนักศึกษา	54010157
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์		
ปีการศึกษา	2557		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนา สร้าง และทดสอบแรงลอยตัวและแรงผลักดันของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญของเรือดังนี้ 1) ตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก 2) เครื่องยนต์และใบพัด 3) อุปกรณ์บังคับลมและแผงควบคุม 4) เบาะอากาศ หลักการทำงานของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกจะใช้ลมจากเครื่องยนต์ต้นกำลังโดยแบ่งลมออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนที่ใช้ในการลอยตัวของเรือ 2) ส่วนที่ใช้ในการผลักดันของเรือ เมื่อลมถูกแบ่งเข้าไปในส่วนที่ใช้ในการลอยตัวจนเต็มเบาะอากาศก็จะทำให้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกลอยตัวขึ้น และลมในส่วนที่ใช้ในการผลักดันก็จะทำให้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกนั้นเคลื่อนที่ไปได้

ผลการทดสอบความสามารถในพื้นที่ที่ต่างกันคือ พื้นคอนกรีต, พื้นหญ้า และพื้นน้ำกึ่งเลน พบว่าเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วดีที่สุดบนพื้นน้ำกึ่งเลนที่ความเร็ว 39.50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.25 กิโลเมตรต่อลิตร และเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงสุด 350 กิโลกรัมทุกพื้นที่ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of The hovercraft for aquacultural and agricultural product handlings	
Authors	Mr. Kasirapat Khongnok	54010075
	Mr. Kittiphit Phonchan	54010113
	Mr. Kasemsan Chantanalikit	54010131
	Mr. Isoon SanyaKuan	54010157
Thesis Advisor	Assis.Prof. Teerapong PholPho	
Year	2014	

Abstract

The objective of the thesis was to study on the development, construction test lift force and Thrust of hovercraft. The hovercraft composed by four components which are 1) body structure 2) engine and propeller 3) Air force equipment and control panel 4) air skirt. Hovercraft uses air from the engine and, the wind can separate in two parts. The first used in floating and second used for drive to the front when the wind is divided into parts used in floating filled the air skirt render the hovercraft floats up and the wind in the parts used in the push to make the hovercraft was moving.

The testing of the results in concrete surface, grass surface, and mud field surface were found that the hovercraft has maximum speed on the mud field at 39.50 kilometers per hour and rate of fuel consumption was 0.25 kilometers per liter and maximum load for the hovercraft was 350 kilogram for all surfaces.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอบคุณบุคลากรโรงงานไม้ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือและไห้คำปรึกษาในเรื่องการต่อเรือจนสำเร็จได้ด้วยดี

ของคุณเพื่อนๆ วิศวกรรมเกษตรรุ่นที่ 29 ที่ช่วยในการให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการสร้างและทดสอบเรือสะเทินน้ำสะเทินบกจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

และสุดท้ายต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายกศิรพัฒน์ คงนก
นายกิตติพิชญ์ พลจันทร์
นายเกษมสันต์ จันทนะลิขิต
นายไอศูรย์ สัญญะเขื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎี , หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เรือสะเทินน้ำสะเทินบก	4
2.2 หลักการของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	5
2.2.1 อากาศสำหรับการสร้างแรงลอยตัว (Lift Force)	5
2.2.2 อากาศสำหรับการสร้างแรงผลักดัน (Thrust)	5
2.3 เครื่องยนต์ 2 จังหวะ	5
2.3.1 การทำงานของเครื่องยนต์ 2 ช่วงชัก	7
2.3.2 สัดส่วนความอัด	8
2.3.3 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ	8
2.3.4 เครื่องยนต์ที่ใช้	9
2.4 พัดลมท่อ	10
2.4.1 ลักษณะการทำงานของพัดลมท่อ	11
2.4.2 หลักการสร้างแรงผลักของใบพัด	11
2.4.3 ใบพัดที่ใช้	12
2.5 แรงยกตัว	13
2.6 สมการแบร์นูลี่ (Bernoulli's Equation)	14
2.7 อัตราการไหล (Flow Rate)	14
2.8 แรงลอยตัว	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้าที่
2.9 กำลังที่ใช้ในการยกตัว (Power)	16
2.10 แรงฉุด (Drag Force)	16
2.11 แรงต้านทางชัน (Gradient Resistance)	16
2.12 เพลา	17
2.13 สายพาน	20
2.14 การทดกำลังของพูเล่ย์	21
2.15 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกในปัจจุบัน	22
2.16 พื้นที่ๆนิยมใช้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกในปัจจุบัน	25
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	26
3.1 อุปกรณ์สำคัญของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	27
3.1.1 ตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	27
3.1.2 เครื่องยนต์ต้นกำลังและใบพัด	33
3.1.3 อุปกรณ์บังคับลมและแผงควบคุมเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	36
3.1.4 เบาะอากาศ	39
3.2 การคำนวณหาแรงลอยของเรือ	41
3.3 การคำนวณหาแรงผลักดันของเรือ	41
3.3.1 การคำนวณ อัตราการไหลของลมที่เข้าเบาะอากาศ	41
3.3.2 ปริมาตรของลมเข้าและออกจากเบาะอากาศ	44
3.4 การชั่งน้ำหนักเรือและอุปกรณ์ต่างๆ ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	41
3.4.1 การชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ต่างๆ ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	45
3.4.2 น้ำหนักอุปกรณ์ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	47
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	48
4.1 การทดสอบความสามารถในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	48
4.2 การทดสอบหาความเร็วของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	50
4.3 การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	52
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	54
5.1 สรุปผลการทดลอง	54
5.2 ปัญหาที่พบ	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

		หน้าที่
ภาคผนวก ก.	ตารางแสดงผลการทดสอบเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร	55
	1. การทดสอบความสามารถในการลอยตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	56
	2. การทดสอบหาความเร็วของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	59
	3. การทดสอบการหาอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	60
ภาคผนวก ข	ภาพฉายเรือสะเทินน้ำสะเทินบกและอุปกรณ์เรือสะเทินน้ำสะเทินบก เพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร	62
ภาคผนวก ค	เอกสารแสดงคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เลือกใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร	68
ภาคผนวก ง	ภาพถ่ายระหว่างปฏิบัติโครงงานในการออกแบบและสร้างเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร	71
เอกสารอ้างอิง		73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

		หน้าที่
ภาพที่ 1.1	กระบวนการดำเนินงาน	3
ภาพที่ 2.1	เรือสะเทินน้ำสะเทินบก	4
ภาพที่ 2.2	แสดงการไหลของอากาศในตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	5
ภาพที่ 2.3	ส่วนประกอบของเครื่องยนต์สองจังหวะ	6
ภาพที่ 2.4	จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์สองจังหวะ	7
ภาพที่ 2.5	จังหวะดูดและอัด ของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ	7
ภาพที่ 2.6	จังหวะระเบิดและคายของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ	8
ภาพที่ 2.7	เครื่องยนต์ที่ใช้	9
ภาพที่ 2.8	ส่วนประกอบของพัดลมท่อ	10
ภาพที่ 2.9	กราฟแสดงคุณสมบัติของพัดลมท่อ	10
ภาพที่ 2.10	ลักษณะการทำงานของพัดลมท่อ	11
ภาพที่ 2.11	ลักษณะการไหลของอากาศขณะที่ใบพัดหมุน	11
ภาพที่ 2.12	กราฟคุณสมบัติของพัดลม รุ่น TDA900 -14AA -8 -8	12
ภาพที่ 2.13	ใบพัดเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	12
ภาพที่ 2.14	เปรียบเทียบแรงยกระหว่างกระบอกสูบ Pneumatic กับเรือสะเทินน้ำสะเทิน	13
ภาพที่ 2.15	อ้างอิงระดับพลังงานศักย์	14
ภาพที่ 2.16	อ้างอิงอัตราไหลของท่อที่พื้นที่หน้าตัดไม่เท่ากัน	15
ภาพที่ 2.17	แรงลอยตัวต่อวัตถุ	15
ภาพที่ 2.18	แสดงแรงต้านทานชัน	17
ภาพที่ 2.19	เพลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ	18
ภาพที่ 2.20	พูเล่ห์และสายพาน	21
ภาพที่ 2.21	เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับกิจการทหาร	22
ภาพที่ 2.22	เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการคมนาคม	23
ภาพที่ 2.23	เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการสำรวจ	23
ภาพที่ 2.24	เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการกีฬา	24
ภาพที่ 2.25	การใช้เรือสัญจรบนหาดเลน	25
ภาพที่ 2.26	เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสัญจรบนพื้นที่กึ่งบกกึ่งเลน	25
ภาพที่ 3.1	อุปกรณ์ที่สำคัญของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	26
ภาพที่ 3.2	พื้นที่ใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	27
ภาพที่ 3.3	อุปกรณ์ดักอากาศของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

		หน้าที่
ภาพที่ 3.4	พื้นที่รับลม	29
ภาพที่ 3.5	อุปกรณ์ดักอากาศ	29
ภาพที่ 3.6	ภาพตัดช่องลำเลียงอากาศ	30
ภาพที่ 3.7	ช่องลำเลียงอากาศด้านข้าง	30
ภาพที่ 3.8	ช่องลำเลียงอากาศด้านบน	31
ภาพที่ 3.9	พื้นที่หน้าตัดของช่องลำเลียงอากาศเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	31
ภาพที่ 3.10	ช่องลำเลียงอากาศ	32
ภาพที่ 3.11	อุปกรณ์ลดแรงกระแทก	32
ภาพที่ 3.12	ติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงกระแทก	33
ภาพที่ 3.13	ตำแหน่งของเครื่องยนต์ต้นกำลัง	34
ภาพที่ 3.14	ใบพัดเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	34
ภาพที่ 3.15	กราฟคุณสมบัติของใบพัด	35
ภาพที่ 3.16	ติดตั้งเครื่องยนต์ต้นกำลังเข้ากับชุดส่งกำลังและใบพัด	35
ภาพที่ 3.17	อุปกรณ์บังคับลมหรือหางเสือ	36
ภาพที่ 3.18	ติดตั้งอุปกรณ์บังคับลมหรือหางเสือ	37
ภาพที่ 3.19	การออกแบบแผงควบคุม	38
ภาพที่ 3.20	แผงควบคุม	38
ภาพที่ 3.21	ระบบไฟฟ้า	39
ภาพที่ 3.22	ภาพฉายเบาะอากาศ	39
ภาพที่ 3.23	ติดตั้งเบาะอากาศใต้ท้องเรือ	40
ภาพที่ 3.24	การติดตั้งเบาะอากาศเข้ากับเรือ	40
ภาพที่ 3.25	พื้นที่ลมออกจากช่องลำเลียงอากาศแบบที่ 1	41
ภาพที่ 3.26	พื้นที่ลมออกจากช่องลำเลียงอากาศแบบที่ 2	42
ภาพที่ 3.27	พื้นที่ลมออกจากช่องลำเลียงอากาศแบบที่ 3	42
ภาพที่ 3.28	พื้นที่ลมออกจากเบาะอากาศ	44
ภาพที่ 3.29	การชั่งน้ำหนักเรือเปล่า	45
ภาพที่ 3.30	การชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ส่วนท้ายของเรือ	45
ภาพที่ 3.31	การชั่งน้ำหนักแผงควบคุม	46
ภาพที่ 3.32	การชั่งน้ำหนัก ใบพัด	46
ภาพที่ 3.33	การชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ลดแรงกระแทก	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

			หน้าที่
ภาพที่	3.34	น้ำหนักอุปกรณ์ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	47
ภาพที่	4.1	อุปกรณ์ถ่วงน้ำหนัก	48
ภาพที่	4.2	การทดสอบการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	49
ภาพที่	4.3	กราฟแสดงผลการทดสอบหาความสามารถในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	49
ภาพที่	4.4	กราฟแสดงผลการทดสอบหาความเร็วของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	51
ภาพที่	4.5	แผนภูมิแท่งแสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (กิโลเมตรต่อลิตร)	53
ภาพที่	ข.1	ภาพฉายเรือสะเทินน้ำสะเทินบกลำเปล่า	63
ภาพที่	ข.2	ภาพฉายอุปกรณ์ดักอากาศ	63
ภาพที่	ข.3	ภาพฉายแผงควบคุมเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	64
ภาพที่	ข.4	ภาพฉายอุปกรณ์ลดแรงกระแทก	64
ภาพที่	ข.5.1	ภาพฉายเบาะอากาศ	65
ภาพที่	ข.5.2	ภาพฉายการประกอบเบาะอากาศ	65
ภาพที่	ข.6	ภาพฉายหางเสือเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	66
ภาพที่	ข.7	ภาพฉายพื้นระแนงเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	66
ภาพที่	ข.8.1	ภาพฉายเรือสะเทินน้ำสะเทินบกแบบที่ 1	67
ภาพที่	ข.8.2	ภาพฉายเรือสะเทินน้ำสะเทินบกแบบที่ 2	67
ภาพที่	ค.1	คุณสมบัติของพัดลมท่อที่เลือกใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	69
ภาพที่	ค.2	ประสิทธิภาพของพัดลมท่อ รุ่น TDA900 ที่เลือกใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	69
ภาพที่	ค.3	คุณสมบัติของเครื่องยนต์ EC50pm ที่เลือกใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	70
ภาพที่	ง.1	ด้านหน้าเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	72
ภาพที่	ง.2	ด้านหลังเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	72
ภาพที่	ง.3	ด้านข้างเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้าที่
ตารางที่ 2.1	ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775 – 1969	19
ตารางที่ ก.1	ผลการทดสอบหาสามารถในการลอยตัว ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (พื้นคอนกรีต)	56
ตารางที่ ก.2	สรุปการทดสอบหาความสามารถในการลอยตัว ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (พื้นคอนกรีต)	56
ตารางที่ ก.3	ผลการทดสอบหาความสามารถในการลอยตัว ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (พื้นหญ้า)	57
ตารางที่ ก.4	สรุปการทดสอบหาความสามารถในการลอยตัว ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (พื้นหญ้า)	57
ตารางที่ ก.5	ผลการทดสอบหาความสามารถในการลอยตัว ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (พื้นน้ำกึ่งเลน)	58
ตารางที่ ก.6	สรุปการทดสอบหาความสามารถในการลอยตัว ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (พื้นน้ำกึ่งเลน)	58
ตารางที่ ก.7	ผลการทดสอบหาความเร็วของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก	59
ตารางที่ ก.8	ผลการทดสอบการหาอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในพื้นที่ทดสอบต่างๆ	60
ตารางที่ ก.9	สรุปอัตราสิ้นการเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในพื้นที่ทดสอบต่างๆ	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันอาชีพที่ประชาชนไทยยึดเป็นอาชีพหลักมากที่สุดคือ อาชีพการเกษตร การเกษตรของประเทศไทยในปัจจุบันมีการทำการเกษตรหลากหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นการเกษตรบนพื้นราบ, การเกษตรในแม่น้ำคูคลอง, การเกษตรแบบที่ราบเชิงเขา เป็นต้น แต่ยังมีการทำเกษตรกรรมอีกรูปแบบหนึ่งที่น่าสนสนใจคือการทำเกษตรกรรมชายฝั่งทะเลหรือชายเลน อาทิเช่น เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในกระชัง จำเป็นที่จะต้องมีเรือและรถยนต์เป็นยานพาหนะในการขนถ่ายปลา ซึ่งมีความยากลำบากและความล่าช้าในการขนถ่าย ซึ่งเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายนั้นมีผลต่อคุณภาพของปลา อีกทั้งยังมีค่าบำรุงรักษาที่รวมกันแล้วค่อนข้างสูง เกษตรกรผู้ทำอาชีพเก็บหอยบริเวณหาดเลน ไม่มียานพาหนะที่เหมาะสมในการใช้ขนถ่ายหอยที่เก็บจากหาดเลน ปัจจุบันมีการใช้เรือหางยาว(เรืออีแปะ)ในการขนถ่ายซึ่งไม่เหมาะสม เนื่องจากสภาพใต้ท้องเรือไม่ใช่น้ำ แต่เป็นดินเลน ส่งผลให้เกิดการเลื่อนที่ล่าช้า และความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุในระหว่างการขนถ่าย ซึ่งในการจะขนส่งสินค้าหรือผลผลิตของการทำการเกษตรจำพวกนี้เป็นไปด้วยความลำบาก ถ้าเป็นการเกษตรพื้นราบและการเกษตรที่ราบเชิงเขา การขนส่งผลผลิตจะใช้รถยนต์ รถสิบล้อ เป็นต้น

ในการขนส่งพืชผลทางการเกษตร แต่ถ้าเป็น เกษตรในแม่น้ำคูคลอง ก็จะใช้เรือในการขนส่งผลผลิต แต่เนื่องจากการเกษตรในพื้นที่ป่าชายเลน ซึ่งมีทั้งพื้นที่ที่เป็นน้ำ เลน และพื้นราบรวมกันการที่จะใช้การขนส่งสินค้าหรือผลผลิต โดยใช้ยานพาหนะเรืออย่างเดียวคงเป็นไปไม่ได้ เพราะเรือไม่สามารถแล่นบนพื้นที่เป็นเลนและพื้นราบได้ จะใช้รถบรรทุกในการขนย้ายเพียงอย่างเดียวก็เป็นไปไม่ได้เช่นเดียวกันเพราะ รถบรรทุกวิ่งในน้ำและเลนไม่ได้ จากสาเหตุดังกล่าวการขนส่งผลผลิตทางการเกษตรในการเกษตรดังกล่าวนี้จึงต้องใช้การขนส่งถึง 2 ทางคือ เรือและรถบรรทุก จึงทำให้มีการเสียเวลาขนย้ายผลผลิตจาก พาหนะหนึ่งสู่อีกพาหนะหนึ่ง และเสียค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานเพิ่มในการขนย้าย

ในปัจจุบันมียานพาหนะชนิดหนึ่งที่สามารถสัญจรได้ทั้งบนน้ำและบนบกคือ โดยอาศัยหลักการของแรงเสียดทานจึงพัฒนามาเป็นยานพาหนะชนิดนี้ ยานพาหนะชนิดนี้คือ “เรือสะเทินน้ำสะเทินบก” (Hovercraft) ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้เป็นพาหนะลำเลียงทางการทหาร และเรือโดยสารเชิงพาณิชย์ โดยเรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีคุณสมบัติพิเศษคือ ไม่ใช้ล้อในการเคลื่อนที่บนบกและไม่มีแรงเสียดทานกับน้ำเมื่อแล่นในน้ำ ทำให้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีความรวดเร็ว สะดวกและคล่องตัว แต่เรือสะเทินน้ำสะเทินบกในปัจจุบันมีราคาสูง ขั้นต่ำมีมูลค่า 200,000 บาท(ชนิดโดยสารสองที่นั่ง) เนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และยังไม่เป็นที่นิยมในประเทศไทยไม่ว่าจะเป็นทางด้านต่างๆที่ได้กล่าวมา การพัฒนาเรือสะเทินน้ำสะเทินบกที่สามารถใช้ในการเกษตรก็ไม่มีการวิจัยในประเทศไทยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้

แต่นักศึกษาของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การศึกษา 2556 ได้ทำการศึกษา ออกแบบ และวิจัยเรือลมสะเทินน้ำสะเทินบกที่สามารถใช้ขนส่งผลผลิตทางการเกษตรสำเร็จ แต่ยังมีข้อบกพร่องหลายด้านไม่ว่าจะเป็น การจำกัดลมในการยกตัวเรือและลมขับดันตัวเรือยังไม่สมดุล ความสมดุลของเรือสะเทินนำสะเทินบก และระบบเลียวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกยังไม่ราบลื่น เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาแรงลอยตัว (Lift Force) และแรงผลักดัน (Thrust)

1.2.2 แก้ปัญหา, ออกแบบ, สร้างและทดสอบเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ทดสอบเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อหาปัญหาที่มีผลต่อการขับเคลื่อนไม่สะดวก

1.3.2 ศึกษาปัญหาที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ไม่สะดวกของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกต้นแบบ

1.3.3 หาวิธีแก้ไขปัญหา, ออกแบบอุปกรณ์และประกอบเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

1.3.4 ทดสอบหาประสิทธิภาพ ปรับปรุงและประเมินผล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากโครงงานที่ได้ศึกษาและสร้างยานพาหนะต้นแบบเรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง ประโยชน์ที่จะได้รับมีดังนี้

1.4.1 สามารถจำกัดลมที่ช่วยยกตัวและผลักดันได้อย่างเหมาะสม

1.4.2 สามารถบังคับทิศทางได้ดีขึ้น และมีความปลอดภัยในการขับขี่ยิ่งขึ้น

1.4.3 สามารถลดค่าใช้จ่ายในการสร้างเรือได้

1.4.4 สามารถนำไปพัฒนา ต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้

1.4.5 ผู้ทำโครงงานได้รับความรู้และประสบการณ์จากการปฏิบัติงาน

1.5 แผนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักการทำงานของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

1.5.2 ทดลองขับและวิเคราะห์หาปัญหาที่ทำให้เรือเคลื่อนที่อย่างไม่สมดุล

1.5.3 ศึกษาปัญหาและหาวิธีการแก้ไขปัญหาทีละหัวข้อปัญหา

1.5.4 สร้างชิ้นส่วนของเรือที่ต้องการแก้ไขใหม่

1.5.5 ประกอบชิ้นส่วนต่างๆที่ปรับปรุงของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

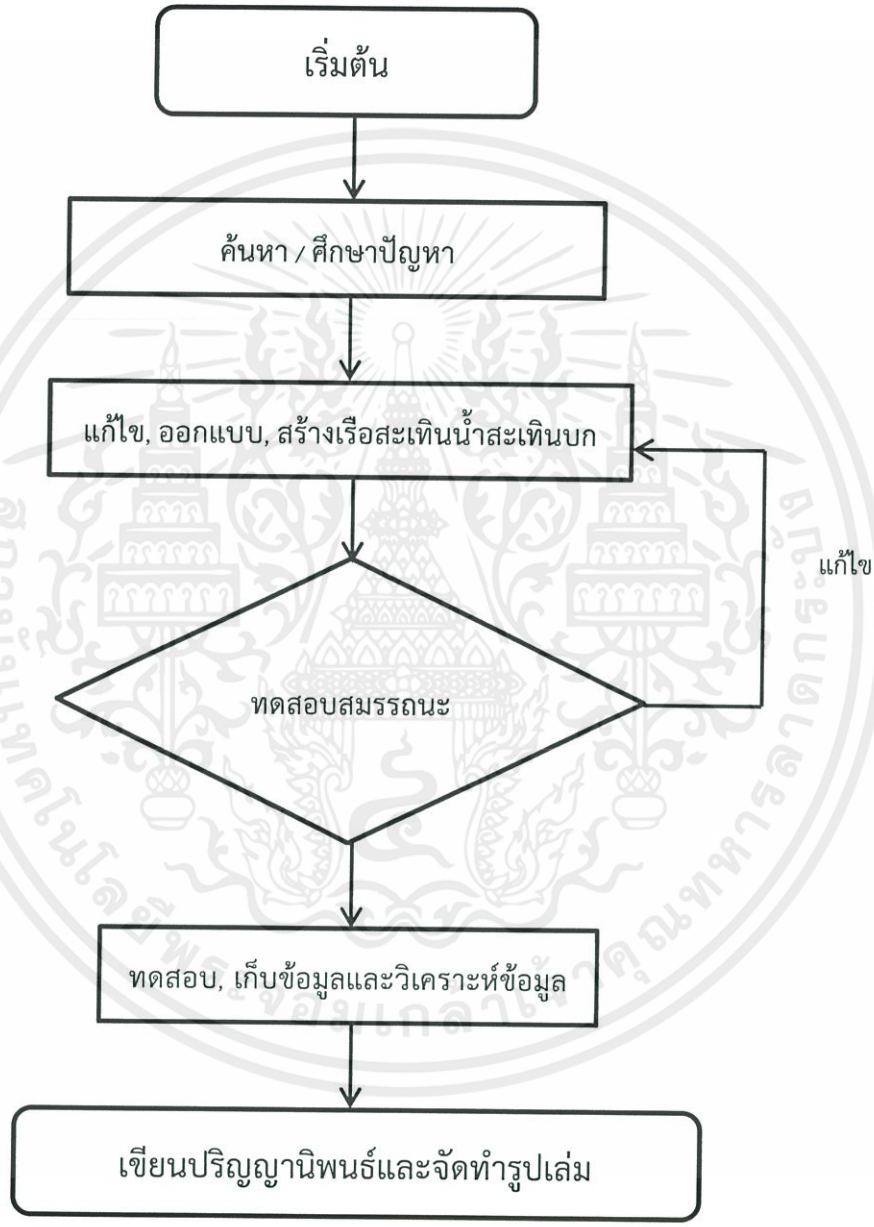
1.5.6 ทดสอบต้นแบบเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.7 แก้ไขและปรับปรุง

1.5.8 เก็บข้อมูลจากการทดลอง

1.5.9 สรุปผลและเขียนรายงาน



ภาพที่ 1.1 กระบวนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

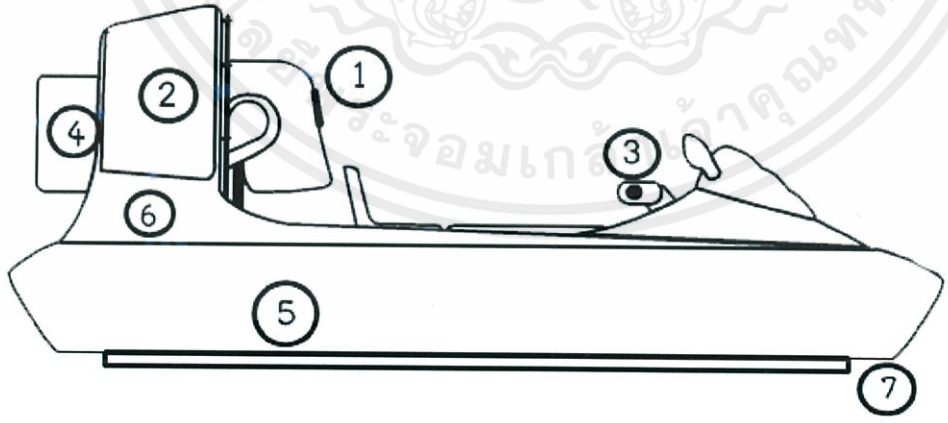
ทฤษฎี , หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เรือสะเทินน้ำสะเทินบก (Hovercraft) คือยานพาหนะชนิดหนึ่งที่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งบนบกและบนน้ำอย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องทำการหยุดหรือสลับระบบการขับเคลื่อนแต่อย่างใด โดยขณะเคลื่อนที่บนบกจะไม่มีส่วนใดของยานพาหนะที่สัมผัสหรือเสียดทานกับพื้นและขณะเคลื่อนที่บนน้ำจะไม่มีส่วนใดของยานพาหนะที่สัมผัสหรือเสียดทานกับน้ำ เนื่องจากอาศัยเบาะอากาศในการช่วยยกตัวยานพาหนะให้ลอยอยู่เหนือพื้นผิวต่างๆ ซึ่งสามารถกำจัดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเพื่อทำให้เคลื่อนที่ได้มีส่วนประกอบดังนี้

(1) เครื่องยนต์
(2) ใบพัด
(3) ส่วนควบคุมและบังคับเลี้ยว
(4) หางเสือ
(5) เบาะอากาศ
(6) ช่องลำเลียงอากาศ
(7) อุปกรณ์ลดแรงกระแทก

แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

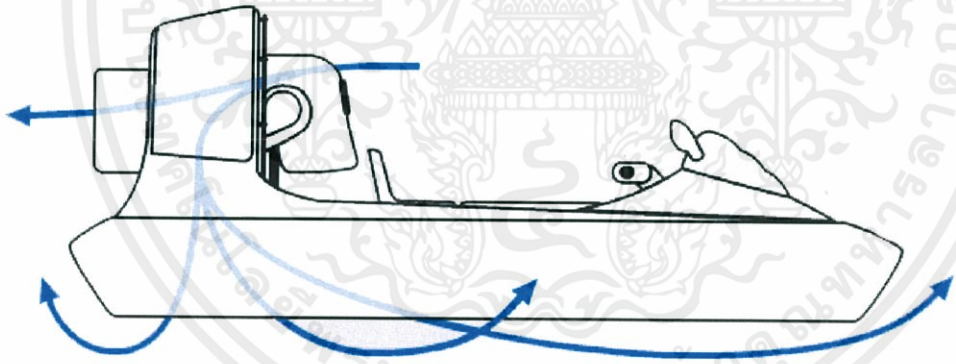
เรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีอุปกรณ์ที่สำคัญคือ ใบพัดความดัน โดยใบพัดมีหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานกลจากเครื่องยนต์เป็นพลังงานจลน์ให้กับอากาศ อากาศที่ผ่านใบพัดความดันจะมีความดันและความเร็วที่สูงขึ้น จากนั้นอากาศจะถูกแบ่งเป็นสองส่วนคือ

2.2.1 อากาศสำหรับการสร้างแรงลอยตัว (Lift Force)

อากาศบางส่วนจากใบพัดจะถูกแบ่งลงสู่ใต้ท้องตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก โดยผ่านทางอุปกรณ์ดักอากาศไปยังช่องลำเลียงอากาศข้างลำตัวสำหรับการจ่ายให้เบาะอากาศ อากาศมีความดันกระทำต่อพื้นที่ใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก จะเกิดเป็นแรงลอยตัว อากาศส่วนเกินจะสอดแทรกออกใต้เบาะอากาศในลักษณะฟิล์มอากาศ ทำให้เกิดสภาวะไร้แรงเสียดทาน แสดงดังภาพที่ 2.2

2.2.2 อากาศสำหรับการสร้างแรงผลักดัน (Thrust)

อากาศส่วนที่เหลือจะถูกผลักออกไปยังด้านหลังตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก จะเกิดแรงปฏิกิริยากระทำต่อใบพัดนั่นคือแรงผลักดัน ทำให้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกเกิดการเคลื่อนที่ โดยมีหางเสือทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของแรงผลักดันสำหรับการเลี้ยว แสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แสดงการไหลของอากาศในตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

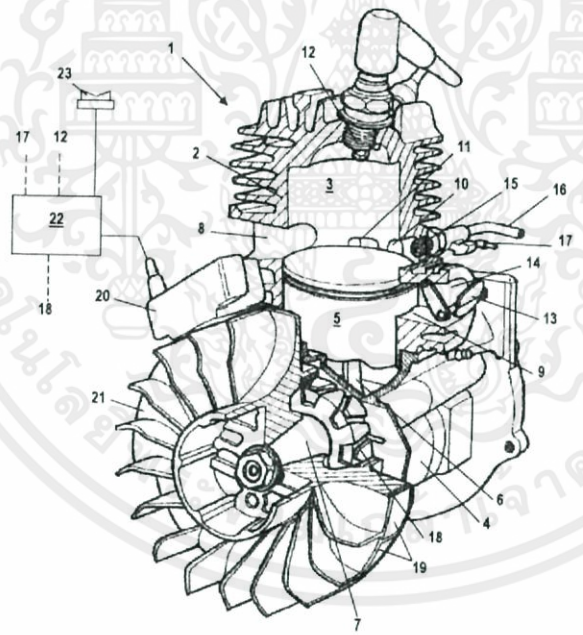
2.3 เครื่องยนต์ 2 จังหวะ

เครื่องยนต์ 2 จังหวะ (Two-stroke engine) คือเครื่องยนต์ที่ทำงาน 2 ช่วงชักเพื่อให้ได้งานออกมา 1 ครั้ง คือช่วงชักที่ 1 คือช่วงชักดูดกับอัด และ ช่วงชักที่ 2 คือช่วงชักระเบิดและคาย และเครื่องยนต์ 2 ช่วงชักจะไม่มีวาล์วเปิดปิดไอดีไอเสีย แต่จะใช้ลูกสูบเป็นตัวเปิดปิดไอดีไอเสียแทน ซึ่งเครื่องยนต์ 2 ช่วงชักจะทำงานรอบจัดกว่าเครื่องยนต์ 4 ช่วงชัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์ 2 เป็นเครื่องยนต์แบบง่าย การทำงานและชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ มีความยุ่งยากน้อยกว่าเครื่องยนต์แบบ 4 จังหวะ การนำเอาอากาศดีเข้าไปในกระบอกสูบและปล่อยอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้ออกจากกระบอกสูบเกิดขึ้นโดยการเปิดและปิดของลูกสูบเอง เครื่องยนต์ชนิดนี้จึงไม่จำเป็นต้องมีลิ้นและกลไกเกี่ยวกับลิ้นซึ่ง ลักษณะของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ แสดงดังภาพที่ 2.3 มีดังนี้

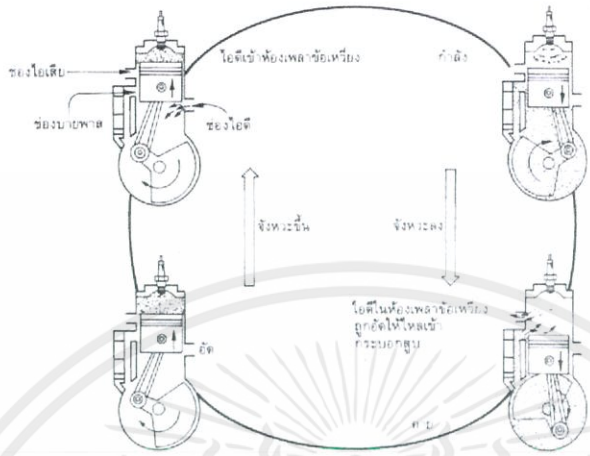
- อ่างน้ำมันเครื่องปิดสนิทแต่เครื่องยนต์บางแบบมีช่องให้อากาศหรือไอดีเข้าเพื่อผ่านขึ้นไปในกระบอกสูบ
- ไม่มีเครื่องกลไกของลิ้น ลูกสูบจะทำหน้าที่เป็นลิ้นเอง
- กระบอกสูบอยู่ในลักษณะตั้งตรง
- มีช่องไอดี (Intake Port) เป็นทางให้อากาศเข้าไปภายในกระบอกสูบ โดยอาจจะมีเครื่องเป่าอากาศช่วยเป่าเข้าไป
- มีช่องไอเสีย (Exhaust Port) เป็นทางให้อากาศเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ออกไปจากกระบอกสูบ



ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของเครื่องยนต์สองจังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 การทำงานของเครื่องยนต์ 2 ช่วงชัก



ภาพที่ 2.4 จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์สองจังหวะ

ช่วงชักที่ 1

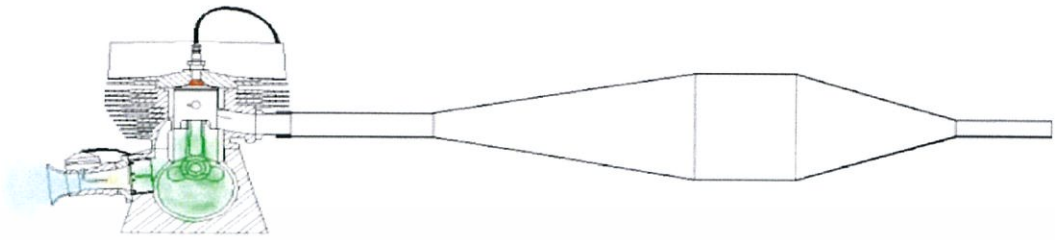
ดูด/อัด : ลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบนสู่ศูนย์ตายล่าง ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมานั้นจะทำให้ช่องไอดีเปิดไอดีถูกอัดจาก ห้องแครงค์ผ่านเข้ามาบรรจุในห้องเผาไหม้ในตอนนี้ช่องไอเสียจะเปิดออกด้วยเชื้อเพลิงที่เข้ามาจะช่วยขับไอเสียจากการเผาไหม้ด้วย ในการทำงานดังกล่าวเพลาข้อเหวี่ยงทำงาน1/2 รอบ แสดงดังภาพที่ 2.4 และ 2.5

ภาพที่ 2.5 จังหวะดูดและอัด ของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

ช่วงชักที่ 2

ระเบิด/คาย : ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นจากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบนทำ ให้ช่องไอดีและช่องไอเสียปิดอัดเอาเชื่อเพลิงให้มีปริมาตรเล็กลงใน ห้องเผาไหม้ หัวเทียนส่งประกายไฟจุดระเบิดเชื้อเพลิงลูกสูบเคลื่อนที่ลงเพราะแรงระเบิดทำ ให้ลูกสูบอัดเชื่อเพลิงในห้องแครงค์แล้วถูกอัดเข้ามาเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลง

จนช่องไอดีและช่องไอเสียเปิดเชื้อเพลิงจะขับไล่ไอเสียออกด้วย เพลาข้อเหวี่ยงหมุนครบ 1 รอบ พอดี แสดงดังภาพที่ 2.4 และ 2.6



ภาพที่ 2.6 จังหวะระเบิดและคายของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

2.3.2 สัดส่วนความอัด

สัดส่วนความอัด (Compression Ratio) อัตราส่วนระหว่างปริมาตรภายในกระบอกสูบเมื่อลูกสูบอยู่ที่จุดศูนย์ตายล่างกับปริมาตรภายในกระบอกสูบ เมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบนสัดส่วนความอัดของเครื่องยนต์มีความสำคัญมากเพราะมีความสัมพันธ์กับชนิดและคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะนำไปใช้ เครื่องยนต์เบนซินจะมีสัดส่วนความอัดอยู่ระหว่าง 5.5/1 ถึง 8/1 สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลนั้น น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบหลังจากที่อากาศถูกอัดแล้ว สัดส่วนความอัดอยู่ระหว่าง 14/1 ถึง 18/1

2.3.3 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

(1) 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

(2) ข้อเสียของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

ข้อเสียของเครื่องยนต์ 2 จังหวะคือ มีประสิทธิภาพต่ำ และมีมลพิษสูง เนื่องจากมีน้ำมันที่ยังไม่เผาไหม้ปนออกมากับไอเสีย นอกจากนี้เครื่องบางตัวยังต้องมีการผสมน้ำมันเครื่องกับน้ำเชื้อเพลิงอีกด้วย จึงทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องสูง

งานนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 เครื่องยนต์ที่ใช้

เครื่องยนต์ของบริษัท SUBARU รุ่น Fuji Robin ec50pm แสดงดังภาพที่ 2.7 ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

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

(ก) (ข)

ภาพที่ 2.7 เครื่องยนต์ที่ใช้ (ก) ด้านหน้าเครื่องยนต์ (ข) ด้านข้างเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

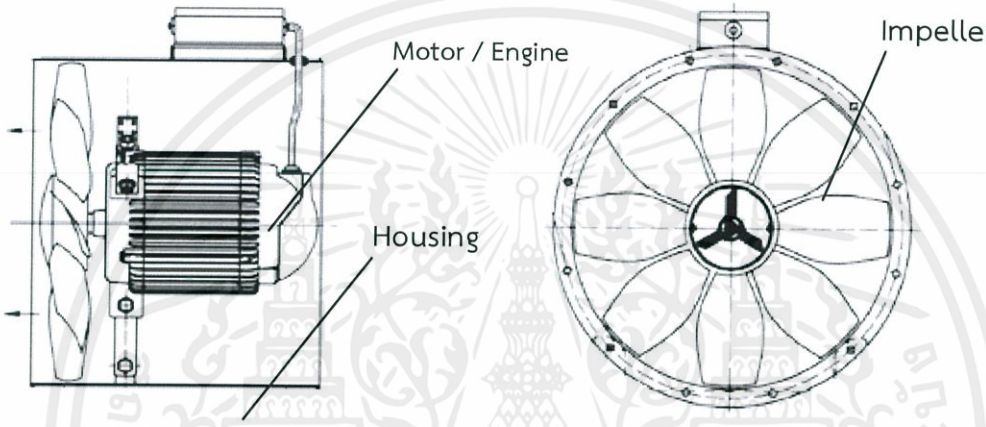
2.4 พัดลมท่อ

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลที่ได้รับจากมอเตอร์หรือเครื่องยนต์ต้นกำลังไปเพิ่มพลังงานศักย์ให้กับอากาศที่ถูกพัดผ่าน พัดลมท่อประกอบด้วย 3 ชิ้นส่วนหลักๆ แสดงดังภาพที่ 2.8

(1) ใบพัด (Impeller)

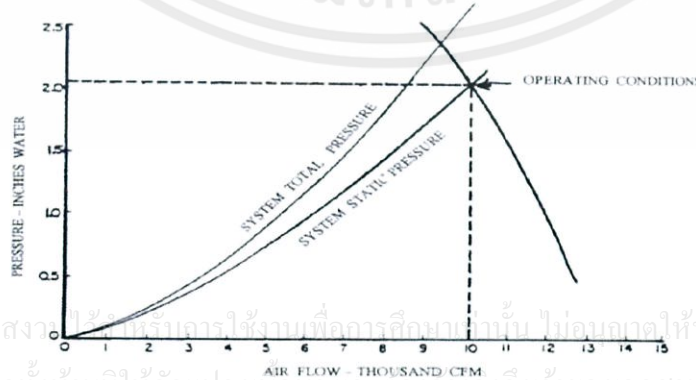
(2) ท่อนำอากาศ (Housing)

(3) มอเตอร์ (Motor) หรือ เครื่องยนต์ (Engine)



ภาพที่ 2.8 ส่วนประกอบของพัดลมท่อ

พัดลมท่อถือได้ว่าเป็นพัดลมที่ให้ความดันและอัตราการไหลได้สูงที่สุดในตระกูลของพัดลมต่างๆ ขณะทำงานอากาศจะถูกดูดเข้าจากฝั่งหนึ่งและไหลออกที่อีกฝั่ง ในลักษณะการไหลแบบเส้นตรง (Direct Flow) อากาศที่ออกจากพัดลมชนิดนี้จะมีการไหลแบบเกลียวภายในท่อ ทำให้ความดันอยู่ในระดับปานกลาง สามารถติดตั้งครีบ (Vane) เพื่อทำให้อากาศไหลแบบเป็นเส้นตรง จะทำให้ความดันสูงขึ้น แสดงดังภาพที่ 2.9

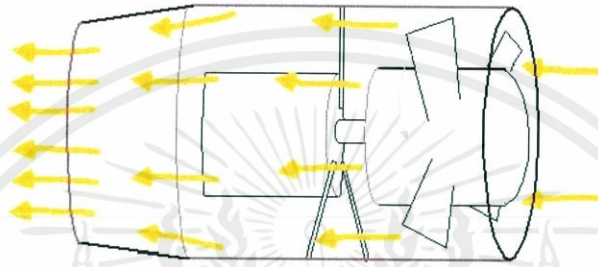


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.9 กราฟแสดงคุณสมบัติของพัดลมท่อ

2.4.1 ลักษณะการทำงานของพัดลมท่อ

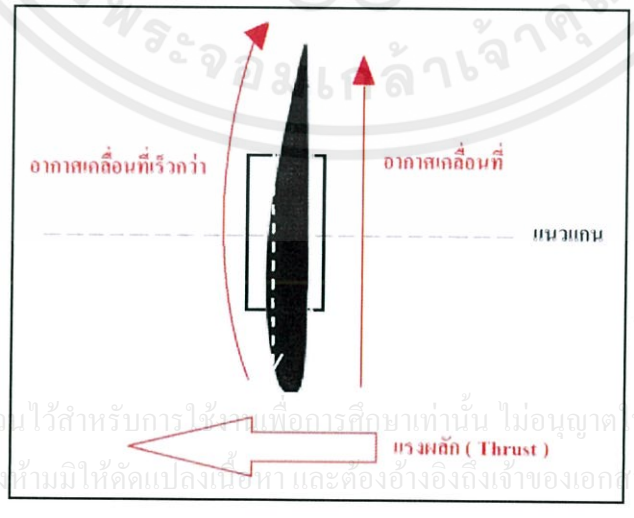
ใบพัดหมุนด้วยพลังงานจากต้นกำลัง หมุนด้วยความเร็วที่มีรอบการหมุนที่สูง ทำให้สามารถดูดอากาศทางด้านทางเข้าเข้ามาสู่ในตัวท่อนำอากาศ แล้วความเร็วลมของใบพัดที่หมุนและทางออกที่ถูกจำกัดของท่อนำอากาศสามารถทำให้ลมที่ออกจากท่อนำอากาศมีความเร็วที่มากขึ้นในปริมาตรที่เข้าและออกเท่าเดิม แสดงดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ลักษณะการทำงานของพัดลมท่อ

2.4.2 หลักการสร้างแรงผลักของใบพัด

ใบพัดเป็นอุปกรณ์สำคัญในการสร้างแรงผลักให้เกิดการเคลื่อนที่ โดยอาศัยหลักการของอากาศพลศาสตร์เช่นเดียวกับหลักการของแรงยกโดยปีกของเครื่องบิน เมื่อวิเคราะห์ภาคตัดของใบพัดจะพบว่าลักษณะใบพัดในส่วนของตัวใบก็มีโครงสร้างโดยอาศัยหลักการเช่นเดียวกับปีกของเครื่องบิน โดยหลักในการออกแบบคือ ทำให้ด้านหนึ่งมีอากาศไหลผ่านช้ากว่าอีกด้านหนึ่งขณะที่ใบพัดกำลังหมุด จึงก่อให้เกิดแรงผลักดัน แสดงดังภาพที่ 2.11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

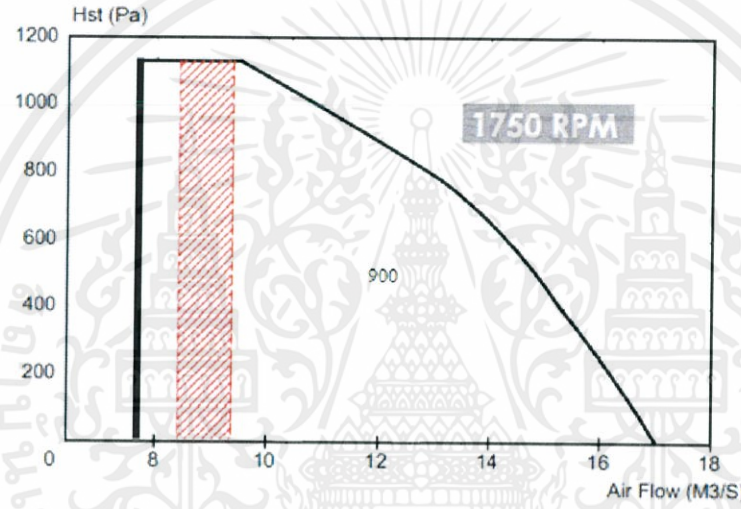
ภาพที่ 2.11 ลักษณะการไหลของอากาศขณะที่ใบพัดหมุน

2.4.3 ใบพัดที่ใช้

ใบพัดที่ใช้เป็นใบพัด รุ่น TDA900 -14AA -8 -8 แสดงดังภาพที่ 2.13

มีรายละเอียดของใบพัดที่มีดังนี้

* ขนาด 900 มิลลิเมตร
* จำนวน 9 ใบ (Blades) ระยะ Pitch 40 องศา
* ความเร็วอากาศ 11.46 เมตร/วินาที ที่ความเร็ว 1750 รอบต่อนาที
* กำลังที่ต้องการ 20.85 กิโลวัตต์ หรือ 27.94 แรงม้า ที่ 1750 รอบต่อนาที
* กราฟคุณลักษณะของใบพัดดังภาพ แสดงดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 กราฟคุณสมบัติของพัดลม รุ่น TDA900 -14AA -8 -8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.13 ใบพัดเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

2.5 แรงยกตัว

แรงยกตัว (Lift force) คือแรงที่เกิดขึ้นโดยความดันของอากาศที่ออกจากใบพัด กระทำกับพื้นที่ใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เกิดเป็นแรงกระทำต่อเรือสะเทินน้ำสะเทินบกในทิศทางตั้งฉากกับพื้นโลก ช่วยให้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกเกิดการยกตัว ดังสมการที่ (2.1)

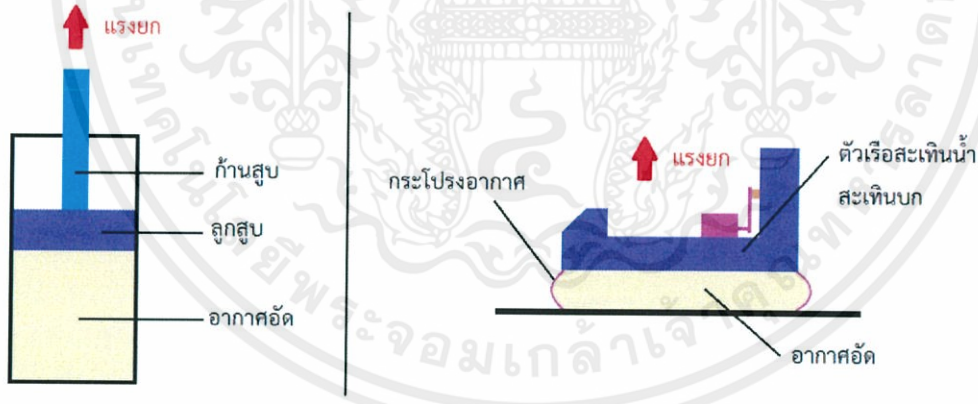
$$W_t = P_C \times A_H \qquad (2.1)$$

เมื่อ W_t น้ำหนักทั้งหมด (N)

P_C ความดันของเบาะอากาศ (N/m^2)

A_H พื้นที่ทั้งหมดของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (m^2)

แรงยกตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเปรียบเสมือนแรงผลักของก้านสูบ Pneumatic โดยหลักการของความดันกระทำต่อพื้นที่ของลูกสูบ ความดันภายในกระบอกสูบเปรียบเสมือนความดันของอากาศใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก พื้นที่ของลูกสูบเปรียบเสมือนพื้นที่ของใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก จึงเกิดแรงยกกระทำต่อก้านสูบซึ่งเปรียบเสมือนตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก แสดงดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 เปรียบเทียบแรงยกระหว่างกระบอกสูบ Pneumatic กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สมการแบร์นูลี่ (Bernoulli's Equation)

จากกฎอนุรักษ์พลังงาน

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

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

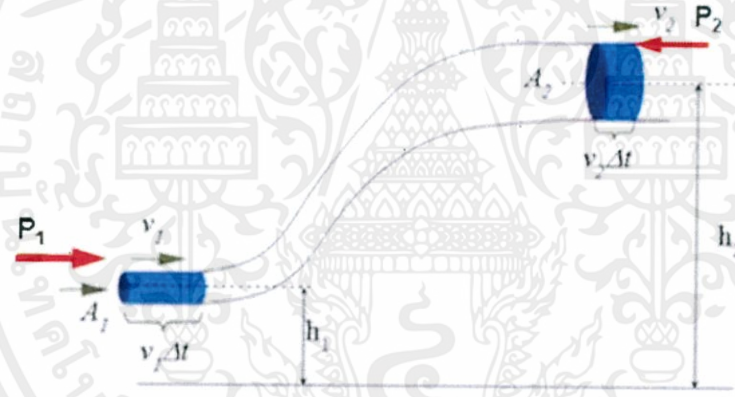
เมื่อ P : ความดัน (N/m^2)

ρ : ความหนาแน่นของการไหล (kg/m^3)

V : ความเร็วของการไหล (m/s)

g : ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (m/s^2)

z : ความสูง (m)



ภาพที่ 2.15 อ้างอิงระดับพลังงานศักย์

2.7 อัตราการไหล (Flow Rate)

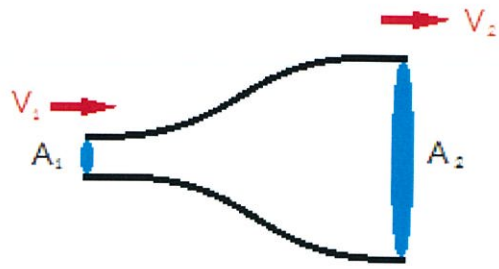
$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 \quad (2.4)$$

เมื่อ Q: อัตราการไหล (m^3/s)

A: พื้นที่หน้าตัด (m^2)

V: ความเร็วของการไหล (m/s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.16 อ้างอิงอัตราไหลของท่อที่พื้นที่หน้าตัดไม่เท่ากัน

2.8 แรงลอยตัว

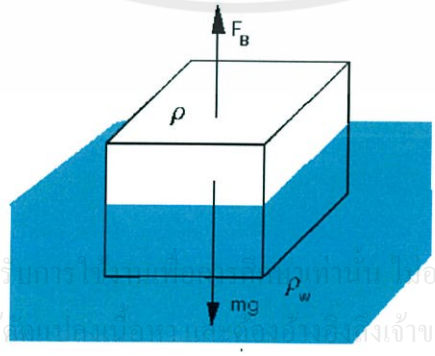
แรงลอยตัว คือแรงแรงกระทำในทิศทางพุ่งขึ้นที่ของไหลต้านต่อน้ำหนักของวัตถุ ถ้ามองของไหลในแนวดิ่ง ความดันจะ เพิ่มขึ้นตามระดับความลึกอันเป็นผลจากน้ำหนักของของไหลที่อยู่ชั้นบนๆ ดังนั้นในแท่งของไหลหนึ่งๆ หรือวัตถุที่จมอยู่ในของไหลนั้นในระดับลึก จะพบกับความดันที่มากกว่าเมื่ออยู่ที่ระดับตื้น ความแตกต่างของความดันนี้เป็นผลจากแรงสุทธิที่มีแนวโน้มผลักดันวัตถุให้ขึ้น ไปข้างบน ขนาดของแรงนั้นเท่ากับความแตกต่างของความดันระหว่างจุดบนกับจุดล่างสุดของ แท่งของไหลนั้น ซึ่งเท่ากับน้ำหนักของของไหลที่อยู่ในแท่งของไหลนั้นด้วย ด้วยเหตุนี้ วัตถุที่มีความหนาแน่น มากกว่า ของไหลจะมีแนวโน้มที่จะจมลงไป ถ้าวัตถุมีความหนาแน่นน้อยกว่าของไหล หรือมีรูปร่างที่เหมาะสม (เช่นเรือ) แรงนั้นจะสามารถทำให้วัตถุลอยตัวอยู่ได้ แสดงดังภาพที่ 2.17

$$F_B = \gamma \times \forall \tag{2.5}$$

เมื่อ F_B : แรงลอยตัว (N)

γ : น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (N/ m^3)

$\forall$: ปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่ (m^3)



ภาพที่ 2.17 แรงลอยตัวต่อวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 กำลังที่ใช้ในการยกตัว (Power)

$$P = Q \times P_c \tag{2.6}$$

เมื่อ Q : อัตราการไหล (m^3/s)

P_c : ความดันเบาะอากาศ (N/m^2)

2.10 แรงฉุด (Drag Force)

เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่จะเกิดแรงต้าน เนื่องจากอากาศที่อยู่บริเวณโดยรอบ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และอาจทำให้เสียการทรงตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะที่เลี้ยวโค้งด้วยอัตราเร็วสูง แรงฉุด หรือแรงต้านอากาศที่เกิดขึ้นจะประกอบด้วยแรง 2 แรง ดังนี้

- แรงฉุดผิวสัมผัส มีสาเหตุมาจากความเสียดทานที่ผิวสัมผัสระหว่างอากาศกับผิวสัมผัสนั้น
- แรงฉุดความดัน มีสาเหตุมาจากความแตกต่างของความดันที่กระจายบนผิวสัมผัส ปัจจัยที่มีผลต่อแรงฉุด หรือแรงต้านของอากาศนั้น ส่วนใหญ่นั้นขึ้นอยู่กับรูปทรงของวัตถุและรายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆและสามารถคำนวณได้จากสมการ (2.7)

$$R = \frac{1}{2}\rho V^2 AC \tag{2.7}$$

เมื่อ R : แรงฉุด หรือแรงต้านอากาศ (N)

ρ : ความหนาแน่นของการไหล (kg/m^3)

V : ความเร็วของการไหล (m/s)

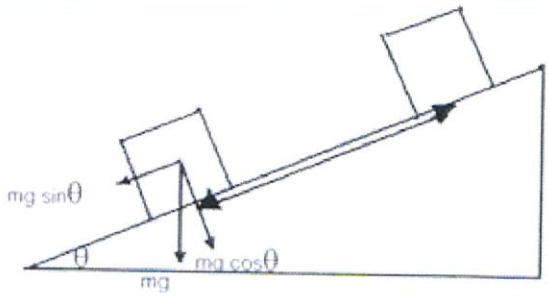
A : พื้นที่หน้าตัด (m^2)

C : สัมประสิทธิ์แรงต้าน

2.11 แรงต้านทางชัน (Gradient Resistance)

ในขณะที่มีการเคลื่อนที่ขึ้นทางชัน กำลังจากเครื่องเครื่องยนต์บางส่วนต้องถูกนำไปใช้เพื่อเอาชนะแรงต้านทางชัน ทำให้เครื่องยนต์ต้องทำงานหนักมากกว่าการวิ่งบนระดับ แต่ในทางกลับกัน ถ้ารถยนต์วิ่งลงทางลาด เครื่องยนต์จะทำงานน้อยลงเพราะ มีแรงโน้มถ่วงของโลกมาช่วย แรงต้านทางชันจะมีค่ามาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับน้ำหนักของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (Hovercraft) และความชันของพื้นสามารถคำนวณได้จากสมการ (2.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.18 แสดงแรงต้านทานชัน

$$R_s = WG / 100 \qquad (2.8)$$

เมื่อ R_s : แรงต้านทางชัน (N)

W : น้ำหนักของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก(N)

G : ความชัน มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ $= (\frac{tan\theta}{100})$

2.12 เพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดจุดหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆของเครื่อง ขณะใช้งานเพลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงดึง แรงกด โมเมนต์ และ โมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงวัฏจักร แสดงดังภาพที่ 2.19 ทำให้เกิดการล้าได้ เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ

- เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง
- แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่ส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่ก็ตาม
- สปินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้น เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง (Head-Stock-Spindle) เป็นต้น
- สตัดชาฟ (Stub Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมา สำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่นๆ
- เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power Transmission shaft) หรือเพลาเมน (Main Shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง ใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆ โดยเฉพาะ

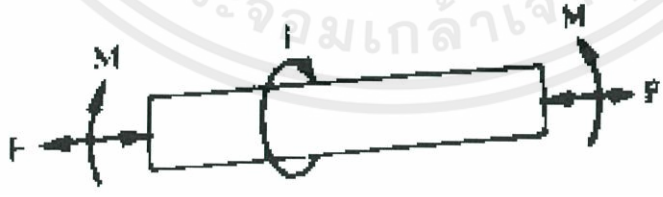
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แจ็คชาฟ (Jack Shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล

- เพลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้ เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อยเพลาอาจรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้ามาช่วย แรงเหล่านี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้เพลาเสียหายได้ เพราะความล้า ฉะนั้นจึงต้องมีการออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนี้เพลายังต้องมีความแข็งแกร่ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดที่จำกัดที่พอเหมาะ สำคัญในการกำหนดขนาดเพลา เพราะมีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุนได้ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลา เพราะมีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุนได้

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

- ขนาดของเพลาเพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลาซึ่งมีขนาดระบุ (Nominal size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเลือกได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่ง ที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลา ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775 – 1969

หน่วย: มิลลิเมตร

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

- หลักพิจารณาในการออกแบบเพลา

การคำนวณหาขนาดเพลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้น มุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ นั่นคือ เพลาจะต้องมีความแข็งเกร็งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยวตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือน มีผลให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้นในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรทั่วไปไม่เกิน 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 ทำให้เกิดภาระต่างๆที่เกิดขึ้นบนเพลาดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาระตามแนวแกน (Axial Loading) คือ แรงที่เกิดขึ้นในแนวตั้งฉากปกติภายในเกิดการกระจายของหน่วยแรงตั้งฉากปกติอย่างสม่ำเสมอ

- ภาระการบิด (Torsional Loading) คือ สำหรับเพลาและท่อรูปวงกลม โมเมนต์บิดภายในเกิดโดยการกระจายตัวของหน่วยแรงเฉือนที่แปรค่าเชิงเส้นจากค่าเท่ากับศูนย์ที่จุดศูนย์กลางของเพลา ไปยังค่าที่มากสุดไปยังขอบนอกของเพลา การกระจายหน่วยแรงเฉือน

- ภาระดัดงอ (Flexural Loading) คือ สำหรับชิ้นส่วนเหยียดตรงโมเมนต์ดัดภายในจะเกิดโดยการกระจายหน่วยแรงตั้งฉากปกติที่แปรค่าเชิงเส้นจากค่าเท่ากับศูนย์ที่แกนสะเทินไปยังค่าที่มากที่สุด ที่ขอบนอกของชิ้นส่วน

- ภาระเฉือนภาคตัดขวาง (Transverse Shear Loading) คือ แรงเฉือนภายในกระทำให้เกิดการกระจายตัวของตัวแรงเฉือน คำนวณได้จากสมการหน่วยแรงเฉือน จากสูตร เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่วัฏจักร เพราะเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลานอกจากนั้นแรงที่กระทำอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าเป็นส่วนใหญ่

2.13 สายพาน

การคำนวณหาขนาดของสายพานในทางปฏิบัติ มักจะต้องทำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตสายพาน ซึ่งเมื่อเลือกขนาดของสายพานได้แล้ว ก็อาจจะตรวจสอบความเค้นในสายพานได้ด้วย แต่โดยปกติแล้วเมื่อเลือกสายพานตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตแล้วก็มักจะใช้งานได้อย่างปลอดภัย ทั้งนี้เพราะข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ได้ผ่านการทดสอบมาแล้วเป็นอย่างดี

การเลือกขนาดของสายพานในทางปฏิบัตินั้น มักจะเลือกจากกำลังงานที่แก้ไข (Corrected power) ซึ่งหาค่าได้จากสมการที่ (2.9)

$$P = W_p . N_s . (1/N_a) \qquad (2.9)$$

เมื่อ P = กำลังงานที่แก้ไข

W_p = กำลังงานที่ต้องการส่ง

N_s = ตัวประกอบใช้งาน (service factor)

N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส(arc of contact correction factor)

จากนั้นจึงคำนวณหาความกว้างสายพานได้จากสมการที่ (2.10)

$$b = 25P/P_o \qquad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ b = ความกว้างสายพาน

P_o = กำลังที่สายพานกว้าง 25 mm ส่งได้

2.14 การทดกำลังของพูเล่ห์

การทดกำลังของพูเล่ห์ สำหรับการส่งกำลังด้วยสายพานโดยสามารถเปลี่ยนความเร็วรอบเป็นแรงบิด หรือเปลี่ยนจากแรงบิดเป็นความเร็วรอบ เพื่อให้เหมาะสมกับงานส่งกำลัง โดยคำนวณได้จากสมการที่ (2.11)

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{T_1}{T_2} \qquad (2.11)$$

เมื่อ N_1 = ความเร็วรอบของล้อขับ

N_2 = ความเร็วรอบของล้อตาม

d_1 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อขับ

d_2 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อตาม

T_1 = แรงบิดของล้อขับ

T_2 = แรงบิดของล้อตาม

ภาพที่ 2.20 พูเล่ห์และสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกในปัจจุบัน

ปัจจุบันเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเป็นยานพาหนะอำนวยความสะดวกที่นิยมใช้ในหลายๆด้าน อาทิ ด้านกิจการทหาร ด้านการคมนาคม ด้านการสำรวจวิจัย และด้านการกีฬา โดยทุกประเภทอาศัยหลักการทำงานที่เหมือนกัน แต่อาจจะแตกต่างกันในส่วนของห้องโดยสารหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก โดยยกตัวอย่างเรือสะเทินน้ำสะเทินบกในด้านต่างๆดังนี้

ด้านกิจการทหาร : US NAVY LCAC แสดงดังภาพที่ 2.21

ภาพที่ 2.21 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับกิจการทหาร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านการคมนาคม : SR.N4 แสดงดังภาพที่ 2.22

ภาพที่ 2.22 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการคมนาคม

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, ยานพาหนะ 30 คัน

ด้านการสำรวจ : Pioneer MK-3 แสดงดังภาพที่ 2.23

ภาพที่ 2.23 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการสำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ด้านการกีฬา : Hoverpod แสดงดังภาพที่ 2.24

ภาพที่ 2.24 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสำหรับการกีฬา

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 พื้นที่ๆนิยมใช้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกในปัจจุบัน

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกนิยมใช้งานในพื้นที่ๆเรือหรือรถไม่สามารถสัญจรได้หรือสัญจรได้ไม่สะดวก หรือบนพื้นที่กึ่งน้ำกึ่งเลน แสดงดังภาพที่ 2.25 เนื่องจากมีความไม่สะดวกในการขับเคลื่อน ตัวอย่างเช่น การสัญจรบนหาดเลน เนื่องจากรถยนต์หรือยานพาหนะที่ใช้ล้อในการขับเคลื่อนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เนื่องจากจะเกิดการติดหล่มเลนตม จึงต้องใช้เรือในการสัญจร แต่เลนมีความหนืดสูงกว่าน้ำ ทำให้การสัญจรไม่สะดวก ตัวเรือทรงตัวได้ไม่ดี ใบพัดขับดันมีความฝืดหรอสูง และมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ

ภาพที่ 2.25 การใช้เรือสัญจรบนหาดเลน

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกจึงเป็นตัวเลือกหนึ่งที่สามารถสัญจรบนพื้นที่ต่างๆได้ทุกพื้นที่ เนื่องจากเบาะอากาศจะยกตัวยานพาหนะให้ลอยขึ้นเหนือพื้นผิวทำให้ไม่มีอุปสรรค์จากพื้นที่และผลักดันให้เคลื่อนที่ด้วยใบพัดอากาศ จึงมีความสะดวก รวดเร็ว คล่องตัว และปลอดภัยต่อการใช้งาน

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสามารถสัญจรได้ทุกพื้นผิว รวมทั้งพื้นที่กึ่งบกกึ่งเลน แสดงดังภาพที่ 2.26 แต่ไม่สามารถสัญจรผ่านพื้นผิวที่มีลักษณะเป็นตะแกรง เนื่องจากจะเกิดการรั่วของอากาศภายในกระโปรงอากาศทำให้เกิดอากาศที่รั่วออกมามากเกิดทำให้เรือไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

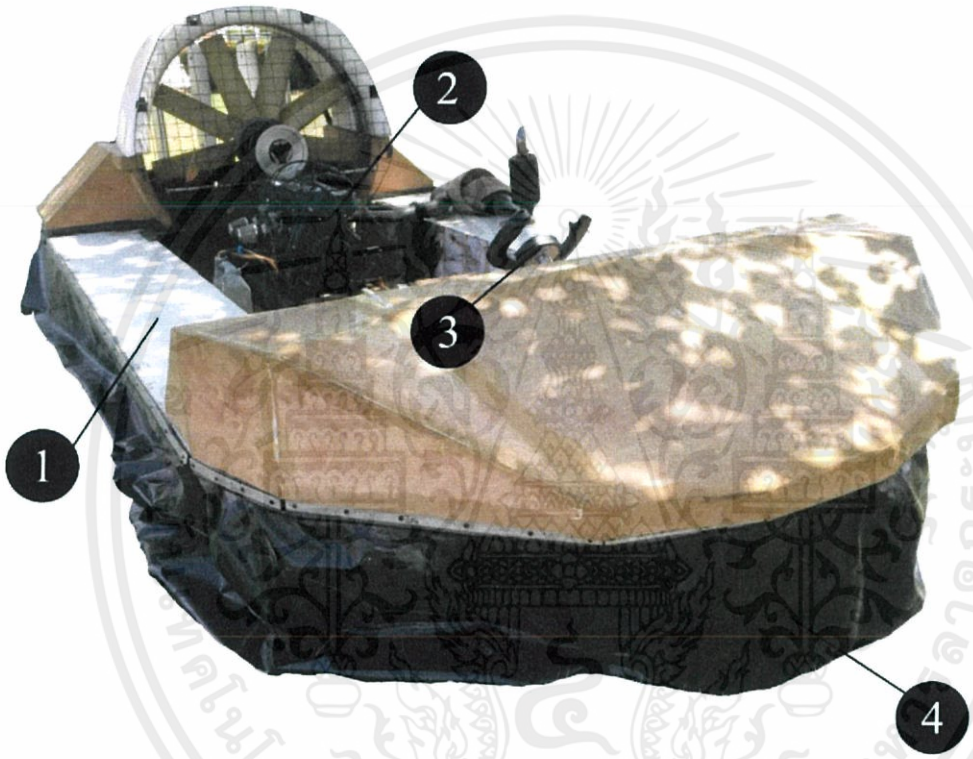
ภาพที่ 2.26 เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสัญจรบนพื้นที่กึ่งน้ำกึ่งเลน

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

3.1 อุปกรณ์สำคัญของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

อุปกรณ์ที่สำคัญของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีการแบบและสร้าง แสดงดังภาพที่ 3.1 มีดังนี้



ภาพที่ 3.1 อุปกรณ์ที่สำคัญของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

(1) ตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

(2) เครื่องยนต์และใบพัด

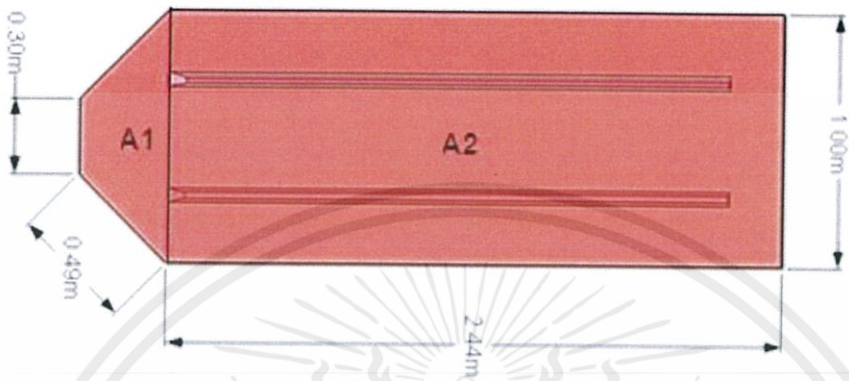
(3) อุปกรณ์บังคับลมและแผงควบคุม

(4) เบาะอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

(1) โครงสร้างเรือทำด้วยไม้เนื้อแข็งและไม้อัดความกว้าง 1 เมตร และยาว 2.79 เมตร การคำนวณ พื้นที่ใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก แสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 พื้นที่ใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

จากสูตร พื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู $(A_1) = \frac{1}{2} \times$ ผลบวกด้านคู่ขนาน x ความสูง (3.1)

$$A_1 = \frac{1}{2} \times 1.3 \times 0.35$$

$$A_1 = 0.227 \text{ m}^2$$

จากสูตร พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า (A_2) = พื้นที่ฐาน x ความสูง (3.2)

$$A_2 = 2.44 \times 1.0$$

$$A_2 = 2.44 \text{ m}^2$$

ดังนั้นพื้นที่ใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

พื้นที่ส่วนที่ A_1 = 0.227 m^2

พื้นที่ส่วนที่ A_2 = 2.44 m^2

พื้นที่ ทั้งหมด = 2.667 m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) อุปกรณ์ดักอากาศ

(ก) การออกแบบอุปกรณ์ดักอากาศ

อุปกรณ์ดักอากาศ เป็นชิ้นส่วนหนึ่งของตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกโดยติดตั้งอยู่ด้านหลังใบพัด ทำหน้าที่แบ่งอากาศบางส่วนที่ออกจากใบพัดลงไปสู่ท่ออากาศสำหรับสร้างแรงยก ในการออกแบบและสร้างต้องคำนึงถึงขนาดของช่องลำเลียงให้มีขนาดที่สัมพันธ์กับอัตราการไหลของอากาศที่ออกจากใบพัด เพื่อป้องกันการอัดตัวของอากาศก่อนเข้าสู่ท่อลำเลียงอากาศอันเป็นสาเหตุทำให้สูญเสียความดัน และอีกอย่างคือพื้นที่รองรับลมที่ลงสู่ช่องลำเลียงอากาศไม่ให้มีมุม เพื่อลดการอาศัยของลมตามมุม ซึ่งเป็นสาเหตุของลมที่สูญเสียโดยเปล่าประโยชน์

การออกแบบ : อุปกรณ์ดักอากาศเป็นรูปทรงกล่องทรงสี่เหลี่ยมคางหมูอย่างง่าย โดยด้านหน้ามีช่องรับอากาศที่มีขนาดเท่ากับพื้นที่ของใบพัดส่วนที่แบ่งอากาศสำหรับสร้างแรงยก ด้านล่างจะติดตั้งกับตัวเรือหลักและเปิดโล่งเพื่อส่งผ่านอากาศไปยังช่องลำเลียงอากาศ โดยภายในอุปกรณ์ดักอากาศจะติดตังแผงลบมุมวิกฤต เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเกิดการอัดตัวอันนำไปสู่การสูญเสียความดัน และปรับลดขนาดของความสูงของช่องรับลมให้มีขนาดต่ำลง และปรับการจำกัดลม สำหรับลมยกตัวและลมผลักดันเป็น 1/3 และ 2/3 ของพื้นที่หน้าตัดใบพัดตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 อุปกรณ์ดักอากาศของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

การคำนวณ พื้นที่ทั้งหมดโดยยึดรัศมีใบพัดเป็นเกณฑ์

จากสูตร พื้นที่วงกลม (A) $= \pi r^2$ (3.3)

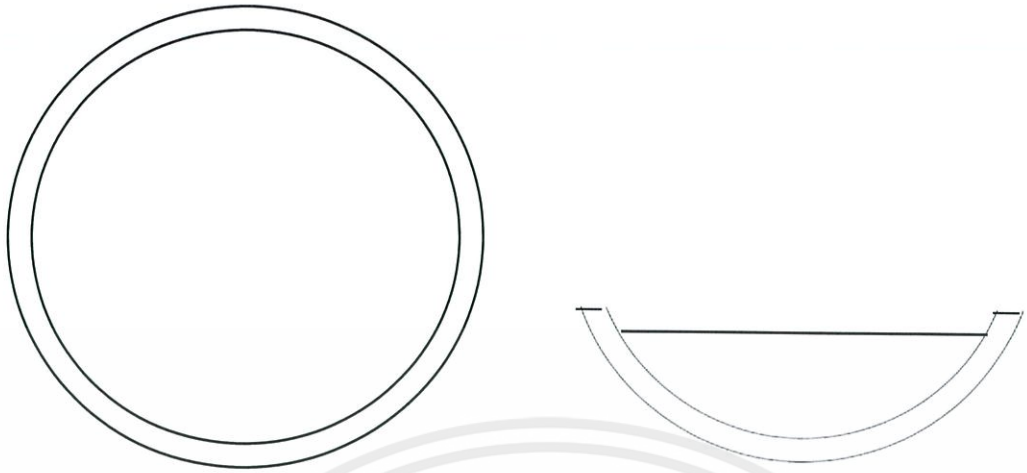
รัศมีใบพัด (r) $= 0.9$ m

พื้นที่รับลมทั้งหมด (A_t) $= 2.545$ m^2

พื้นที่ลมเข้าโดย เป็น 1 ส่วนของพื้นที่ทั้งหมด $= 2.5446 \times \frac{1}{3}$

พื้นที่ 1/3 ส่วน $= 0.848$ m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.4 พื้นที่รับลม (ก) พื้นที่รับลมทั้งหมด (ข) พื้นที่รับลมของอุปกรณ์ดักอากาศ

การคำนวณ อัตราการไหลของลมที่เข้าอุปกรณ์ดักอากาศ

จากสูตร อัตราการไหลของอากาศ (Q) $= v \times A_t$ (3.4)

v=ความเร็วลมของใบพัดรุ่น ***TDA900 -14AA -8 -8***

$$Q = (11.46\ m/s) \times (0.848\ m^2)$$

$$Q = 9.718\ m^3/s$$

(ข) อุปกรณ์ดักอากาศและติดตั้งอุปกรณ์ดักอากาศเข้ากับตัวเรือ

ทำการสร้างโดยใช้ไม้โครงและไม้อัดกันน้ำเป็นวัสดุหลัก เริ่มจากทำการขึ้นโครงหลักด้วยไม้โครง และทำการแปะผนังตัวดักอากาศด้วยไม้อัดชนิดกันน้ำ ทำการสมานรอยต่อ และขัดผิวให้เนียน แสดงดังภาพที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.5 อุปกรณ์ดักอากาศ

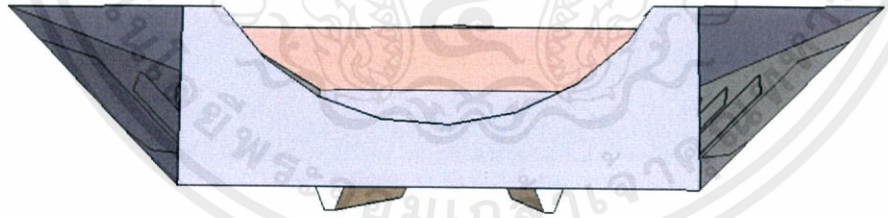
(ค) ติดตั้งอุปกรณ์ดักอากาศเข้ากับตัวเรือหลักทำการยึดติดด้วยสกรูเกลียวปล่อย M6x30 โดยมีระยะห่างของสกรูเกลียวปล่อย 10 เซนติเมตร จากนั้นทำการติดตั้งแท่นวางชุดส่ง กำลังเข้ากับกระดูกงูหลักของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ทำการยึดแน่นด้วยสกรู M6x40 จำนวน 6 ชุด นำชุดส่งกำลังติดตั้งเข้ากับแท่นวาง ทำการยึดติดด้วยสกรู M10x50 จำนวน 6 ชุด สุดท้ายจึง ทำการติดตั้งอุโมงค์ลมเข้ากับอุปกรณ์ดักอากาศ ทำการตรวจความเรียบร้อยในส่วนของระยะเผื่อจากปลายใบพัดถึงผนังท่อดักอากาศเพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากความผิดพลาด

(3) ช่องลำเลียงอากาศ

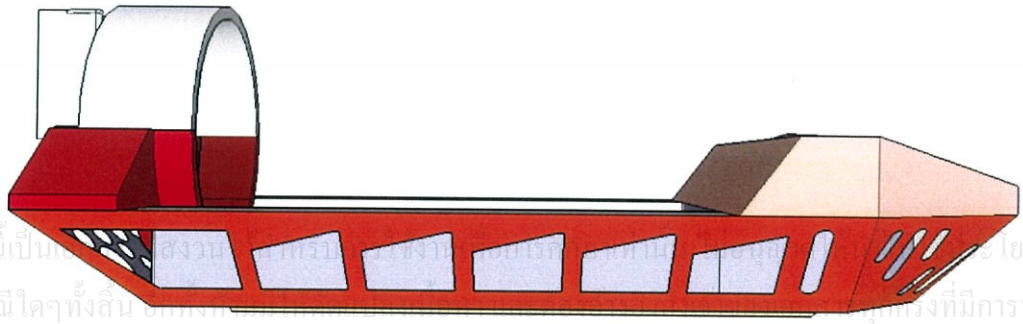
(ก) การออกแบบช่องลำเลียงอากาศ

ช่องลำเลียงอากาศ เป็นอุปการณ์ที่สำคัญของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ทำหน้าที่รับลมที่มาจากต้นกำลังและอยู่ด้านล่างของอุปกรณ์ดักอากาศ โดยช่องลำเลียงอากาศ ยาวตลอดลำเรือทั้งสองด้าน ลำเลียงลมและปล่อยลมลงสู่เบาะอากาศ และต้องลำเลียงลมที่มาจากอุปกรณ์ดักอากาศให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุดไม่มีแรงเสียดทาน

การออกแบบ : เป็นรูปสามเหลี่ยมจัตุรัส ยาวตลอดลำเรือโดยมีกระดูกงูเรือซอยขวาง ตลอดความยาวซึ่งจุดนี้เป็นสิ่งที่ทำลมสูญเสียจามมุมของกระดูกงู จึงเปลี่ยนรูปทรงเป็นสามเหลี่ยมมุมฉากและทำการเจาะรูระบายยาวตลอดลำเรือ เพื่อใช้ในการกำหนดปริมาตรของอากาศที่จะไหลเข้าสู่เบาะอากาศและเพื่อประสิทธิภาพในการไหลของอากาศให้มากขึ้น และลดพื้นที่ผิวสัมผัสของช่องอากาศให้ได้มากที่สุด แสดงดังภาพที่ 3.6 , 3.7 และ 3.8

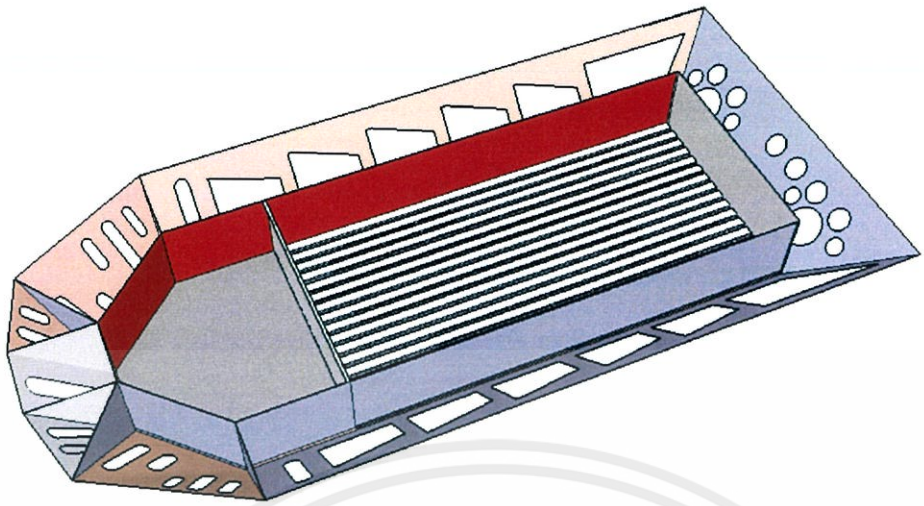


ภาพที่ 3.6 ภาพตัดช่องลำเลียงอากาศ



ภาพที่ 3.7 ช่องลำเลียงอากาศด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการแสวงหาผลประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเท่านั้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 ช่องลำเลียงอากาศด้านบน

การคำนวณ พื้นที่ของช่องลำเลียงอากาศ

จากสูตร พื้นที่สามเหลี่ยมมุมฉาก (A) $= \frac{1}{2} \times$ ความยาวฐาน $\times$ สูง (3.5)

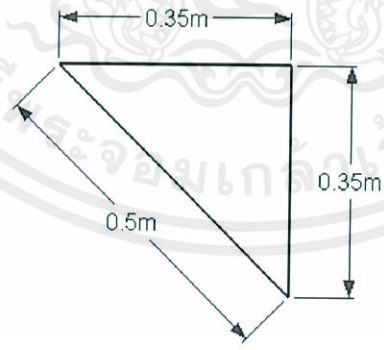
เรือสะเทินน้ำสะเทินบกมีช่องลำเลียง = 2 ช่อง

ความยาวฐาน = 0.35 m

ความสูง = 0.35 m

พื้นที่ช่องลำเลียงอากาศ $= \frac{1}{2} \times 0.35 \times 0.35 \times 2$

$= 1.225\ m^2$



ภาพที่ 3.9 พื้นที่หน้าตัดของช่องลำเลียงอากาศเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

การคำนวณ อัตราการไหลของอากาศ

จากสูตร อัตราการไหลของอากาศ (Q) $= v \times A$ (3.6)

$= (11.46\ m/s) \times (1.225\ m^2)$

$= 14.038\ m^3/s$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) ช่องลำเลียงอากาศ

ใช้ไม้โครงและไม้อัดกันน้ำเป็นวัสดุหลัก เริ่มจากขึ้นโครงรูปสามเหลี่ยมมุมฉากทั่วลำเรือ จากนั้นทำการแปะผนังด้วยไม้อัดกันน้ำที่มีความหนาของแผ่นไม้ 6 มิลลิเมตร รอบบริเวณลำเรือ และทำการเจาะรูระบายอากาศโดยใช้เลื่อยจิ๊กซอเจาะตามขนาด เพื่อกำหนดปริมาตรของลมที่ไหลออก แสดงดังภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3.10 ช่องลำเลียงอากาศ

(4) อุปกรณ์รับแรงกระแทก

(ก) การออกแบบอุปกรณ์รับแรงกระแทกหรือสกีขาคู่

อุปกรณ์รับแรงกระแทกหรือสกีขาคู่ เป็นอุปกรณ์ที่รับแรงกระแทกเมื่อเรือสะเทินน้ำสะเทินบกลงจอดบนพื้นราบเพื่อไม่ให้ส่วนภายใต้ท้องเรือได้รับการกระแทกซึ่งเป็นสาเหตุของการแตกหักได้

การออกแบบ : เป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูหรือทรงพีระมิดหัวตัดเพื่อเป็นรูปทรงที่ดูแข็งแรงและมีฐานที่หนา ทำให้สามารถลดแรงเสียดทานได้มาก แสดงดังภาพที่ 3.11 (ก) และ (ข)

(ก) (ข)

ภาพที่ 3.11 อุปกรณ์ลดแรงกระแทก (ก) สกี (ข) พื้นที่หน้าตัดสกี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) ติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงกระแทก อุปกรณ์ลดแรงกระแทกยึดด้วยนอต M6 ยาว 10 นิ้ว ทั้งหมด 5 จุด แสดงดังภาพที่ 3.12

ภาพที่ 3.12 ติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงกระแทก

3.1.2 เครื่องยนต์ต้นกำลังและใบพัด มีรายละเอียดดังนี้

(1) เครื่องยนต์ของบริษัท SUBARU รุ่น Fuji Robin ec50pm ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

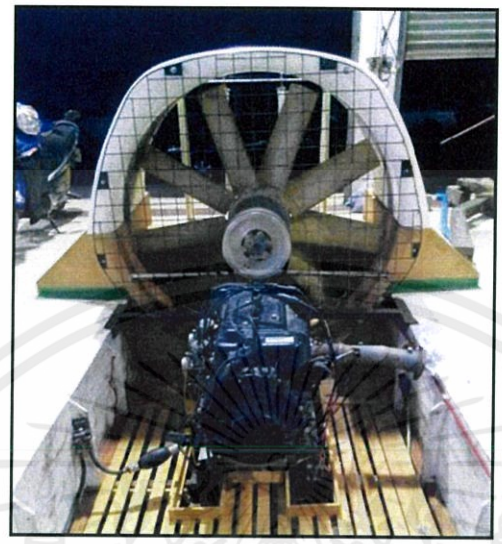
- ชนิดลูกสูบ 2 จังหวะ จำนวน 2 สูบ
- มีกำลังสูงสุด 50 แรงม้า (37.28 kW) ที่ความเร็ว 6500 รอบต่อนาที
- ปริมาตรความจุกระบอกสูบ 488 cc
- ระบายความร้อนด้วยอากาศ
- ควบคุมการจุดระเบิดด้วย CDI
- สตาร์ทเครื่องยนต์ด้วยระบบไฟฟ้า
- Generator 150 W
- 2 คาร์บูเรเตอร์ (2 carburetor)
- เชื้อเพลิงชนิดแก๊สโซลีน

(ก) การออกแบบ : โดยการลดความสูงของเครื่องยนต์ลงเพื่อให้มีเสถียรภาพในการขับเคลื่อนมากยิ่งขึ้น และยังเป็นการลดน้ำหนักของฐานเครื่องยนต์ได้อีกด้วย ส่งผลให้เรือมีเสถียรภาพในการขับเคลื่อนมากยิ่งขึ้นและเรือมีน้ำหนักลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) ตำแหน่งของเครื่องยนต์ต้นกำลัง

ทำการลดตำแหน่งของแท่นเครื่องยนต์ต้นกำลังเดิมออก เพื่อให้ตำแหน่งของใบพัดสมดุลกับอุปกรณ์ดักอากาศที่ทำใหม่ และยึดค้ำโครงเครื่องด้วยเหล็กฉาก แสดงดังรูปที่ 3.13



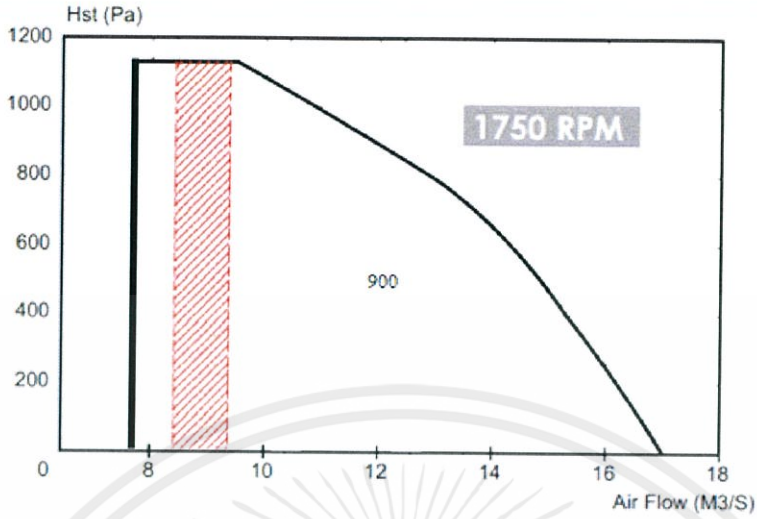
ภาพที่ 3.13 ตำแหน่งของเครื่องยนต์ต้นกำลัง

(2) ใบพัดเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ใบพัดที่ใช้เป็นใบพัด รุ่น TDA900 -14AA -8 -8 แสดงดังภาพที่ 3.14 มีขนาด 900 มิลลิเมตร จำนวน 9 ใบ (Blades) ระยะ Pitch 40 องศา ความเร็วอากาศ 11.46 เมตรต่อวินาทีที่ความเร็ว 1750 RPM กำลังที่ต้องการ 20.85 กิโลวัตต์ หรือ 27.94 แรงม้า ที่ 1750 รอบต่อนาที และมีกราฟคุณลักษณะของใบพัด แสดงดังภาพที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.14 ใบพัดเรือสะเทินน้ำสะเทินบก



ภาพที่ 3.15 กราฟคุณสมบัติของใบพัด

ติดตั้งเครื่องยนต์ต้นกำลังบนชุดส่งกำลัง โดยติดตั้งผ่านชุดยางรองแท่นเครื่องเพื่อลดการสั่นสะเทือน ทำการใส่ลูกลอยและแป้นเข้ากับเพลาข้อเหวี่ยงกับพูเล่ห์ตัวขับ แสดงดังภาพที่ 3.16

ภาพที่ 3.16 ติดตั้งเครื่องยนต์ต้นกำลังเข้ากับชุดส่งกำลังและใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 อุปกรณ์บังคับลมและแผงควบคุมเรือสะเทินน้ำสะเทินบก มีรายละเอียดดังนี้

(1) อุปกรณ์บังคับลม

(ก) การออกแบบอุปกรณ์บังคับลมหรือหางเสือ

อุปกรณ์บังคับลมหรือหางเสือ เป็นอุปการณ์ที่สำคัญของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ทำหน้าที่บังคับทิศทางของลมที่ออกจากใบพัดในส่วนของลมขับดัน โดยลมที่ออกจากใบพัดในส่วนนี้จะเป็นลมที่เกิดแรงในทิศตั้งฉากกับหางเสือมีทิศทางตั้งฉาก ทำให้เรือสะเทินน้ำสะเทินบกสามารถบังคับทิศทางได้ตามการเลี้ยวของหางเสือซึ่งต่อกับคันบังคับการเลี้ยวด้านหน้าเรือ

การออกแบบ : เป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าหัวตัด สูงเท่ากับระยะที่ปล่อยลมผลักดันคือ 2/3 ของระยะใบพัด การติดให้ติดด้านที่มีพื้นที่สัมผัสกับแรงลมน้อยหรือจั่วของสามเหลี่ยมเพื่อลดแรงลมที่สัมผัสกับพื้นที่ให้ลมมีการไหลได้เต็มประสิทธิภาพมากที่สุด สามารถบังคับทิศทางด้วยสายโลหะท่อแข็งที่ติดตั้งกับคันบังคับได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและเพิ่มความกว้างของ 2 ข้างให้มีความกว้างมากเพื่อให้บังคับลมได้ดีขึ้น แสดงดังภาพที่ 3.17

ภาพที่ 3.17 อุปกรณ์บังคับลมหรือหางเสือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ อัตราการไหลของลมที่ออกจากอุโมงค์ลม

พื้นที่ของลมที่ออกหลังใบพัด = 2 x พื้นที่ลมเข้าอุปกรณ์ดักอากาศ (3.7)

$= 2 \times 0.848\ m^2$

$= 1.696\ m^2$

อัตราการไหลของลมออกจากอุโมงค์ลม จากสมการ (3.6)

จะได้ $Q = (11.46\ m/s) \times (1.696\ m^2)$

$Q = 19.436\ m^3/s$

(ข) ติดตั้งอุปกรณ์บังคับลมหรือหางเสือ ทำการติดตั้งหางเสือบนอุปกรณ์ดักอากาศด้านหลังโดยปรับตำแหน่งของหางเสือให้ชิดกับอุโมงค์ลมและทำการสอดลิ่มของแกนหางเสือเข้าไปด้านในอุปกรณ์ดักอากาศ จากนั้นติดตั้งส่วนยอดหางเสือด้วยราวโลหะที่มีเสารองรับเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงกระทำบนใบหางเสือ สุดท้ายทำการร้อยสายโลหะแข็งจากแกนขับหางเสือไปยังคันบังคับ โดยร้อยสายโลหะทะลุผ่านอุปกรณ์ดักอากาศ แสดงดังภาพที่ 3.18

ภาพที่ 3.18 ติดตั้งอุปกรณ์บังคับลมหรือหางเสือ

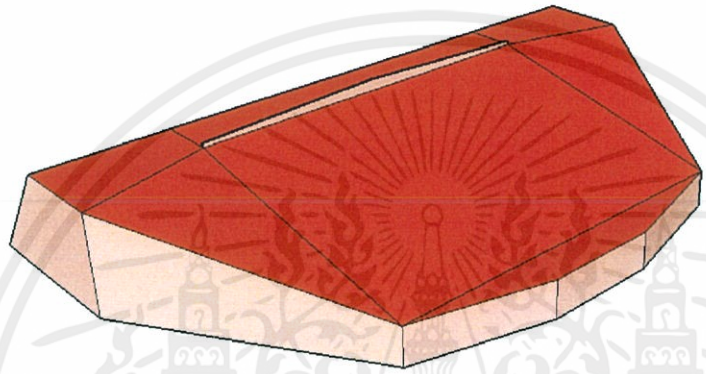
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) แผงควบคุม

(ก) การออกแบบแผงควบคุม

เป็นชิ้นส่วนด้านหน้าสำหรับติดตั้งคันบังคับ สวิทช์ควบคุมระบบไฟฟ้า หน้าจอแสดงผล และคันเร่ง

การออกแบบ : ออกแบบให้มีขนาดความสูงที่เข้ากับศรีระของผู้ขับขี่และมีรูปทรงที่เพรียวลมมากยิ่งขึ้นจึงทำให้สามารถ ลดความล้าของการขับขี่ ช่วยให้เกิดความคล่องตัวในการขับขี่ และยังช่วยลดการต้านอากาศในขณะขับขี่ ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนมากยิ่งขึ้น แสดงดังภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.19 การออกแบบแผงควบคุม

(ข) แผงควบคุม

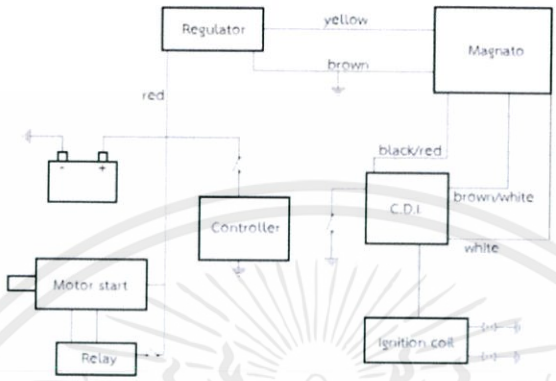
ทำการสร้างจากไม้อัดชนิดกันน้ำ โดยทำการวัดขนาดจริงของบริเวณพื้นที่ติดตั้งแผงควบคุมด้านหน้าตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก จากนั้นทำการขึ้นโครงที่ตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก ทำการแปะผนังด้วยไม้อัดชนิดกันน้ำ สาเหตุที่ต้องทำที่ตัวเรือเพราะต้องการให้ชิ้นส่วนมีความเรียบร้อย ติดตั้งได้แนบสนิท เนื่องจากแผงควบคุมมีการติดตั้งระบบไฟฟ้าควบคุมเครื่องยนต์ แสดงดังภาพที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำ[illegible]ญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.20 แผงควบคุม

(ค) ระบบไฟฟ้า

ติดตั้งระบบไฟฟ้าโดยทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอร์รี่ขนาด 12V 20A ไปยังมอเตอร์สตาร์ท ระบบอำนวยการขับ และรับกระกระแสไฟฟ้าจากเรกูเรเตอร์กลับไปยังแบตเตอร์รี่สำหรับการประจุกระแสไฟฟ้า โดยระบบไฟฟ้าของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก แสดงดังภาพที่ 3.21

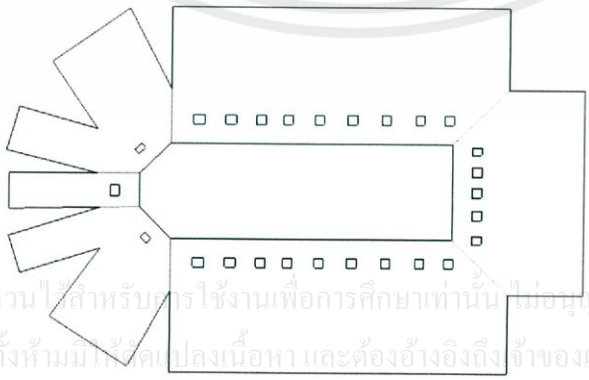


ภาพที่ 3.21 ระบบไฟฟ้า

3.1.4 เบาะอากาศ มีรายละเอียดดังนี้

เป็นชิ้นส่วนที่สำคัญสำหรับการเคลื่อนที่ เบาะอากาศทำหน้าที่กำจัดแรงเสียดทานระหว่างตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบกกับพื้นผิว และกักเก็บความดันเพื่อยกเรือให้ลอยตัว

(ก) การออกแบบ : ออกแบบให้มีความสะดวกในการช่วยลำเลียงอากาศและถ่ายเทอากาศจากภายในช่องลำเลียงอากาศไปสู่ใต้ท้องเรือสะเทินน้ำสะเทินบกมากยิ่งขึ้น โดยการเจาะรูให้มีความสม่ำเสมอ และมีความถี่มากขึ้น เนื่องจากเบาะอากาศแบบเดิมนั้นมีความถี่ที่น้อย และไม่สม่ำเสมอทำให้อากาศที่ไหลออกนั้นจะมีความแปรปรวน นอกจากนี้ยังพัฒนาการติดตั้งให้มีประสิทธิภาพกว่าแบบเดิม เพื่อลดการสูญเสียอากาศที่จะรั่วไหลออกมาโดยเปล่าประโยชน์ แสดงดังภาพที่ 3.22



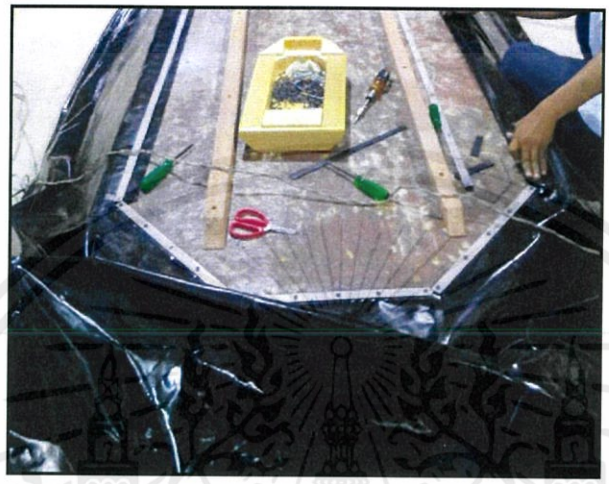
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.22 ภาพฉายเบาะอากาศ

(ข) เบาะอากาศ

สร้างจากผ้าใบ PVC ชนิดเส้นใยสองชั้น ซึ่งสามารถรับแรงดึงได้สูง ทนต่อการเสียดสี ทนต่อการทิ่มทะลุ ราคาถูก และง่ายต่อการซ่อมแซมในกรณีที่เกิดการขาด

การสร้างเบาะอากาศเริ่มจากการวาดเบาะอากาศให้เป็นภาพฉาย ลงบนม้วนผ้าใบ ทำการตัดเย็บแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน แสดงดังภาพที่ 3.23



ภาพที่ 3.23 ติดตั้งเบาะอากาศใต้ท้องเรือ

(ค) การติดตั้งเบาะอากาศเข้ากับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ติดตั้งเบาะอากาศเข้ากับตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เริ่มจากทำการติดตั้งเบาะอากาศกับ ตัวเรือด้านบนและล่างเรือโดยใช้ยางและเหล็กกว้าง 1 นิ้วยาวแล้วยึดด้วยการยิงน็อตดำเกลียวปล่อยให้แนบสนิทเพื่อเพิ่มความคงทนในการรับแรงดึงและกันอากาศไหลออกนอกรูของเบาะอากาศ แสดงดังภาพที่ 3.24 (ก) และ (ข)

(ก)

(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.24 การติดตั้งเบาะอากาศเข้ากับเรือ (ก) ด้านหน้า (ข) ด้านข้าง

3.2 การคำนวณหาแรงลอยของเรือ

การคำนวณ กำลังที่ใช้ในการลอยตัวเรือ

จากสูตร กำลังที่ใช้ลอยเรือ $(P) = Q \times Pc$ (3.8)

$P = (0.72\ m^3/s) \times (5154.16\ N/m^2)$

$P = 3{,}711\ Nm/s$

3.3 การคำนวณหาแรงผลักดันของเรือ

3.3.1 การคำนวณ อัตราการไหลของลมที่เข้าเบาะอากาศ

พื้นที่ของช่องที่เจาะข้างตัวเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ภาพที่ 3.25 พื้นที่ลมออกจากช่องลำเลียงอากาศแบบที่ 1

จากสูตร พื้นที่ลมออกแบบที่ 1 $= \pi r^2 + (\text{กว้าง} \times \text{ยาว})$

รัศมีช่องลมออกจากตัวเรือ (r) $= 0.05$ m

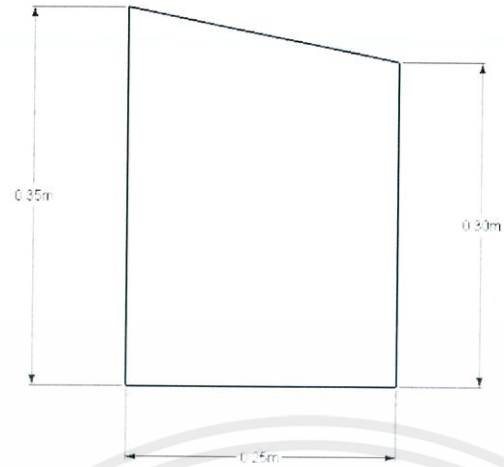
พื้นที่ลมออกแบบที่ 1 $= 0.0078 + (0.10 \times 0.26)$

พื้นที่ลมออกแบบที่ 1 $= 0.034\ m^2$

เจาะจำนวน 11 ช่อง ฉะนั้นพื้นที่แบบที่ 1 $= 11 \times 0.034$

$= 0.374\ m^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.26 พื้นที่ลมออกจากช่องลำเลียงอากาศแบบที่ 2

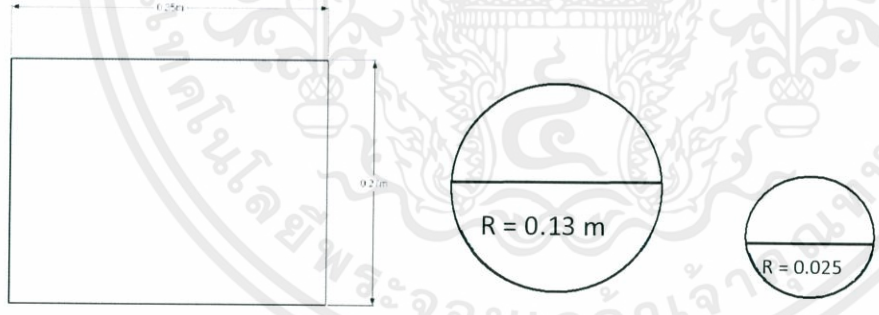
จากสูตร พื้นที่ลมออกแบบที่ 2 = 1/2 x ผลบวกของด้านคู่ขนาน x สูง

พื้นที่ลมออกแบบที่ 2 = 1/2 x (0.35+0.3) x 0.25

พื้นที่ลมออกแบบที่ 2 = 0.082 m^2

เจาะจำนวน 14 ช่อง ฉะนั้นพื้นที่แบบที่ 2 = 14 x 0.082

= 1.15 m^2



ภาพที่ 3.27 พื้นที่ลมออกจากช่องลำเลียงอากาศแบบที่ 3 (ก), (ข) และ (ค)

จากสูตร พื้นที่ลมออกแบบที่ 3 (ก) = ความกว้าง x ความยาว

พื้นที่ลมออกแบบที่ 3 (ก) = 0.27 x 0.35

พื้นที่ลมออกแบบที่ 3 (ก) = 0.094 m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ลมออกแบบที่ 3 (ข) = πr^2

พื้นที่ลมออกแบบที่ 3 (ข) = $\pi \times (0.13)^2$

พื้นที่ลมออกแบบที่ 3 (ข) = $0.05\ m^2$

เจาะจำนวน 2 ช่อง ฉะนั้นพื้นที่แบบที่ 3 (ข) = 2×0.05

= $0.1\ m^2$

พื้นที่ลมออกแบบที่ 3 (ค) = πr^2

พื้นที่ลมออกแบบที่ 3 (ค) = $\pi \times (0.025)^2$

พื้นที่ลมออกแบบที่ 3 (ค) = $0.001\ m^2$

เจาะจำนวน 6 ช่อง ฉะนั้นพื้นที่แบบที่ 3 (ค) = 6×0.001

= $0.006\ m^2$

ดังนั้นพื้นที่ลมออกรวมทั้งหมด (A_t) = (พื้นที่ลมออกแบบที่ 1) + (ลมออกแบบที่ 2) + (ลมออกแบบที่ 3ก) + (ลมออกแบบที่ 3ข) + (ลมออกแบบที่ 3ค)

= $(0.374\ m^2)+(1.15\ m^2)+(0.094\ m^2)+(0.1\ m^2)+(0.006\ m^2)$

= $1.724\ m^2$

(ก) ความเร็วของลมที่ออกจากช่องลำเลียงอากาศสู่เบาะอากาศ

จากสมการ 3.4 จะได้ $Q_{in} = (V_{in}) \times (1.724\ m^2)$

$9.718 = (V_{in}) \times 1.724$

$V_{in} = 5.63\ m/s$

(ข) พื้นที่ของช่องที่เจาะเบาะอากาศ

พื้นที่ลมออก = กว้าง x ยาว

= 0.07×0.07

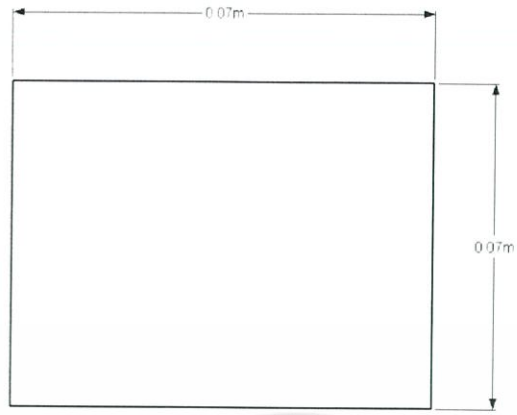
= $0.0049\ m^2$

เจาะช่องลมออกทั้งหมด 24 ช่อง

พื้นที่ลมออกทั้งหมด (A_t) = $24 \times 0.0049\ m^2$

= $0.12\ m^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.28 พื้นที่ลมออกจากเบาะอากาศ

(ค) อัตราการไหลของลมที่ออกจากเบาะอากาศสู่พื้นทดสอบ

จากสมการ 3.4 จะได้ $Q_{out} = (5.63) \times (0.12\ m^2)$

$Q_{out} = 0.68\ m^3/s$

3.3.2 ปริมาตรของลมเข้าและออกจากเบาะอากาศ

ปริมาตรของลมในเบาะอากาศ โดยอ้างอิง t = 5 วินาที คำนวณโดยสมการที่ 3.4

จากสูตร $V = Q \times A_t$ (3.9)

จากอัตราการไหลในเบาะอากาศ , $Q_{in} = 9.718\ m^3/s$

จะได้ $V_{in} = (9.718\ m^3/s) \times (5\ s) = 48.59\ m^3$

จากอัตราการไหลในเบาะอากาศ , $Q_{out} = 0.68\ m^3/s$

จะได้ $V_{out} = (0.68\ m^3/s) \times (5\ s) = 3.4\ m^3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การชั่งน้ำหนักเรือและอุปกรณ์ต่างๆ ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

3.4.1 การชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ต่างๆ ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

(ก) การชั่งน้ำหนักเรือเปล่า แสดงดังภาพที่ 3.29

(ก) (ข)

ภาพที่ 3.29 การชั่งน้ำหนักเรือเปล่า (ก) วิธีการชั่งน้ำหนัก (ข) ตราชั่งแสดงน้ำหนัก

(ข) การชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ส่วนท้ายของเรือ แสดงดังภาพที่ 3.30

(ก) (ข)

ภาพที่ 3.30 การชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ส่วนท้ายของเรือ (ก) วิธีการชั่งน้ำหนัก (ข) ตราชั่งแสดงน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) การชั่งน้ำหนักแผงควบคุม แสดงดังภาพที่ 3.31

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.31 การชั่งน้ำหนักแผงควบคุม (ก) วิธีการชั่งน้ำหนัก (ข) ตราชั่งแสดงน้ำหนัก

(ง) การชั่งน้ำหนักใบพัด แสดงดังภาพที่ 3.32

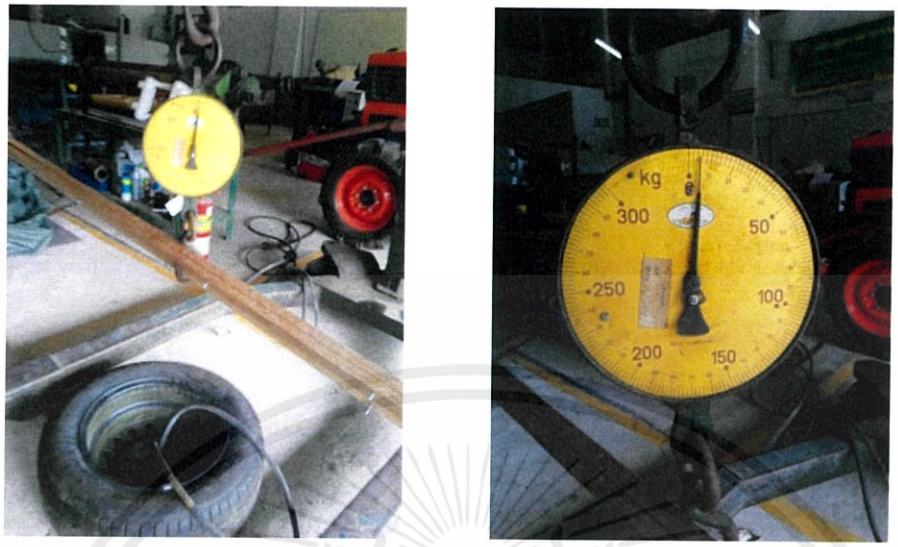
(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.32 การชั่งน้ำหนักใบพัด (ก) วิธีการชั่งน้ำหนัก (ข) ตราชั่งแสดงน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(จ) การชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ลดแรงกระแทก แสดงดังภาพที่ 3.33



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.33 การชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ลดแรงกระแทก (ก) วิธีการชั่งน้ำหนัก (ข) ตราชั่งแสดงน้ำหนัก

3.4.2 น้ำหนักอุปกรณ์ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

อุปกรณ์เรือสะเทินน้ำสะเทินบก	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
เรือสะเทินน้ำสะเทินบก ลำเปล่า	82
เครื่องยนต์, เพลา, ใบพัด	65
อุปกรณ์บังคับทิศทาง	16
อุปกรณ์ดักอากาศ	26
อุปกรณ์ลดแรงกระแทก	8
รวม	197

ภาพที่ 3.34 น้ำหนักอุปกรณ์ของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบความสามารถในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

4.1.1 จุดประสงค์การทดสอบ

(1) หากำลัง(แรงม้า) ที่ใช้ในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

(2) เพื่อประเมินความเป็นไปได้ของน้ำหนักสูงสุดของการลอยตัว

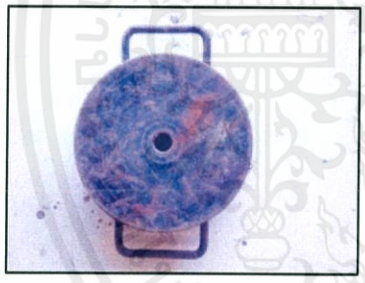
4.1.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

(1) เรือสะเทินน้ำสะเทินบก

(2) อุปกรณ์ถ่วงน้ำหนัก

(3) เครนยกน้ำหนัก

(4) เครื่องชั่งน้ำหนัก



(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ 4.1 อุปกรณ์ถ่วงน้ำหนัก (ก) เหล็ก 10 กิโลกรัม (ข) บันได 25 กิโลกรัม

(ค) ถุงทราย 30 กิโลกรัม (ง) ปูนทรงกระบอกตัน 15 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 วิธีการทดสอบ

(1) ชั่งน้ำหนักเรือสะเทินน้ำสะเทินบกลำเปล่าบวกกับผู้ทำการทดสอบเพื่อให้เป็นน้ำหนักคงที่

(2) ชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ถ่วงน้ำหนัก

(3) เพิ่มน้ำหนักทีละ 50 กิโลกรัม จนถึงน้ำหนักที่ 350 กิโลกรัม

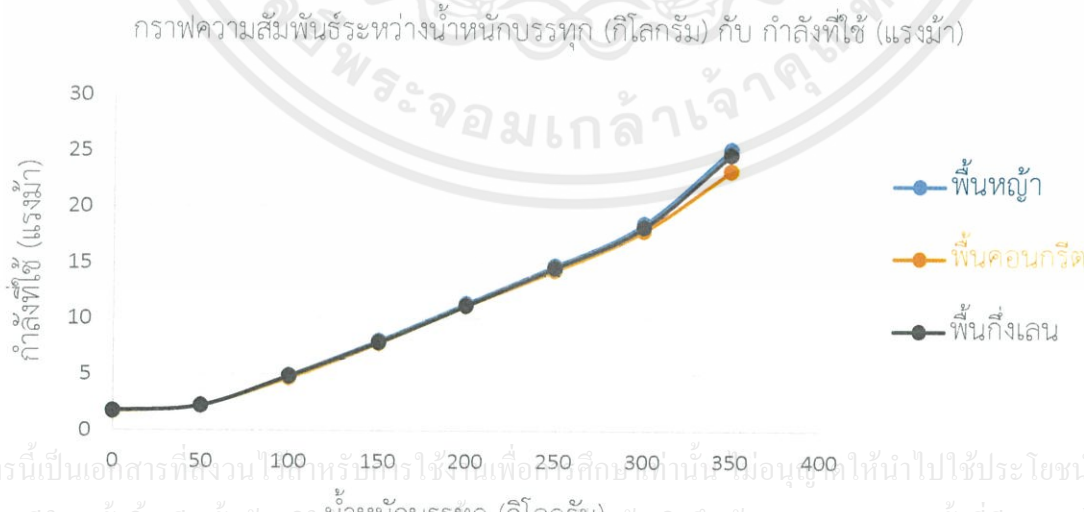
(4) วัดความเร็วรอบใบพัดแต่ละน้ำหนัก 3 ซ้ำ

(5) จดบันทึกความเร็วรอบใบพัดแล้ว นำไปคำนวณหากำลังที่ใช้ของเครื่องยนต์

(ก) (ข)

ภาพที่ 4.2 การทดสอบการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (ก) 100 กิโลกรัม (ข) 150 กิโลกรัม

4.1.4 ผลการทดสอบหาความสามารถในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก แสดงดังภาพที่ 4.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงผลการทดสอบหาความสามารถในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ผลการทดสอบ: สำหรับพื้นคอนกรีตพบว่าที่น้ำหนัก 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 และ 350 กิโลกรัม ใช้แรงม้าที่ 1.63, 2.21, 4.70, 7.80, 11.11, 14.29, 17.89 และ 23.20 แรงม้า ตามลำดับ

สำหรับพื้นหญ้าพบว่าที่น้ำหนัก 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 และ 350 กิโลกรัม ใช้แรงม้าที่ 1.74, 2.23, 4.90, 8.03, 11.32, 14.69, 18.47 และ 25.11 แรงม้า ตามลำดับ

สำหรับพื้นน้ำกึ่งเลนพบว่าที่น้ำหนัก 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 และ 350 กิโลกรัม ใช้แรงม้าที่ 1.74, 2.22, 4.87, 7.90, 11.18, 14.53, 18.20 และ 24.66 แรงม้า ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.3 พบว่าที่พื้นคอนกรีต มีความสามารถในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกที่น้ำหนัก 350 กิโลกรัม ได้ดีที่สุด

4.2 การทดสอบหาความเร็วของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

4.2.1 จุดประสงค์การทดสอบ

เพื่อหาความเร็วของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกในสภาพพื้นผิวต่างๆ

4.2.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

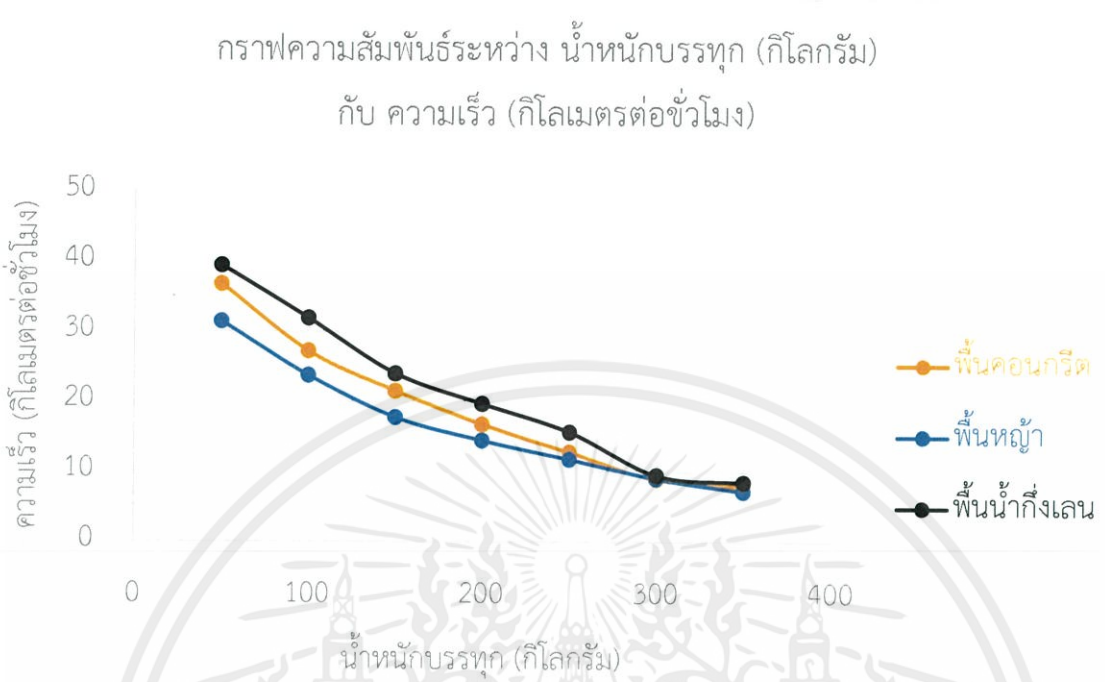
(1) เรือสะเทินน้ำสะเทินบก
(2) อุปกรณ์ถ่วงน้ำหนัก 50, 100 และ 150 กิโลกรัม
(3) กรวย
(4) ตลับเทปสนาม
(5) นาฬิกาจับเวลา

4.2.3 วิธีการทดสอบ

(1) วัดระยะทดสอบเป็นระยะทาง 60 เมตร
(2) จับเวลาเมื่อเรือเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้าย
(3) เติมน้ำหนักเพิ่มให้ได้น้ำหนัก 100 และ 150 กิโลกรัม และจับเวลา 3 ซ้ำ
(4) ทำเหมือนกันทุกการทดสอบในข้ออื่นๆ ในพื้นทดสอบ พื้นหญ้าและพื้นน้ำ
(5) จดบันทึกเวลาในการทดสอบ แล้วนำไปคำนวณหาความเร็วของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ผลการทดสอบหาความเร็วของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก แสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดสอบหาความเร็วของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ผลการทดสอบ: พื้นคอนกรีตที่น้ำหนักบรรทุก 50, 100, 150, 200, 250, 300 และ 350 กิโลกรัม จะมีความเร็ว 36.82, 31.15, 21.53, 16.74, 12.81, 8.92 และ 7.95 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

พื้นหญ้าที่น้ำหนักบรรทุก 50, 100, 150, 200, 250, 300 และ 350 กิโลกรัม จะมีความเร็วเท่ากับ 31.50, 23.79, 17.78, 14.47, 11.80, 9.07 และ 7.23 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

พื้นน้ำกึ่งเลนที่น้ำหนักบรรทุก 50, 100, 150, 200, 250, 300 และ 350 กิโลกรัม จะมีความเร็วเท่ากับ 39.50, 31.90, 24.01, 19.69, 15.69, 9.46 และ 8.53 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.4 พบว่าความเร็วของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกที่ดีที่สุดคือ 39.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่น้ำหนักบรรทุก 50 กิโลกรัม ในพื้นที่น้ำกึ่งเลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

4.3.1 จุดประสงค์

หาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อพื้นที่ต่างๆ

4.3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

(1) เรือสะเทินน้ำสะเทินบก

(2) กรวยจราจรหรือวัตถุที่ง่ายต่อการสังเกต

(3) นาฬิกาจับเวลา

(4) อุปกรณ์ถ่วงน้ำหนัก 150 กิโลกรัม

(5) ตลับเทปสนาม

4.3.3 วิธีการทดสอบ

(1) วัดระยะทดสอบ 60 เมตร ทุกพื้นที่ทดสอบสำหรับการใช้เป็นช่วงในการทดสอบโดยทำการสร้างจุดสังเกตสำหรับเป็นจุดอ้างอิงของพื้นที่

(2) บรรทุกอุปกรณ์ถ่วงน้ำหนัก 150 กิโลกรัม

(3) ทำการขับลำของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งตามระยะที่กำหนดไว้

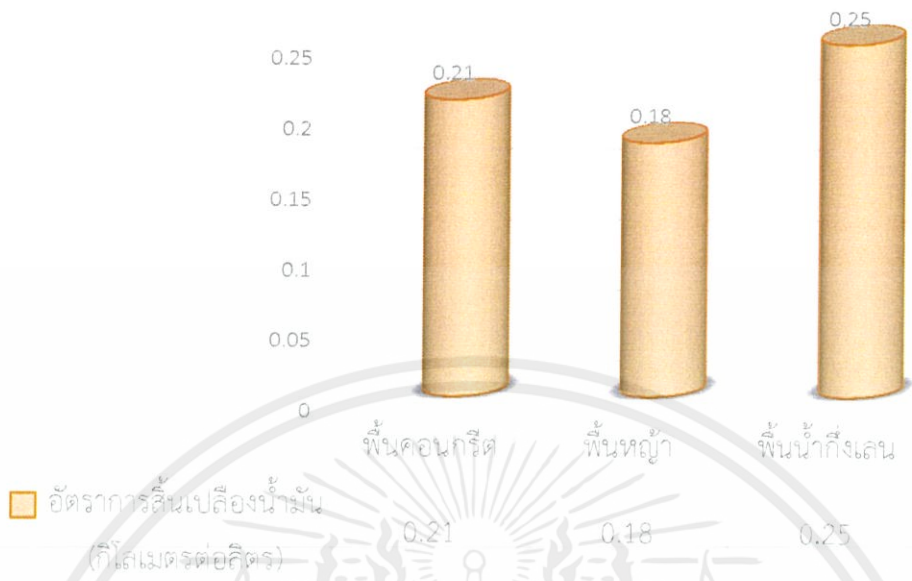
(4) ทำการจับเวลา เมื่อหน้าเรือสะเทินน้ำสะเทินบกวิ่งผ่านจุดสังเกตที่แรก และเมื่อถึงจุดที่สอง จดบันทึกเวลา 3 ซ้ำ

(5) ทำการทดสอบพื้นคอนกรีต พื้นหญ้า และพื้นน้ำกึ่งเลน ทำการทดสอบซ้ำจากข้อ 1-4

(6) นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (กิโลเมตรต่อลิตร) และนำไป สร้างแผนภูมิแท่งแสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในพื้นที่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง แสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 แผนภูมิแท่งแสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (กิโลเมตรต่อลิตร)

จากภาพที่ 4.5 ผลการทดสอบที่น้ำหนักทุก 150 กิโลกรัม พบว่าที่พื้นคอนกรีต พื้นหญ้า และพื้นน้ำกึ่งเลน มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันที่ 0.21, 0.18 และ 0.25 กิโลเมตรต่อลิตร ตามลำดับ และพบว่าที่น้ำหนักบรรทุก 150 กิโลกรัม พื้นน้ำกึ่งเลนจะมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันน้อยที่สุดคือ 0.25 กิโลเมตรต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลการทดสอบเรือสะเทินน้ำสะเทินบกพบว่า ความสามารถการลอยตัวในการรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงสุด 350 กิโลกรัม ของพื้นที่คอนกรีต พื้นหญ้า และพื้นน้ำกึ่งเลน ใช้แรงม้าที่ 23.20, 25.11, 24.66 แรงม้า ตามลำดับ และความสามารถในการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วดีที่สุดบนพื้นน้ำกึ่งเลนที่ 39.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.25 กิโลเมตรต่อลิตร

5.2 ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไขปัญหา

5.2.1 วัสดุที่ใช้ทำเรือสะเทินน้ำสะเทินบก คือ ไม้ ซึ่งไม้มีน้ำหนักที่มากทำให้น้ำหนักของเรือสะเทินน้ำสะเทินบกมากขึ้น ส่งผลให้ความเร็วในการขับเคลื่อนช้าลง

แนวทางการแก้ปัญหา: เปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเป็นวัสดุประเภทไฟเบอร์กลาส เพราะมีน้ำหนักที่เบาและความแข็งแรงที่มากกว่า และสามารถนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้

5.2.2 เครื่องยนต์ต้นกำลังที่ใช้งานมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสูง และมีอายุการใช้งานของเครื่องยนต์มาเป็นเวลานานทำให้เครื่องยนต์เกิดการสึกหรอ ลูกสูบมีรอยขีดตามผิวสัมผัส ทำให้ความสามารถในการอัดน้ำมันไปยังห้องเผาไหม้ทำได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลต่อการสตาร์ทเครื่องยนต์ ทำให้การทำงานของเครื่องยนต์ไม่มีประสิทธิภาพ

แนวทางการแก้ปัญหา: น้ำมันที่ใช้ต้องมีอัตราส่วนน้ำมันที่เหมาะสม ในอัตราส่วนน้ำมัน 1 ลิตรต่อออโต้ลูป 0.020-0.025 ลิตร เพื่อป้องกันการสึกหรอของผิวลูกสูบ

5.2.3 ระยะสายคันบังคับหางเสือมีระยะที่สั้นไปทำให้หางเสือมีการเลี้ยวที่ไปได้ไม่สุดทำให้เวลาในการเลี้ยวของเรือมากขึ้น

แนวทางการแก้ปัญหา: เปลี่ยนระยะสายคันบังคับให้มากขึ้นเพื่อระยะในการเลี้ยวของหางเสือจะเลี้ยวได้มากที่สุดทำให้เรือสามารถบังคับทิศทางได้ดีขึ้น

5.2.4 พื้นที่ทดสอบไม่อำนวยต่อการทดสอบ

แนวทางการแก้ปัญหา: หาที่ทดสอบที่เหมาะสมโดยเป็นพื้นที่กว้างทำให้เรือสามารถทดสอบได้ผลที่มีประสิทธิภาพมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลการทดสอบเรือสะเทินน้ำสะเทินบก เพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลการทดสอบเรือลมสะเทินน้ำสะเทินบก
เพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร

1. การทดสอบความสามารถในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบหาสามารถในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (พื้นคอนกรีต)

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	รอบใบพัด (รอบต่อนาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0	7080	7342	7861	7427.67
50	10080	10070	10097	10082.33
100	10600	11040	10730	10790.00
150	12000	12050	11400	11816.67
200	12832	12230	12786	12616.00
250	12980	12970	13020	12990.00
300	13700	13270	13550	13506.67
350	15500	14760	14920	15060.00

ตารางที่ ก.2 สรุปการทดสอบหาความสามารถในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (พื้นคอนกรีต)

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	รอบใบพัด (รอบต่อนาที)	รอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	กำลังที่ใช้ (แรงม้า)
0	7427.67	2971.07	1.63
50	10082.33	4032.93	2.21
100	10790.00	4316.00	4.70
150	11816.67	4726.67	7.80
200	12616.00	5046.40	11.11
250	12990.00	5196.00	14.29
300	13506.67	5402.67	17.84
350	15060.00	6024.00	23.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ผลการทดสอบหาความสามารถในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (พื้นหญ้า)

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	รอบใบพัด (รอบต่อนาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0	7974	7865	7936	7925.00
50	10138	10176	10102	10138.67
100	10894	11759	10902	11185.00
150	12486	12452	11548	12162.00
200	12953	12654	12981	12862.67
250	13241	13336	13467	13348.00
300	13978	13990	13983	13983.67
350	16689	15436	16757	16294.00

ตารางที่ ก.4 สรุปการทดสอบหาความสามารถในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (พื้นหญ้า)

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	รอบใบพัด (รอบต่อนาที)	รอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	กำลังที่ใช้ (แรงม้า)
0	7925.00	3170.00	1.74
50	10138.67	4055.47	2.23
100	11185.00	4474.00	4.90
150	12162.00	4864.80	8.03
200	12862.67	5145.07	11.32
250	13348.00	5339.20	14.69
300	13983.67	5593.47	18.47
350	16294.00	6517.60	25.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ผลการทดสอบหาความสามารถในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (พื้นน้ำกึ่งเลน)

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	รอบใบพัด(รอบต่อนาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0	7648	7554	7456	7552.67
50	10096	10154	10085	10111.67
100	10754	11692	10768	11071.33
150	12231	12353	11335	11973.00
200	12767	12665	12659	12697.00
250	13138	13253	13223	13204.67
300	13768	13764	13803	13778.33
350	16324	15336	16352	16004.00

ตารางที่ ก.6 สรุปการทดสอบหาความสามารถในการลอยตัวของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก (พื้นน้ำกึ่งเลน)

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	รอบใบพัด (รอบต่อนาที)	รอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	กำลังที่ใช้ (แรงม้า)
0	7552.67	3021.07	1.74
50	10111.67	4044.67	2.22
100	11071.33	4428.53	4.87
150	11973.00	4789.20	7.90
200	12697.00	5078.80	11.18
250	13204.67	5281.87	14.53
300	13778.33	5511.33	18.20
350	16004.00	6401.60	24.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบหาความเร็วของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ตารางที่ ก.7 ผลการทดสอบหาความเร็วของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

พื้นที่ทดสอบ	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	เวลา (วินาที)				ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
พื้นคอนกรีต	50	5.9	5.5	6.2	5.87	36.82
	100	7.0	7.2	6.6	6.93	31.15
	150	9.3	10.2	10.6	10.03	21.53
	200	13.3	12.6	12.8	12.90	16.74
	250	16.7	17.6	16.2	16.83	12.81
	300	24.4	23.7	24.6	24.23	8.92
	350	27.5	26.7	27.4	27.20	7.95
พื้นหญ้า	50	6.58	6.95	7.03	6.85	31.50
	100	8.66	9.02	9.56	9.08	23.79
	150	11.95	12.65	11.81	12.14	17.78
	200	14.6	14.9	15.3	14.93	14.47
	250	18.7	18.3	17.9	18.30	11.80
	300	27.2	16.9	27.4	23.83	9.07
	350	30.2	29.8	29.6	29.87	7.23
พื้นน้ำกึ่งเลน	50	5.7	5.5	5.2	5.47	39.50
	100	6.4	7.2	6.7	8.80	31.90
	150	9.1	8.7	9.2	9.00	24.01
	200	11.5	10.8	10.6	10.97	19.69
	250	13.4	14.1	13.8	13.77	15.69
	300	22.8	22.6	23.1	22.83	9.46
	350	25.6	24.9	25.3	25.27	8.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะทางทดสอบ : 60 เมตร

3. การทดสอบการหาอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันของเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ตารางที่ ก.8 ผลการทดสอบการหาอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในพื้นที่ทดสอบต่างๆ

พื้นที่ทดสอบ	ระยะทางทดสอบ (เมตร)	ครั้งที่	น้ำมันที่ใช้ (ลิตร)	อัตราการใช้น้ำมัน (กิโลเมตรต่อลิตร)	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อกิโลเมตร)
พื้นคอนกรีต	60	1	0.30	0.20	172.80
		2	0.30	0.20	172.80
		3	0.27	0.22	155.52
พื้นหญ้า	60	1	0.3	0.20	172.80
		2	0.35	0.17	200.45
		3	0.33	0.18	190.08
พื้นน้ำกึ่งเลน	60	1	0.24	0.25	138.24
		2	0.23	0.26	131.33
		3	0.24	0.25	138.24

น้ำหนักบรรทุก : 150 กิโลกรัม

ราคาน้ำมันเบนซิน ออกเทน 95 (พีทีจีเอนเนอยี่ PTG) วันที่ 26/05/2558 : 34.56 บาทต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 สรุปอัตราสิ้นการเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในพื้นที่ทดสอบต่างๆ

พื้นที่ทดสอบ	น้ำมันที่ใช้ (ลิตร)	อัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน (กิโลเมตรต่อลิตร)	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อกิโลเมตร)
พื้นคอนกรีต	0.29	0.21	167.04
พื้นหญ้า	0.33	0.18	187.78
พื้นน้ำกึ่งเลน	0.24	0.25	135.94

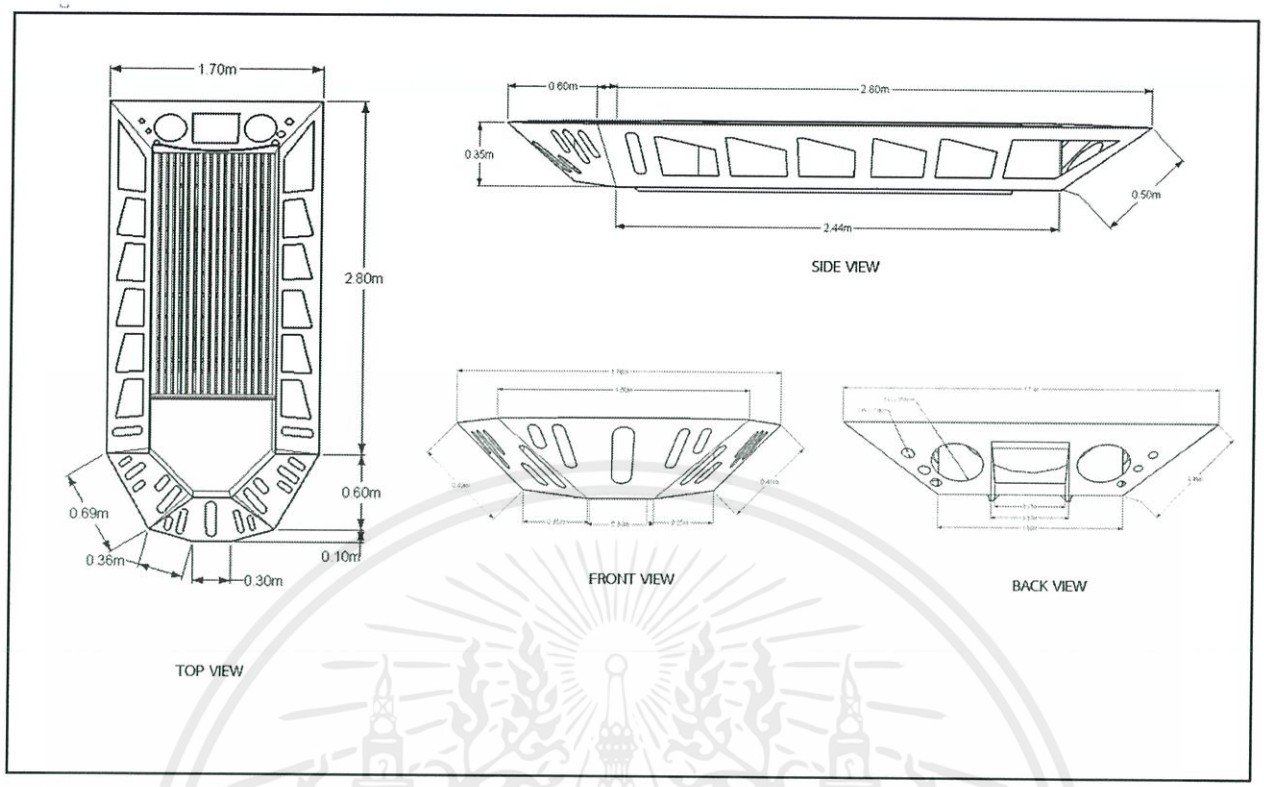
น้ำหนักบรรทุก : 150 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

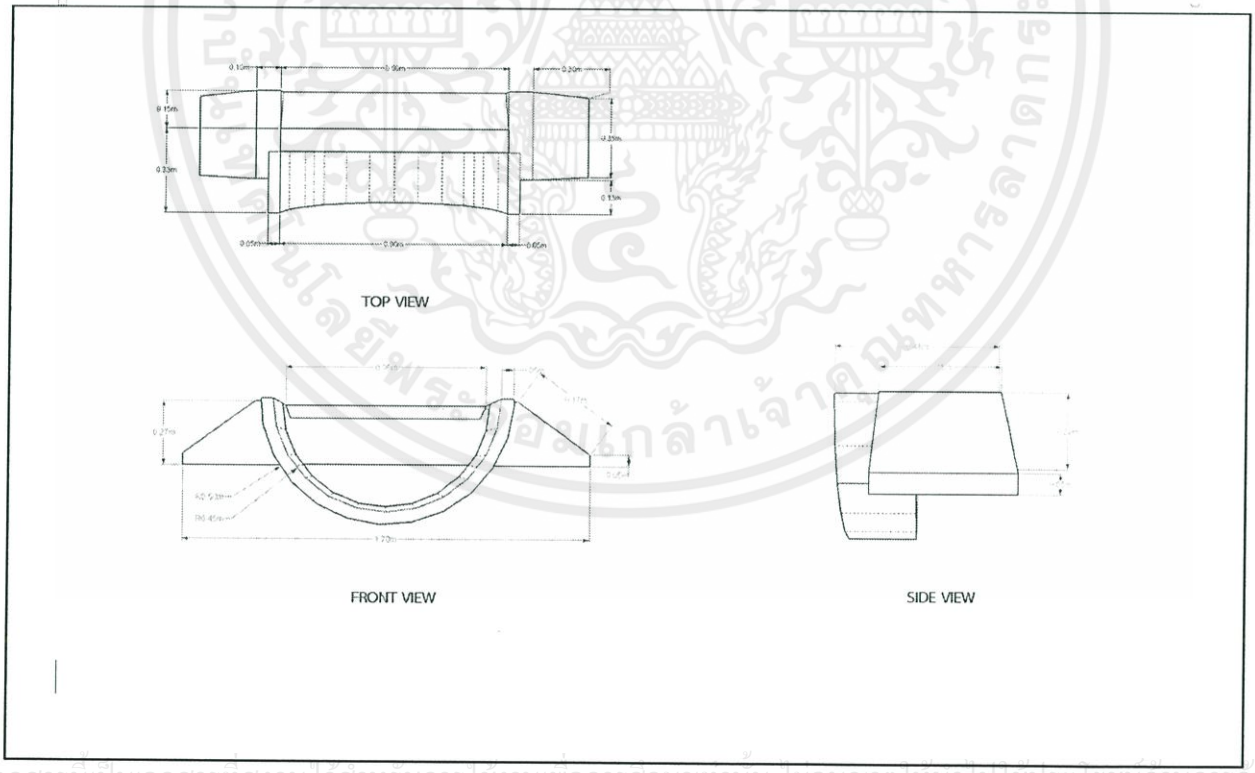
ภาคผนวก ข

ภาพฉายเรือสะเทินน้ำสะเทินบกและอุปกรณ์เรือสะเทินน้ำสะเทินบก เพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

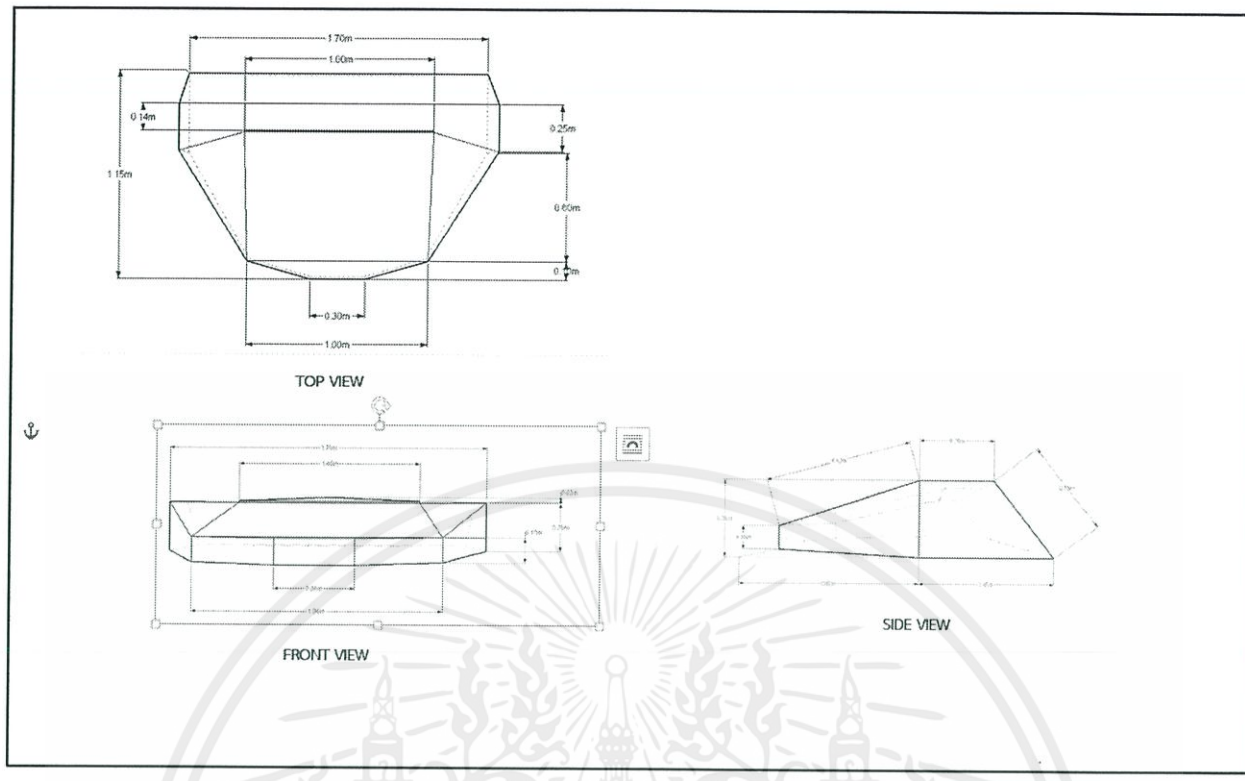


ภาพที่ ข.1 ภาพฉายเรือสะเทินน้ำสะเทินบกลำเปล่า

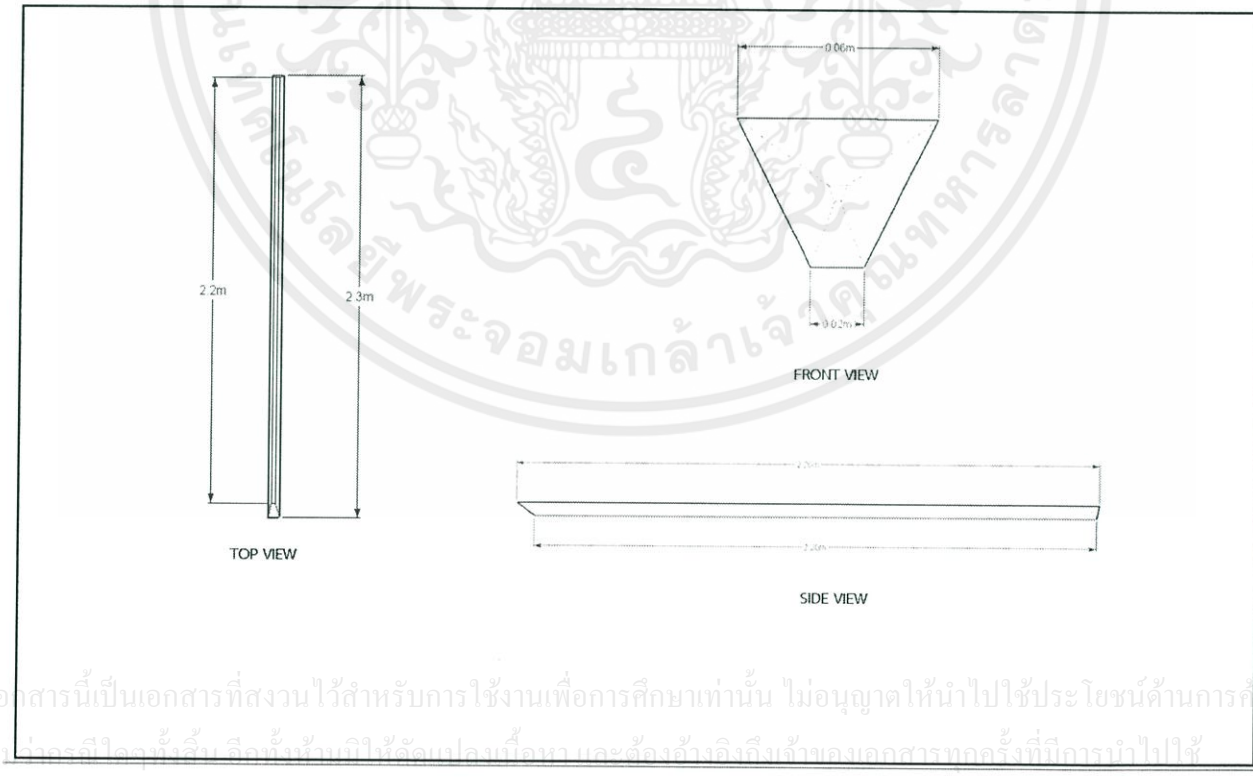


ภาพที่ ข.2 ภาพฉายอุปกรณ์ดักอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

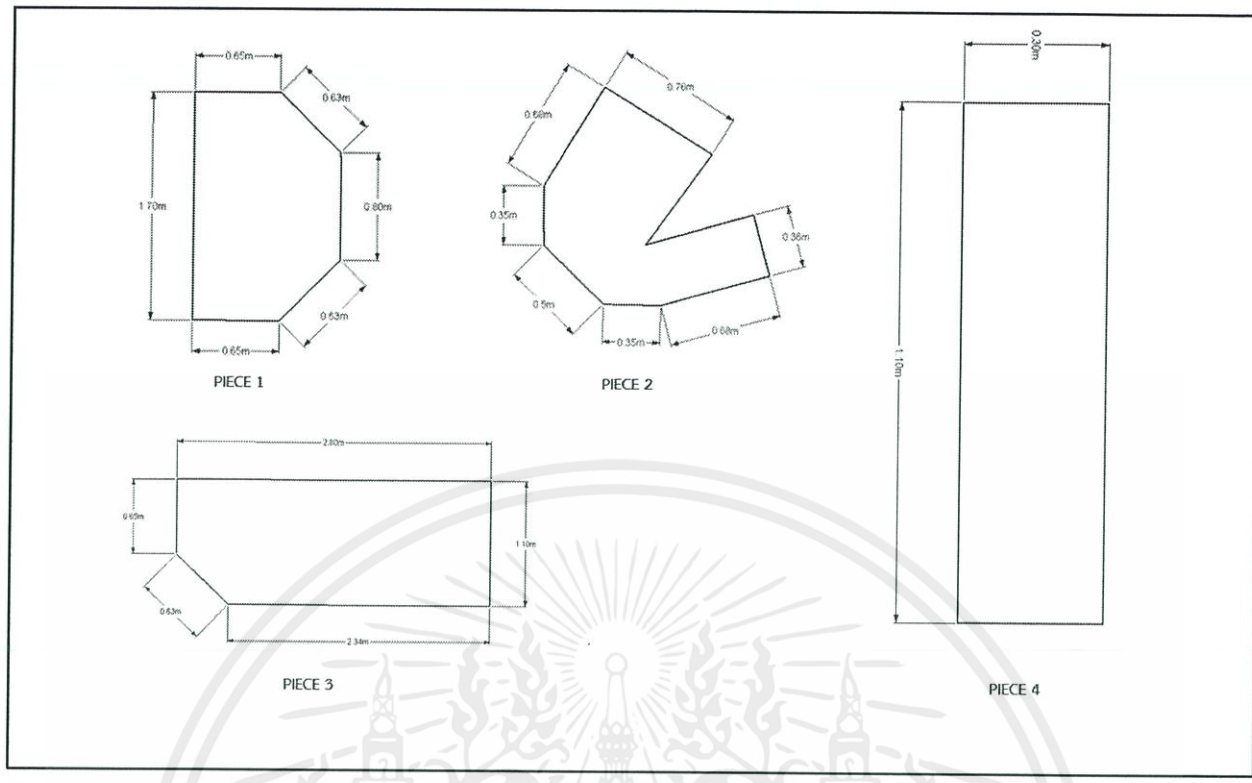


ภาพที่ ข.3 ภาพฉายแผงควบคุมเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

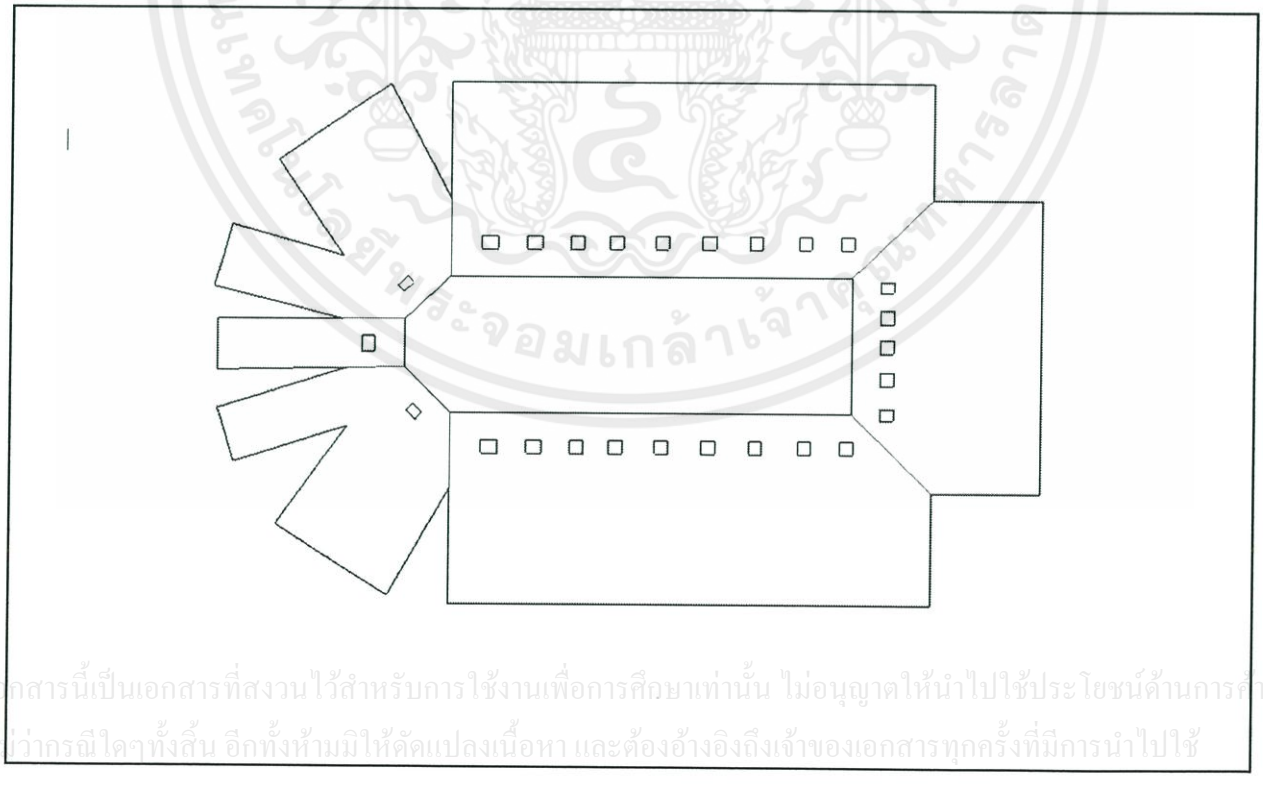


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข.4 ภาพฉายอุปกรณ์ลดแรงกระแทก

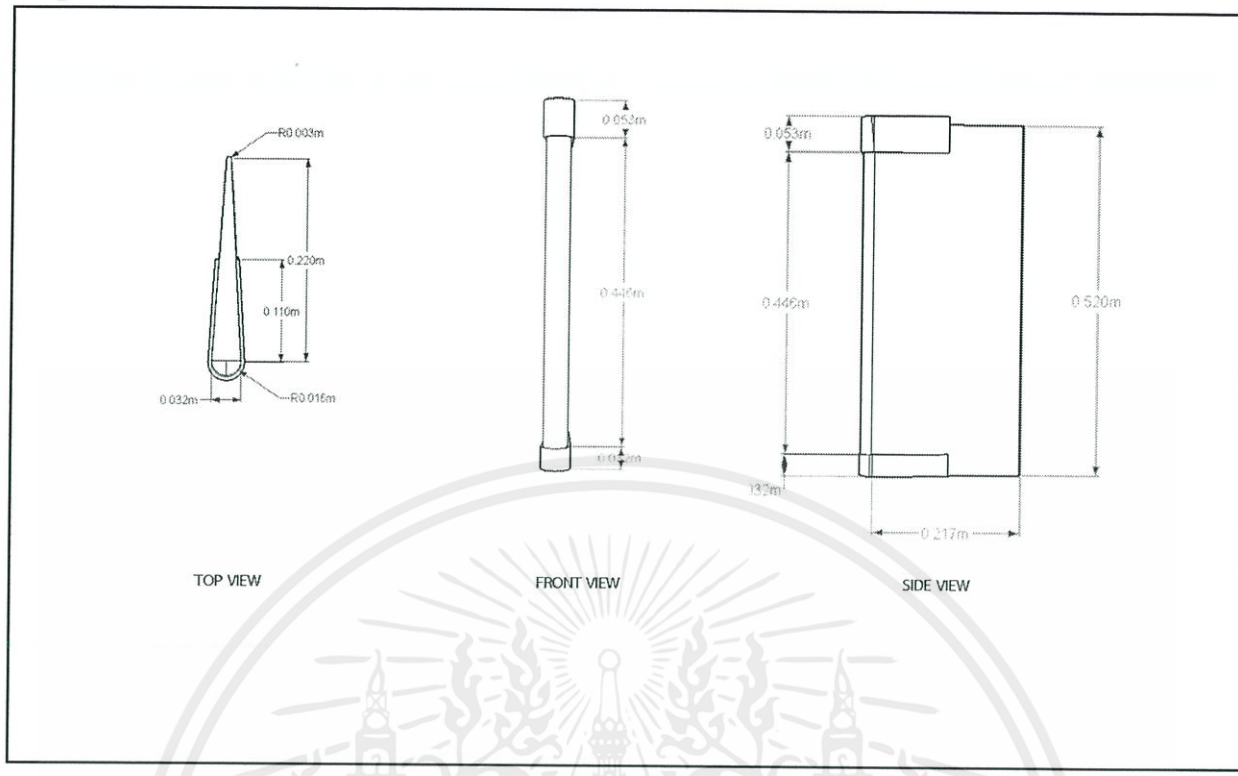


ภาพที่ ข.5.1 ภาพฉายเบาะอากาศ

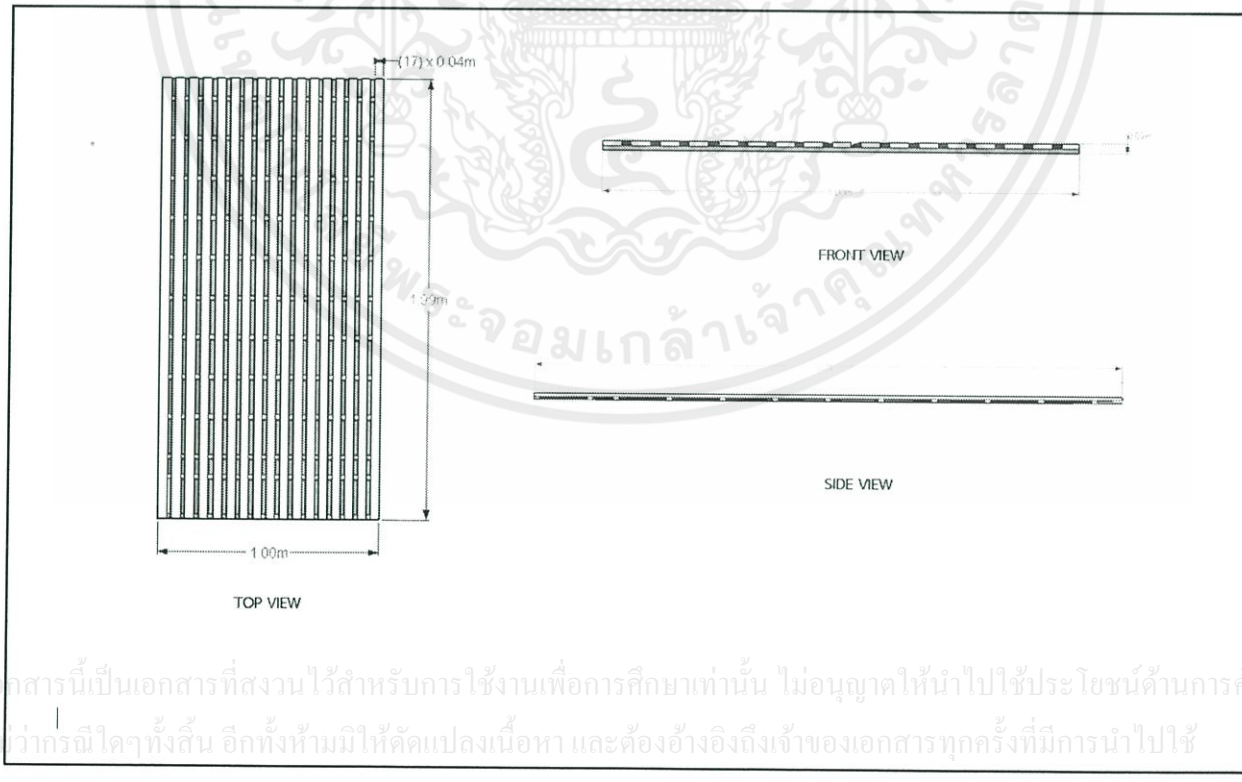


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข.5.2 ภาพฉายการประกอบเบาะอากาศ

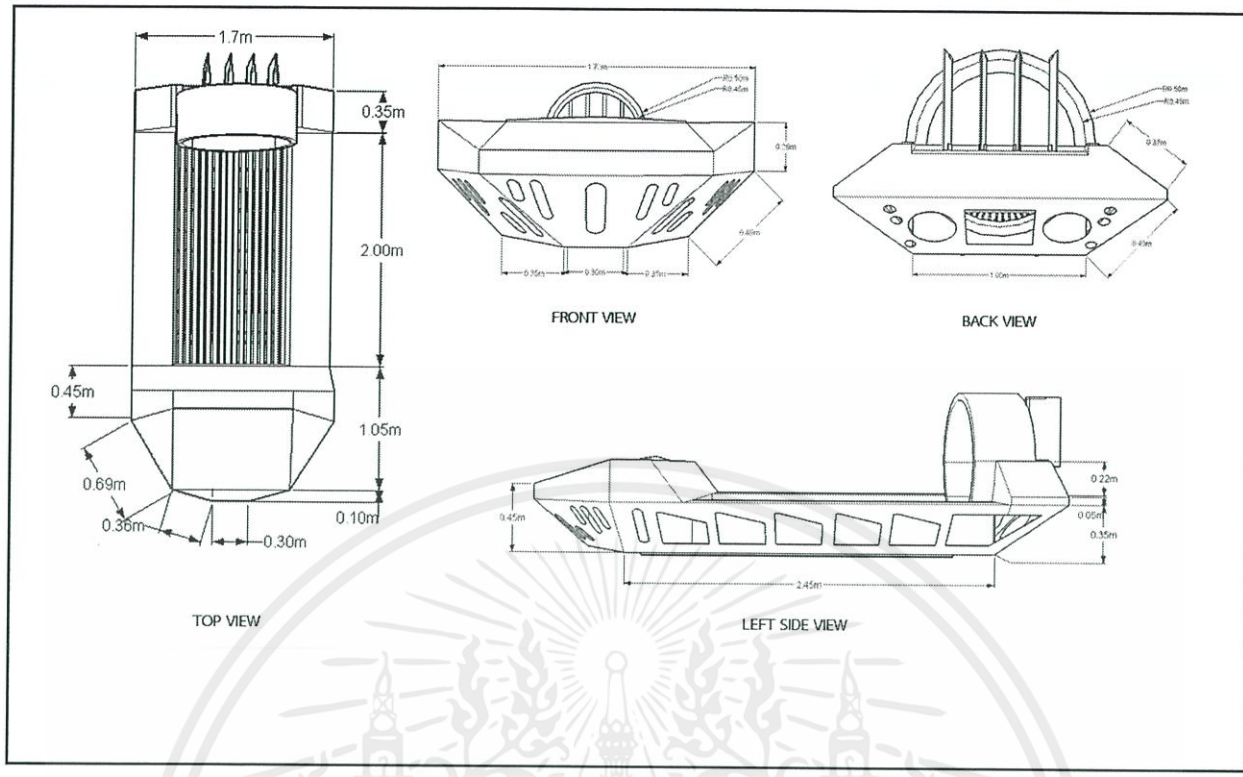


ภาพที่ ข.6 ภาพฉายหางเสือเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

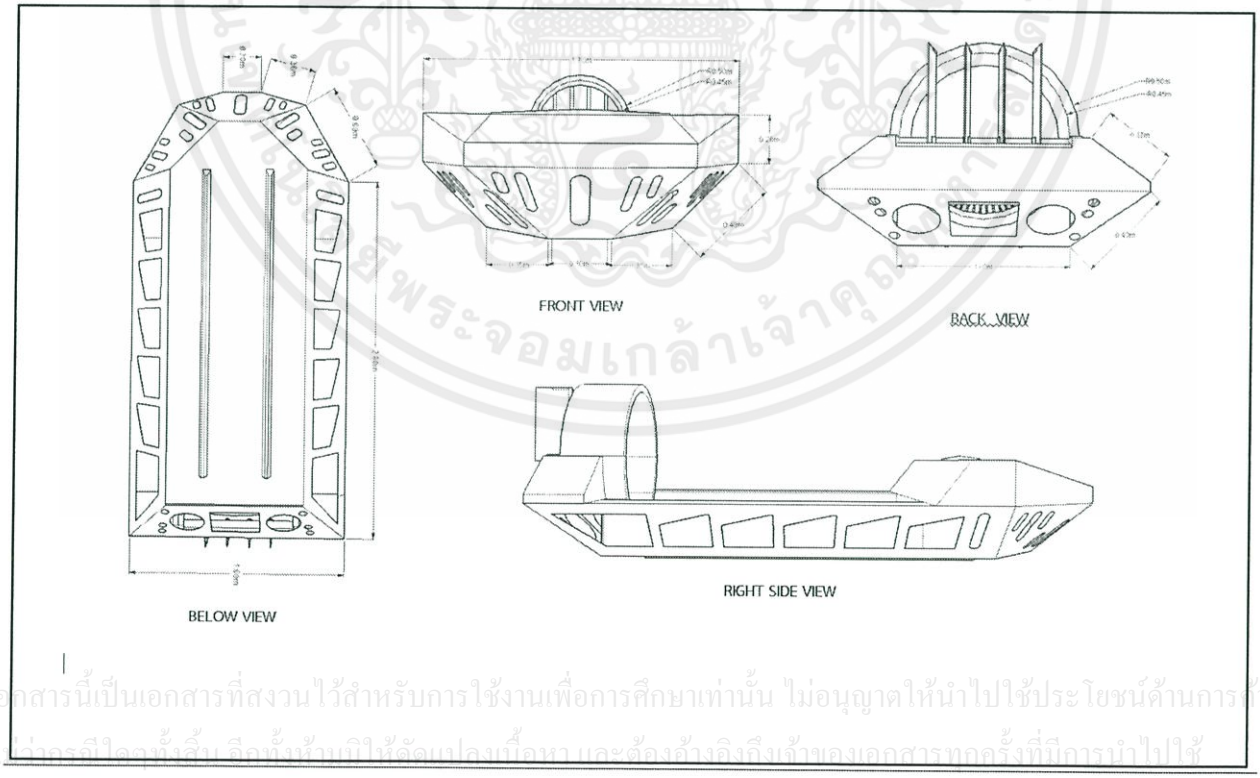


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข.7 ภาพฉายพื้นระแนงเรือสะเทินน้ำสะเทินบก



ภาพที่ ข.8.1 ภาพฉายเรือสะเทินน้ำสะเทินบกแบบที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข.8.2 ภาพฉายเรือสะเทินน้ำสะเทินบกแบบที่ 2

ภาคผนวก ค

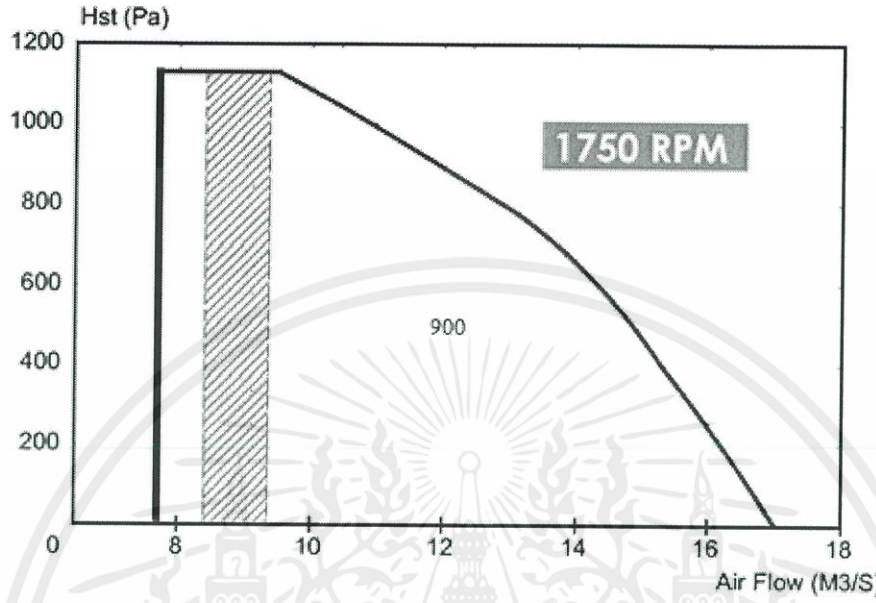
เอกสารแสดงคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เลือกใช้กับ

เรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

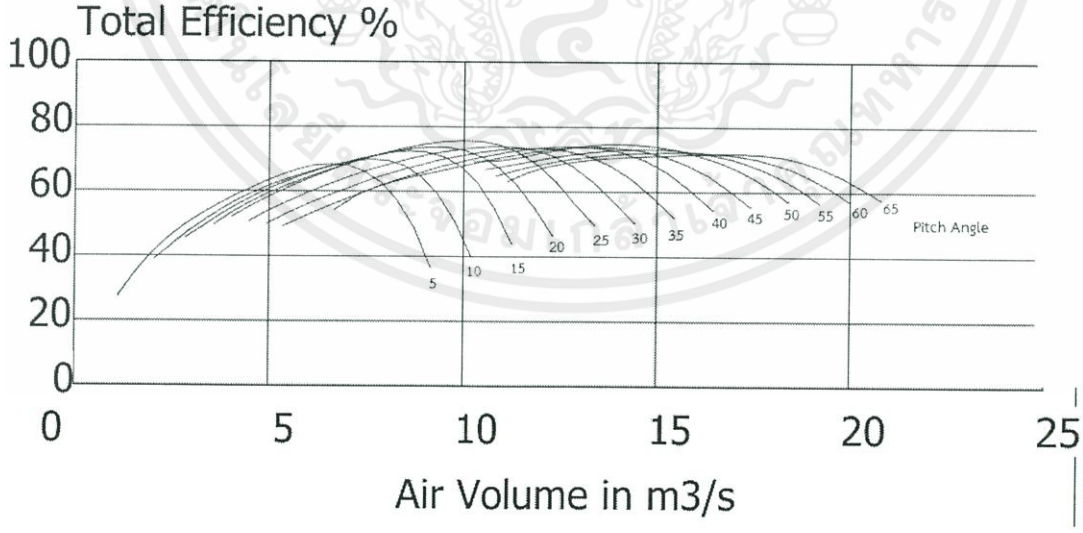
ภาคผนวก ค

ค.1 คุณสมบัติของพัดลมท่อที่เลือกใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก



ภาพที่ ค.1 คุณสมบัติของพัดลมท่อที่เลือกใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

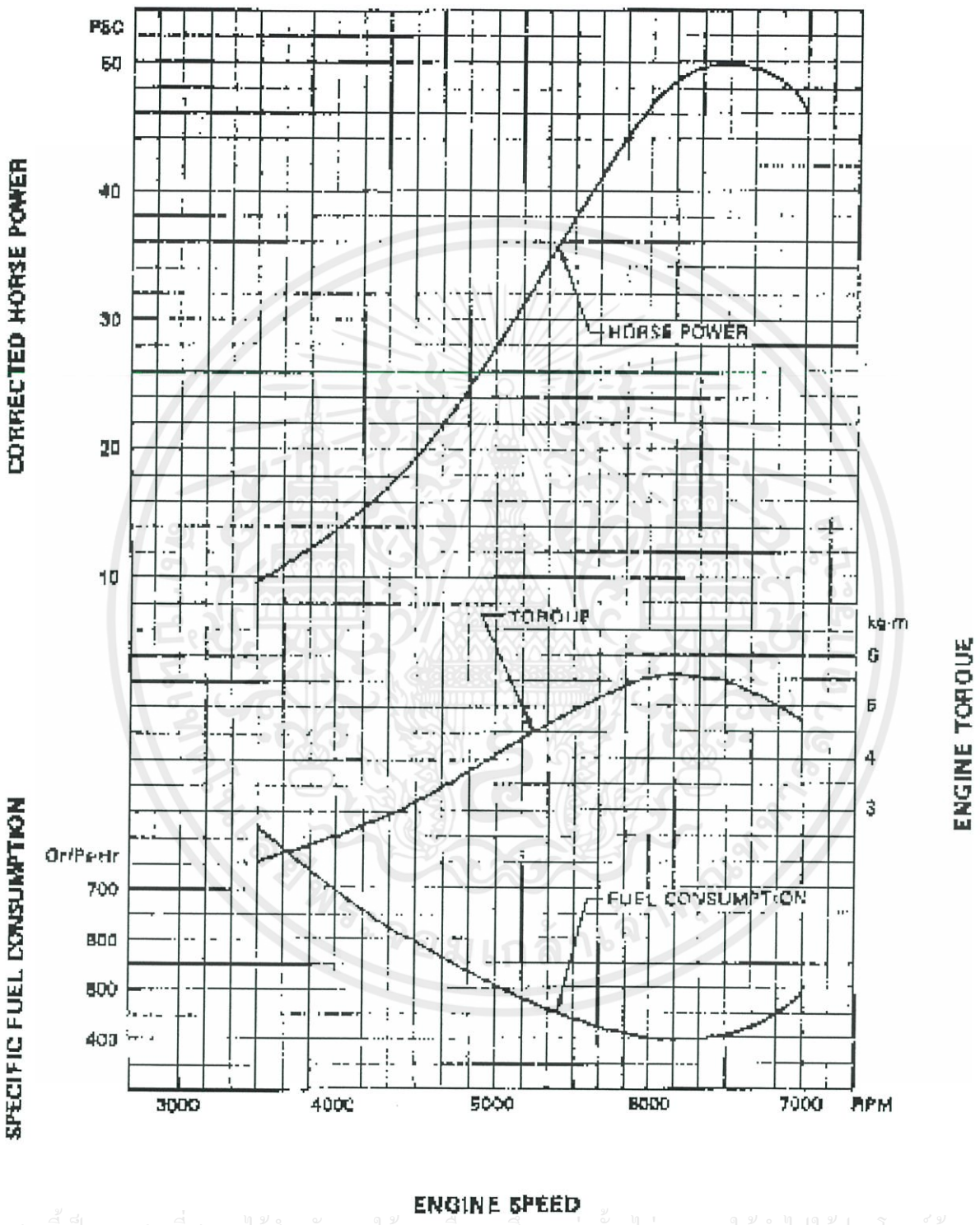
ค.2 ประสิทธิภาพของพัดลมท่อ รุ่น TDA900 ที่เลือกใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก



ภาพที่ ค.2 ประสิทธิภาพของพัดลมท่อ รุ่น TDA900 ที่เลือกใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.3 คุณสมบัติของเครื่องยนต์ Robin EC50pm ที่เลือกใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค.3 คุณสมบัติของเครื่องยนต์ EC50pm ที่เลือกใช้กับเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ภาคผนวก ง

ภาพถ่ายเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

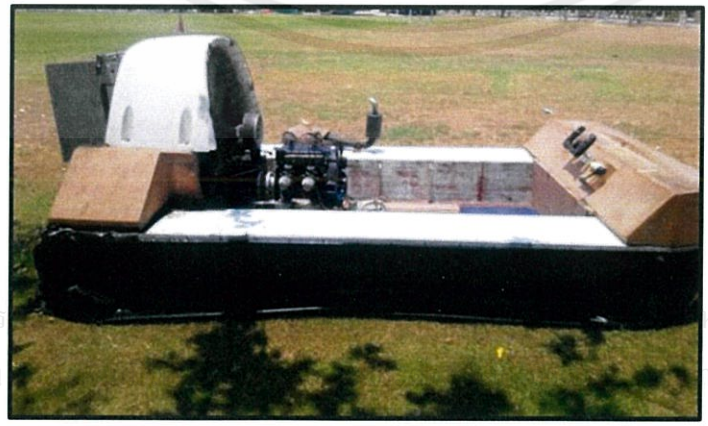
เพื่อการขนถ่ายวัสดุการประมงและผลผลิตทางการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. เรือสะเทินน้ำสะเทินบกพร้อมใช้งาน

ภาพที่ ง.1 ด้านหน้าเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

ภาพที่ ง.2 ด้านหลังเรือสะเทินน้ำสะเทินบก



ภาพที่ ง.3 ด้านข้างเรือสะเทินน้ำสะเทินบก

เอกสารนี้เป็นเอกสาร ห้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ปิติ ฟังปัญญาโรจน์, พีร์ ฐิตธีรเทียรชัย, และมนัสนันท์ รังสิกุล. (2556). การศึกษา ออกแบบและสร้างยานพาหนะต้นแบบเรือสะเทินน้ำสะเทินบกเพื่อการขนถ่ายผลผลิตจากการประมง. กรุงเทพฯ. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[2] Christopher F. and Robert W. 1989, "LIGHT HOVERCRAFT DESIGN", Third Edition

[3] Ferdinand P Beer, E.R., Johnston, and Dewolf. J.T. 2006. MECHANIC OF MATERIALS. Mcgraw-Hill book, Singapore.

[4] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, ชาญ ถนัดงาน, 2543, การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม1, ซีเอ็ดยูเคชั่น

[5] ดร.นภดล อินนา, 2536, กลศาสตร์ของไหล, ซีเอ็ดยูเคชั่น

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

[7] มนตรี พิรุณเกษตร, 2548. กลศาสตร์ของวัสดุ, กรุงเทพฯ: จูนพับลิชชิ่ง.

[8] วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ, พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ, 2544, กลศาสตร์ของไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้