

การเพิ่มความสามารถของเครื่องสูบน้ำโดยใช้ชุดหัวพ่นที่ท่อทางดูด

IMPROVEMENT OF THE WATER PUMP BY APPLYING THE EJECTOR
IN THE SUCTION PIPE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

KMITL-2013-EN-M-100-105

การเพิ่มความสามารถของเครื่องสูบน้ำโดยใช้ชุดหัวพ่นที่ท่อทางดูด

IMPROVEMENT OF THE WATER PUMP BY APPLYING THE EJECTOR
IN THE SUCTION PIPE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

KMITL 2013-EN-M-100-105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPROVEMENT OF THE WATER PUMP BY APPLYING THE EJECTOR
IN THE SUCTION PIPE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2013

KMITL 2013-EN-M-100-105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2013

FACULTY OF ENGINEERING

เอกสาร KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG นี้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มความสามารถของเครื่องสูบน้ำโดยใช้ชุดหัวพ่นที่ท่อทางดูด
Thesis Title Improvement of the Water Pump by Applying the Ejector in the Suction Pipe
นักศึกษา ว่าที่ร้อยตรี เดชา ไชยปัญหา
รหัสประจำตัว 52611510
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2013-EN-M-100-105

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.ประสันท	ชุ่มใจหาญ	
รศ.ดร.วินัย	กล้าจริง	
ดร.กัมปนาท	ขวัญศิริกุล	
ดร.จิราพร	ศรัณยูโณวินชัย จงยิ่งเจริญ	
ผศ.ดร.ทรงวุฒิ	แสงจันทร์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 9 พฤษภาคม พ.ศ. 2556 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 4

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ศาสตราจารย์ ดร.สุชชีวีร์ สุวรรณสวัสดิ์)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ในวันที่ 9 พฤษภาคม พ.ศ. 2556
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเพิ่มความสามารถของเครื่องสูบน้ำโดยใช้ชุดหัวพ่นที่ท่อทาง ดูด
นักศึกษา	ว่าที่ร้อยตรีเดชา ไชยปัญญา
รหัสนักศึกษา	52611510
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร
พ.ศ.	2556
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างชุดหัวพ่นในท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตร โดยทั่วไป เครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตรจะสามารถสูบน้ำได้ที่ระดับความลึกประมาณ 3 ถึง 4 เมตร จนถึง 10 เมตร ได้ทำการออกแบบท่อให้น้ำไหลกลับเข้าสู่ชุดหัวพ่นขณะทำการสูบน้ำ ซึ่งกำหนดใช้ท่อไว้ 2 ขนาด คือ ขนาด 2 นิ้ว และ 2.5 นิ้ว เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ จากการทดลองสูบน้ำ ที่ความเร็วรอบ 1,200 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที โดยใช้เครื่องยนต์ต้นกำลังขนาด 11 แรงม้า สูบเดียว 4 จังหวะ ในการขับเครื่องสูบน้ำ โดยทำการสูบน้ำสำหรับข้าวตั้งแต่เตรียมแปลงจนกระทั่ง เก็บเกี่ยว จำนวน 1,374,000 ลิตร/ไร่ (การทดลองเกษตรชลประทาน 2555) เมื่อไม่ใช้ท่อไหลกลับ ได้ อัตราการไหลสูงสุด 7.9 ลิตร/วินาที (227,520 ลิตร/วัน) ต้องใช้น้ำมันในการเพาะปลูก 127.7 ลิตร จะต้องใช้เงินจำนวน 3,830 บาท/ไร่ เมื่อใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ได้อัตราการไหลสูงสุด 7.8 ลิตร/วินาที (224,640 ลิตร/วัน) ต้องใช้น้ำมันในการเพาะปลูก 129.3 ลิตร จะต้องใช้เงินจำนวน 3,879 บาท/ไร่ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ได้อัตราการไหลสูงสุด 8.1 ลิตร/วินาที (233,280 ลิตร/วัน) ต้องใช้น้ำมันในการเพาะปลูก 124.5 ลิตร จะต้องใช้เงินจำนวน 3,736 บาท/ไร่ และเมื่อเปรียบเทียบการใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว กับไม่ใช้ท่อไหลกลับ จะได้อัตราการไหลมากขึ้นประมาณ 0.2 ลิตร/วินาที (17,280 ลิตร/วัน) ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ถึง 3.2 ลิตร เป็นผลให้ประหยัดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ถึง 96 บาท/ไร่ คิดที่ราคาน้ำมันดีเซลลิตรละ 30 บาท

Thesis Title	Improvement of the Water Pump by Applying the Ejector in the Suction Pipe.
Student	Acting Sub Lt. Decha Chaiphanha
Student ID.	52611510
Degree	Master of Engineering
Program	Agricultural Engineering
Year	2013
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Songvoot Sangchan

ABSTRACT

The purpose of this research was to design and fabricate the injector of the suction pipe of water pump for agriculture. In general, water pumps for agriculture were able to pump water at a depth of about 3 to 4 meters up to 10 meters. The experiment has been designed to use water flow back into the nozzle during pumping. Which the two pipe sizes 2 inches and 2.5 inches for comparison with no use return pipe. The experiment has used pumping speed of 1,200, 1,400 and 1,600 rpm driven by 11 hp diesel engine, single-cylinder four-stroke. To drive the pump pumped water since prepared rice field until harvested about 1,374,000 liters / rai (Experimental Agriculture Irrigation, 2555). The results shown 2.5-inches return pipe was 7.9 liters / second (227,520 liters / day) used fuel about 127.7 liters must paid for 3,830 baht / rai. The result of 2-inches return pipe was 7.8 liters / second. (224,640 liters / day) used fuel about 129.3 liters would have paid for 3,879 baht / rai. The result of 2.5 inches return pipe was 8.1 liters / second (233,280 liters / day) used fuel about 124.5 liters must paid for 3,736 baht / rai. Compared to 2.5-inches return pipe with no-use return flow pipe shown volume flow rate of 2.5-inches return pipe higher than no-use return pipe about 0.2 liters / second (17,280 liters / day) and 3.2 liters of fuel Lower. Cost of fuel savings 96 baht / rai. (The diesel fuel cost was 30 bath / liter)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้เป็นอย่างดี ด้วยความดูแลเอาใจใส่ และคำปรึกษาจาก ผศ. ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ไขปัญหาลดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า อาจารย์วิศณุ ทองเผื่อ (พี่เม่น) ที่คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษา ข้าพเจ้ารู้สึกทราบบ้างใจในความอนุเคราะห์จากอาจารย์ทั้งสองท่าน และ ดร.วรศิลป์ มาลัยทอง จากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติให้ในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า และคณะอาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่เสียสละเวลาอันมีค่ามาทำการสอบในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ครอบครัวหมูโสภัญ ที่ให้ความรัก อบรมดูแล และเอาใจใส่ช่วยเหลือสนับสนุนเป็นอย่างดี ในทุกๆด้าน จนปัญหาอุปสรรคที่ผ่านเข้ามา ผ่านพ้นไปได้ด้วยดี จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ ทั้งภายในและภายนอกสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา และสำคัญที่สุดบุคคลเหล่านี้ที่อยู่เบื้องหลัง คุณสุรียา คุณสรพงษ์ เป็นนายช่างในการผลิตชิ้นงานจนสำเร็จ คุณพิสิทธิ์ คุณนิติพัทธ์ ให้ความช่วยเหลือในการทดลอง จนเสร็จสำเร็จจุลวงไปได้ด้วยดี

ขอบคุณความสุข ความรัก ความเศร้าเสียใจและอุปสรรคปัญหาต่างๆที่ผ่านเข้ามาในช่วงชีวิตหนึ่ง ความทรงจำที่ดี ที่แสนมีค่า ที่มีอาจลืมนั่น

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จจุลวงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เดชา ไชยปัญหา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีเครื่องสูบน้ำ.....	3
2.2 หลักการทำงานของเครื่องสูบน้ำชนิดหอยโข่ง (Volute Pump).....	3
2.3 ลักษณะของเครื่องสูบน้ำชนิดล่อน้ำได้เอง (Self Priming Pump).....	3
2.4 ชนิดการดูด.....	5
2.5 ป้อนน้ำที่สามารถล่อน้ำเอง (Self Priming Pump).....	5
2.6 เทอมและคำจำกัดความต่างๆ (Term and Definitions).....	7
2.7 การประยุกต์ใช้เครื่องสูบบแบบหอยโข่ง.....	15
2.8 การประยุกต์ใช้ในการเกษตร.....	15
2.9 เครื่องสูบน้ำแบบสูบลึก (Jet Pump).....	15
2.10 การทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งที่เฮดสูง (High equivalent head).....	18
2.11 ชนิดของชุดพ่น (Ejector) สำหรับการศึกษ.....	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	21
3.1 การออกแบบและการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น.....	21
3.2 วิธีการทดสอบ.....	21
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบ.....	23
3.4 เครื่องยนต์เล็กต้นกำลังที่ใช้ในการทดสอบ.....	25
3.5 ข้อมูลการออกแบบ.....	27
3.6 ข้อกำหนดในการออกแบบ.....	27
3.7 การทำงานเบื้องต้น.....	27
3.8 การทดสอบประสิทธิภาพ.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.9 การประเมินผลการปฏิบัติการของอุปกรณ์.....	30
3.10 การติดตั้งการทดลอง.....	31
3.11 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	34
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	35
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานต้นแบบ.....	35
4.2 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนสุดท้าย.....	50
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	52
5.1 สรุปผลกาทดลอง.....	52
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	52
เอกสารอ้างอิง.....	53
ภาคผนวก.....	54
ภาคผนวก ก ตารางข้อมูลผลการทดลอง.....	55
ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการวิเคราะห์การทดลอง.....	59
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์โดยใช้ IRRI STAT.....	70
ภาคผนวก ง รูปขั้นตอนต่างๆในการปฏิบัติงาน.....	95
ภาคผนวก จ รูปพื้นที่และการติดตั้งการทดลอง.....	100
ภาคผนวก ฉ รูปการทดลอง.....	103
ภาคผนวก ช ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่.....	107
ประวัติผู้เขียน.....	129

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	ข้อมูลเครื่องสูบน้ำ KATO KND series self-priming รุ่น KND -40.....	7
2.2	คุณสมบัติเครื่องสูบน้ำแบบล่อน้ำด้วยตนเองรุ่น KND-40.....	7
3.1	รายการอุปกรณ์ในขั้นตอนสุดท้าย.....	23
3.2	รายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องยนต์ต้นกำลัง.....	26
3.3	ตัวอย่างของการทดสอบใน CRD.....	34
4.1	เขตความดันที่ตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว กับ 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่แตกต่างกัน.....	36
4.2	เขตความเร็วที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับ ขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วนรอบที่แตกต่างกัน.....	37
4.3	เขตสถิตที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับ ขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วนรอบที่แตกต่างกัน.....	38
4.4	เขตความฝืดที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับ ขนาด 2.5 นิ้วและความเร็วนรอบที่แตกต่างกัน.....	40
4.5	เขตรวมที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วนรอบที่แตกต่างกัน.....	41
4.6	แรงแม่น้ำ (Water Horsepower) ที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วนรอบที่แตกต่างกัน.....	42
4.7	แรงแม่เบรก (Break Horsepower, BHP) ที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับ ขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วนรอบที่แตกต่างกัน.....	44
4.8	อัตราการไหลที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับ ขนาด 2.5 นิ้วและความเร็วนรอบที่แตกต่างกัน.....	45
4.9	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วนรอบที่แตกต่างกัน.....	46
4.10	ค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อกำลังม้าของระบบที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วนรอบ ที่แตกต่างกัน.....	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.11	ค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของระบบที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่แตกต่างกัน.....	49
4.12	ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำที่ตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้วที่แตกต่างกัน.....	51



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
2.1	กราฟแสดงสมรรถนะการทำงานของปั๊มแบบ Self Priming Pump.....	4
2.2	ลักษณะของห้องสูบลมและการทำงานของปั๊มแบบล่อน้ำด้วยตนเอง (Self Priming).....	6
2.3	เครื่องสูบน้ำแบบ Self-priming Pump.....	6
2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างเทอมของความดันต่างๆ.....	8
2.5	เทอมของเสดต่างๆที่ใช้ในงานสูบ.....	10
2.6	การสูญเสียเสด.....	11
2.7	เครื่องสูบน้ำชนิดแบบสูบลิคแบบหอยโข่ง.....	16
2.8	ประเภทของเครื่องสูบน้ำแบบสูบลิค.....	17
2.9	การติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่เสดสูง.....	19
3.1	กรอบกระบวนการที่ใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการศึกษา.....	22
3.2	อุปกรณ์ทดสอบและเครื่องมือ.....	24
3.3	ตำแหน่งการติดตั้งชุดพ่น (Ejector Set) และท่อไหลกลับเข้ากลับท่อทางดูด.....	25
3.4	เครื่องยนต์ดีเซลสูบลมเดี่ยว ยี่ห้อคูโบต้า รุ่น RT110.....	25
3.5	การติดตั้งเครื่องสูบลมแบบสูบลิคแบบหอยโข่ง.....	32
3.6	การใช้ท่อไหลกลับขนาด 2" กับ ขนาด 2.5" และ ไม่ใช้ท่อไหลกลับ.....	33
4.1	เสดความดันในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหล กลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน.....	36
4.2	เสดความเร็วในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับ ขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน.....	37
4.3	เสดสถิตในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับ ขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน.....	39
4.4	เสดความฝืดที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับ ขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน.....	40
4.5	ความสูญเสียรวมที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับ ขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน.....	41
4.6	แรงม้าน้ำ (Water Horsepower) ที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่าง.....	43
4.7	แรงม้าเบรก (Break Horsepower, BHP) ที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน.....	44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.8	อัตราการใช้ของน้ำที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับ ขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน.....	45
4.9	อัตราการใช้เปลี่ยนเชื้อเพลิงที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน.....	47
4.10	ค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการใช้ต่อกำลังม้าของระบบที่ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน.....	48
4.11	การเปรียบเทียบระหว่างอัตราการใช้และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของระบบที่ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน.....	49



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีทรัพยากรธรรมชาติอย่างอุดมสมบูรณ์ เป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีชื่อเสียงในด้านเป็นเมืองอยู่ข้าวอยู่น้ำ ดังคำว่า ในน้ำมีปลา ในนามีข้าว และชวานาเป็นกระดูกสันหลังของชาติ เป็นต้น ซึ่งล้วนแต่แสดงให้เห็นว่าเมืองไทยนี้ เป็นเมืองอุดมสมบูรณ์ด้วยทรัพยากรธรรมชาติมาแล้วในอดีต ปัจจุบันประเทศไทยก็ยังคงเป็นประเทศเกษตรกรรมแต่เป็นเกษตรกรรมที่มีปัญหาหลายประการ ความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้ นา ไร่ สวน สภาพที่ดินทำกิน การผลิตและด้านอื่นๆ ในการทำเกษตรเริ่มมีปัญหาเกิดขึ้นตามมาอีกมากมาย

เกษตรกรส่วนใหญ่ในประเทศไทยทำการเกษตรกรรม โดยที่เกษตรกรส่วนมากทำการเพาะปลูกข้าว ทั้งที่เป็นพื้นที่ราบและที่ดอนโดยขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละภูมิภาค ดังนั้นการท่อน้ำส่งน้ำในพื้นที่ดอนโดยใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal Pump) และเครื่องสูบน้ำท่อพญานาค (Water Pump) เครื่องสูบน้ำจะติดตั้งในพื้นที่ดอน มี 2 รูปแบบดังนี้ คือ 1) การวางท่อตูด ที่เจาะลงพื้นดินหรือบ่อบาดาล และ 2) การวางท่อตูดในคลองชลประทานที่มีอยู่ ระดับของเขตโดยทั่วไปอาจจะประมาณ 10 - 30 เมตร (กิริติ, 2526) ในปี พ.ศ. 2554 วิธีการให้น้ำแบบใช้พลังงานมากในการขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำจึงต้องใช้น้ำมันมากจึงทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ได้ทำการสอบถามเกษตรกร ณ บ้านเชียงยืน ต.เชียงยืน อ.เมือง จ.อุดรธานี ผลจากการทดลองของสถานีทดลองเกษตรชลประทาน กรมชลประทานพอประมวลและวิเคราะห์ได้ว่าการใช้น้ำชลประทานควรประกอบด้วย

1. การใช้น้ำชลประทานเตรียมแปลงตกกล้าและน้ำใช้หล่อเลี้ยงต้นกล้าตลอดอายุ 20 - 30 วัน ประมาณ 210 ม³/ไร่ และน้ำเตรียมแปลงทำเทือกปักดำอีก 440 ม³/ไร่ รวมน้ำใช้ช่วงระยะต้นกล้าและทำเทือกปักดำ 650 ม³/ไร่

2. การใช้น้ำชลประทานสำหรับหล่อเลี้ยงต้นข้าว ตั้งแต่ปักดำจนกระทั่งสุกแก่ควรใช้น้ำซึ่งในกระถางอย่างน้อย 5 - 10 เซนติเมตรและไม่ควรปล่อยให้พื้นที่นาแห้งเกิน 1 วันแต่ปักดำจนกระทั่งข้าวสุกแก่เก็บเกี่ยวประมาณ 695 - 1,200 ม³/ไร่

3. การใช้น้ำชลประทานตั้งแต่เตรียมแปลง การปักดำ ข้าวสุกแก่ตั้งแต่ 1,345 - 1,850 ม³/ไร่ ถ้าคิดประสิทธิภาพการส่งน้ำเฉลี่ย 70 % จะต้องส่งน้ำให้ข้าว 2,690 - 3,145 ม³/ไร่ ซึ่งการแนะนำการใช้น้ำชลประทานนี้ที่แนะนำให้ส่งน้ำซึ่งแปลงนาเพียง 5 - 10 เซนติเมตร ก็เพื่อเป็นการประหยัดน้ำทางด้านระเหยด้วย (กรมชลประทาน, 2555)

ในการศึกษานี้เป็นการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องสูบน้ำแบบสูบลิค (Jet pump) โดยทำการติดตั้งชุดหัวพ่นไว้ในตำแหน่งท่อไหลกลับ ซึ่งชุดหัวพ่นจะเป็นตัวช่วยให้ท่อทางด้านดูดมีแรงดูดยกเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้สามารถนำมาใช้ร่วมกับเครื่องสูบน้ำสำหรับงานชลประทานเพื่อช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายของการสูบน้ำนี้โดยการลดเฮดรวม (Total Dynamic Head, THD) โดยผลกระทบของเครื่องสูบน้ำแบบสูบลิค ที่เฮดรวมลดลงจะส่งผลให้การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลดลงสำหรับการสูบน้ำ ดังนั้นการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่า หมายถึงการประหยัดเชื้อเพลิงสำหรับค่าสูบน้ำเพื่อการชลประทาน ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรลดรายจ่ายต้นทุนการผลิตได้ (วิศณ, 2552)

1.2 วัตถุประสงค์

การศึกษานี้เป็นการพัฒนาและปรับปรุง ความสามารถในการสูบน้ำของปั้มน้ำเพื่อการเกษตร โดยมีวัตถุประสงค์หลักดังนี้

1.2.1 ออกแบบและสร้างชุดพ่นในท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตร

1.2.2 ทดสอบอัตราการไหลในการสูบน้ำ ของท่อทางดูดที่ได้ติดตั้งชุดพ่น (Ejector Set) เพื่อหาท่อไหลกลับที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ทำการออกแบบและสร้าง ชุดพ่น (Ejector Set) สำหรับติดตั้งในท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำขนาด 4"×4" ขับด้วยเครื่องยนต์เล็กขนาด 11 แรงม้า (Kubota) โดยใช้ท่อไหลกลับสำหรับเปรียบเทียบขนาด 2" และ 2.5" ทำการทดสอบความสามารถในการสูบน้ำในพื้นที่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ชุดพ่น (Ejector Set) ที่ติดตั้งในท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำ โดยที่จะสามารถสูบน้ำได้เมื่อมีระยะดูดยกที่สูงขึ้น ใช้กำลังขับของเครื่องยนต์ต้นกำลังน้อยลง ซึ่งจะสามารถลดค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับเกษตรกรได้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะเน้นแนวความคิดต่างๆ ลักษณะและการทำงานของปั๊มชนิดต่างๆและประเภทของเครื่องสูบ รวมถึงลักษณะของเครื่องสูบ ขนาดของเครื่องยนต์ต้นกำลังที่ใช้กับเครื่องสูบน้ำ ฟังก์ชันพื้นฐานของเครื่องสูบ ชนิดของเครื่องสูบในประเทศไทย และส่วนสำคัญของเครื่องสูบ รวมไปถึงค่าที่ใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่าต่างๆที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีเครื่องสูบน้ำ

ในบรรดาเครื่องสูบน้ำที่หลากหลายนั้น เครื่องสูบน้ำโวลูท (หรือที่รู้จักกันแพร่หลายในประเทศไทย หรืออีกชื่อหนึ่งคือเครื่องสูบหอยโข่ง (Volute pump) ถือเป็นเครื่องสูบน้ำที่ได้รับการพัฒนาก้าวหน้ามากที่สุด เพราะสามารถสูบน้ำได้ในอัตราที่สูง และมีการใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ (เทคนิค/เอ็มแอนด์อี บจ, 2552)

2.2 หลักการทำงานของเครื่องสูบน้ำชนิดหอยโข่ง (Volute pump)

เครื่องสูบน้ำชนิดโวลูท ดูดน้ำและส่งน้ำได้อย่างไรนั้นในสมัยที่เราเป็นเด็กเราคงเคยทดลองเล่น โดยให้น้ำหยดบนร่มที่กำลังหมุน น้ำหยดเล็กๆ จะถูกเหวี่ยงให้กระจายออกจากร่มที่กำลังหมุนอยู่นั้นในทำนองเดียวกันถ้าเราขวางตุ้มซ้อน เราต้องหมุนตัวเราให้เร็วที่สุดก่อน เพื่อที่จะขวางตุ้มซ้อนให้ได้ไกลที่สุดเท่าที่จะไกลได้

ทำการทดลอง โดยอาศัยเครื่องมือง่ายๆ เมื่อใบพัด (Impeller) ที่ก้นของอุปกรณ์หมุนน้ำจะหมุนตามไปด้วย การหมุนทำให้ผิวน้ำยุบตัวต่ำที่สุดตรงส่วนกลาง และระดับน้ำสูงสุดตามบริเวณขอบของอุปกรณ์ เหตุผลก็คือว่าน้ำเคลื่อนที่ออกจากศูนย์กลางของการหมุนภายใต้การกระทำของแรงหนีศูนย์กลางที่เกิดจากการหมุนนั้น ความดันภายในของน้ำจะลดที่บริเวณศูนย์กลางแต่จะเพิ่มมากขึ้นที่บริเวณขอบ

โดยหลักการแล้วเครื่องสูบน้ำชนิดโวลูทก็เหมือนกับอุปกรณ์ทดลอง คือเมื่อใบพัดในเครื่องสูบหมุน ความดันของน้ำจะเพิ่มมากขึ้น เพราะแรงหนีศูนย์กลางน้ำจะถูกเหวี่ยงออกจากบริเวณศูนย์กลางการหมุนอย่างต่อเนื่อง (ภัทรภรณ์และวัชร, 2543)

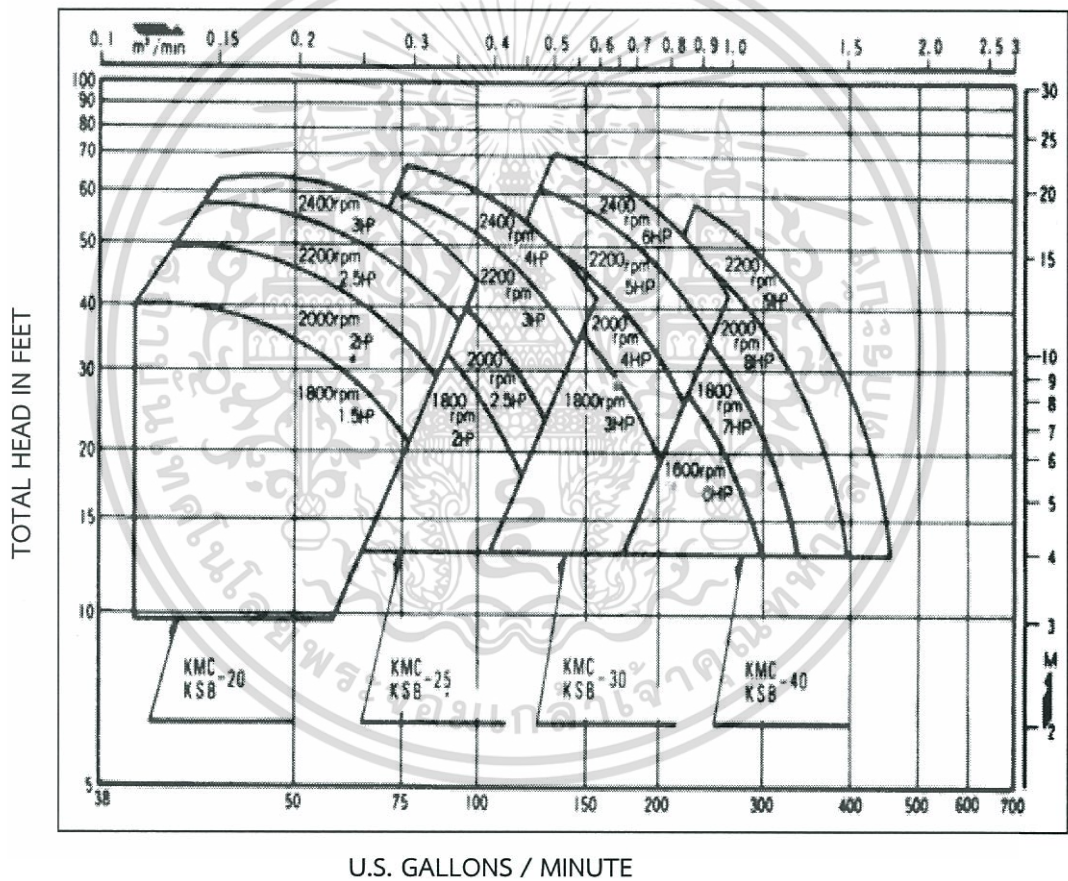
2.3 ลักษณะของเครื่องสูบน้ำชนิดล่อน้ำได้เอง (Self Priming Pump)

โดยปกตินั้นจะใช้ตัวแปร 4 ตัวแปร เป็นเครื่องบอกลักษณะการทำงานของเครื่องสูบน้ำแต่ละขนาด ลักษณะการทำงานของเครื่องสูบน้ำแต่ละขนาดโดยใช้ตัวแปร 4 ตัวเป็นตัววัดเรียกว่า พฤติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะ (characteristic) ของเครื่องสูบน้ำ ตัวแปรเหล่านี้ได้แก่อัตราการสูบน้ำ, เฮดหรือความสูงของน้ำที่สามารถส่งขึ้นไปได้, กำลังที่เพลา และประสิทธิภาพ

1. อัตราการสูบน้ำ (Flow Rate) หมายถึงปริมาณ หรือจำนวนของน้ำที่เครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่องสูบน้ำได้ต่อหน่วยของเวลา โดยมากจะใช้หน่วยของอัตราการสูบน้ำ $\text{m}^3 / \text{นาที่}$ หรือ ลิตร/นาที่ อย่างไรก็ตามขนาดของเครื่องสูบน้ำนิยมเรียกตามขนาดของท่อดูด ดังนั้นมาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (JIS) จึงได้จัดทำตารางเครื่องสูบน้ำที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดท่อดูดที่เหมาะสมที่อัตราการสูบน้ำหนึ่งๆ ของปั๊มน้ำยี่ห้อ Kato-Self Priming pump รุ่น KND-40 สามารถผลิตแรงม้าสูงสุดที่ 9 แรงม้า ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 2200 RPM ให้อัตราการไหลประมาณ 300 US Gallons/ minute ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กราฟสมรรถนะการทำงานของปั๊ม (ภัทรภรณ์และวัชร, 2543)

2. เฮด (Head) คือแรงดัน หรือความสูงที่เครื่องสูบน้ำทำได้ หน่วยความสูงของน้ำที่เป็นค่าเฮด และใช้หน่วยเป็นเมตร (m) พฤติลักษณะของเครื่องสูบน้ำแบบโวลูทิกคือ อัตราการไหลจะเป็นปฏิภาคกลับกับเฮด หรืออีกนัยหนึ่งก็คือว่าถ้าอัตราการไหลสูงเฮดจะต่ำ และถ้าอัตราการไหลต่ำเฮดจะสูง เราสามารถสร้างชาร์ตแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับเฮดได้โดยให้เฮดอยู่ในแนวแกนตั้ง และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหลในแนวแกนนอน อัตราการไหลที่เฮดต่างๆ เมื่อกำหนดแต่ละค่า และเชื่อมต่อดูด (พล็อต) เหล่านี้ด้วยกันก็จะได้เส้นโค้งที่ลดต่ำลงจากซ้ายไปขวา

3. กำลังเพลลา (Shaft power) กำลังของเครื่องต้นกำลังเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการขับเพลลาของเครื่องสูบน้ำให้หมุนตามรอบที่กำหนด กำลังเครื่องดูดถ่ายทอดผ่านเพลลาไปสู่เพลลาของเครื่องสูบน้ำ เรียกว่า กำลังเพลลา ถ้าเราจะสร้างชาร์ตแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเพลลากับอัตราการไหล เราก็สามารถทำได้เช่นเดียวกับชาร์ตแสดงความสัมพันธ์ของเฮดกับอัตราการไหล โดยให้แกนนอนเป็นอัตราการไหลเหมือนเดิม แต่ให้แกนตั้งเป็นกำลังเพลลาแทน ในกรณีเช่นนี้กราฟจะโค้งตลกจากขวาไปซ้าย กำลังของเครื่องสูบน้ำจะต้องมีมากพอที่จะชดเชยกำลังที่สูญเสียไปในเพลลา โดยปกติแล้วจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นเครื่องต้นกำลัง ในกรณีอย่างนี้จะคิดเป็นกิโลวัตต์ (kW) แต่ถ้าเป็นเครื่องสูบน้ำเป็นเครื่องยนต์กำลังสูบคิดเป็นแรงม้า (hp)

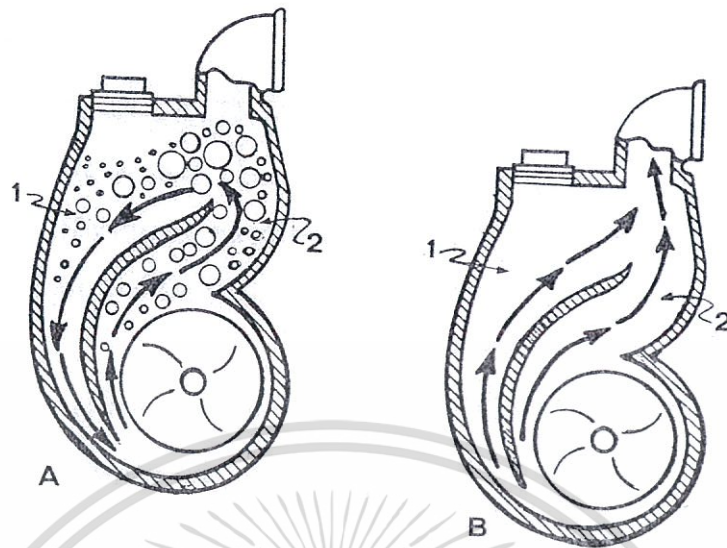
4. ประสิทธิภาพ (Efficiency) สัดส่วน (Ratio) ของงานที่ได้จากเครื่องสูบน้ำ (หมายถึง กำลังที่ใช้ในการยกน้ำทางทฤษฎี) เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังของเพลลาที่ได้จากเครื่องดูด เรียกว่าประสิทธิภาพ ค่านี้มักจะแสดงหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) เส้นโค้งแสดงพฤติกรรมลักษณะของเครื่องสูบน้ำเมื่อใช้แกนตั้งเป็นประสิทธิภาพ และแกนนอนเป็นอัตราการไหล

2.4 ชนิดการดูดน้ำ (Suction type)

ดูดน้ำทางเดียว (Single Suction) และ ดูดน้ำสองทาง (Double Suction) ในกรณีที่ทางดูดน้ำทางเดียวไม่เพียงพอที่จะดูดปริมาณน้ำมากๆ จะมีปั๊มน้ำชนิดที่มี 2 ใบพัดวางหลังชนกัน และมีทางดูดน้ำอยู่ทั้ง 2 ข้าง ซึ่งอาจเรียกว่าปั๊มแบบดูดน้ำสองทาง ปั๊มแบบทางดูด 2 ทางสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และรุนแรงตามแนวแกน จะสมดุลทางทฤษฎี อย่างไรก็ตามเนื่องจากโครงสร้างปั๊มที่ซับซ้อน ทำให้มีการใช้งานเฉพาะค่อนข้างจำกัด (กิริติ, 2526)

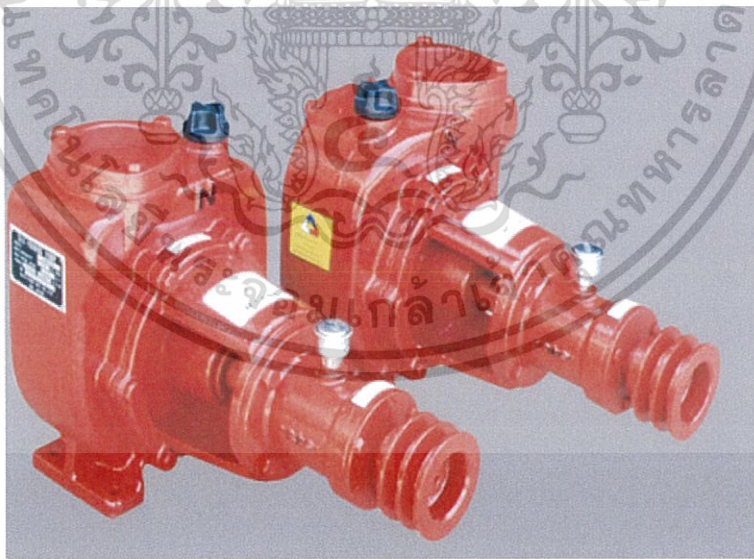
2.5 ปั๊มน้ำที่สามารถล่อน้ำเอง (Self-Priming Pump)

ปั๊มเซนตริฟูกอล บางแบบสามารถล่อน้ำด้วยตนเองได้โดยมีการออกแบบห้องสูบเป็นพิเศษดังรูปที่ 2.2 ปั๊มเซนตริฟูกอล แบบนี้เรียกว่าเป็นแบบล่อน้ำด้วยตนเอง (Self Priming) ห้องสูบของปั๊มแบบนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 และ 2 ดังแสดงในรูปเมื่อเริ่มใช้ครั้งแรก จะต้องเติมน้ำในห้องสูบเช่นเดียวกับกับแบบอื่นๆ แต่ไม่จำเป็นต้องไล่อากาศออกจากท่อดูดจนหมด เมื่อเดินเครื่องใบพัดซึ่งมีน้ำท่วมอยู่ก็จะสร้างสุญญากาศขึ้นและดูดอากาศมาจากท่อดูด อากาศที่ถูกดูดปนมากับน้ำก็จะถูกส่งออกไปในส่วนที่ 2 อากาศซึ่งเบาว่าก็จะลอยอยู่ส่วนบนแต่น้ำซึ่งหนักกว่าจะไหลย้อนมาเข้าส่วนที่ 1 และเข้ามาหล่อเลี้ยงใบพัดอีก วนเวียนอยู่เช่นนี้จนกระทั่งอากาศในท่อถูกไล่จนหมดและปั๊มทำงานเต็มในส่วนที่ 1 และ 2 ก็จะกลายเป็นที่รวมน้ำจากใบพัดออกไปสู่ทางจ่ายของปั๊มเช่นเดียวกันทั้งสองช่องโดยไม่มีการไหลเวียนกลับมาอีก เมื่อหยุดเดินเครื่องก็จะมีน้ำส่วนหนึ่งที่เหลืออยู่ในห้องสูบและพร้อมที่จะทำงานได้ทันทีโดยไม่ต้องเติมน้ำอีก (วิบูลย์, 2529)



ก) การทำงานขณะดูดอากาศออกจากท่อจุด ข) เมื่อทำงานเต็มที่หลังจากกำจัดอากาศออกหมดแล้ว

รูปที่ 2.2 ลักษณะของห้องสูบและการทำงานของปั๊มแบบล่อน้ำด้วยตนเอง (Self Priming) (ภัทรภรณ์และวัชระ, 2543)



รูปที่ 2.3 เครื่องสูบน้ำแบบล่อน้ำด้วยตนเอง (Self-priming Pump)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลเครื่องสูบน้ำ KATO KIND series self-priming รุ่น KIND-40 รูปที่ 2.3

รุ่น	ขนาด	ระยะดูด ยก	เฮดรวม (สูงสุด)	อัตราการไหลปกติ 2000 รอบ/นาที	ประสิทธิภาพ (สูงสุด)	กำลังงาน ที่ใช้
KIND40	4"	23ft(7m)	85ft(25m)	33ft-120U.S. GPM	150U.S.GPM	3-6HP

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติเครื่องสูบน้ำแบบล่อน้ำด้วยตนเองรุ่น KIND-40 รูปที่ 2.3

รายการ	รายละเอียด
รุ่น	KMC
ขนาด	4 นิ้ว
ประเภท	Self Priming
อัตราการไหล	150 - 480 U.S.GPM
เฮดรวม	21-25 เมตร
ชนิดของใบพัด	แบบเปิด
โครงสร้าง	เหล็กหล่อ
เพลลา	เหล็กเหนียว หรือ แสตนเลส
การหมุน	ซ้าย/ขวา
ความเร็วในการทำงาน	1450 – 2200 รอบ/นาที

2.6 เทอมและคำจำกัดความต่างๆ (Terms and Definitions)

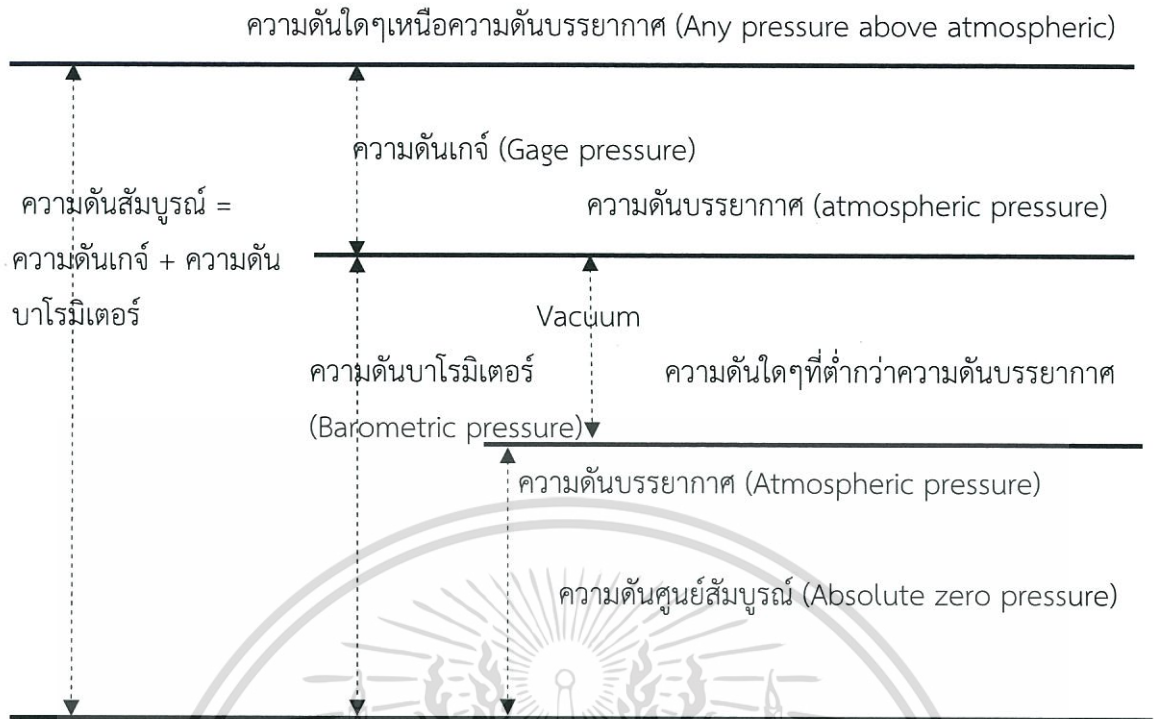
เทอมและคำจำกัดความต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสูบน้ำ เป็นสิ่งจำเป็นที่วิศวกรควรทราบเพื่อจะได้ไม่สับสนกับการพิจารณาเลือกเครื่องสูบน้ำจากเอกสารที่บริษัทผู้ผลิตจัดทำ เทอมต่างๆ ประกอบด้วย

2.6.1 ความดัน (Pressure) เทอมของความดันที่มักพบในงานเครื่องสูบน้ำ ได้แก่ ความดันสัมบูรณ์ (Absolute pressure) ความดันบาโรเมตริก (Barometric pressure) และความดันเกจ (Gage pressure) ส่วนเทอม Vacuum ใช้กับการใช้งานที่ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเทอมของความดันต่างๆ ในงานสูบน้ำ ซึ่งแต่ละเทอมมีความหมายดังนี้

1. ความดันสัมบูรณ์ คือ ความดันที่มีค่ามากกว่าความดันศูนย์สัมบูรณ์ ซึ่งอาจจะมี

ค่ามากกว่า หรือน้อยกว่าความดันบรรยากาศ ณ ตำแหน่งที่พิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างทอมของความดันต่างๆ (ภทรรณและวัชระ, 2543)

2. ความดันบาโรเมตริก คือ ความดันบรรยากาศ ของตำแหน่งที่ทำการวัดและเปลี่ยนแปลงไปตามระดับความสูงและสภาวะภูมิอากาศ

3. ความดันเกจ คือ ความดันที่มีค่ามากกว่าความดันบรรยากาศ ณ ตำแหน่งนั้น หากพิจารณาความดันสัมบูรณ์ ณ ตำแหน่งใดๆ เหนือความดันบรรยากาศ จะได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{ความดันสัมบูรณ์} &= \text{ความดันเกจ} + \text{ความดันบาโรมิเตอร์} \\ &= \text{ความดันเกจ} + \text{ความดันบรรยากาศ} \end{aligned}$$

4. Vacuum คือ ความดันที่มีค่าติดลบ หรือความดันที่มีค่าน้อยกว่าความดันบรรยากาศ

ความดันที่มีหน่วยเป็น แรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หน่วยของความดันที่จะกล่าวต่อไปนี้ได้แก่ กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (kg/cm^2), ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi) และบรรยากาศ (atm)

2.6.2 เฮดความดัน (Pressure Head, H_p) ค่าความดันนอกจากจะบอกเป็นแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เช่น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) แล้ว ถ้าเป็นความดันของของเหลวก็มักจะนิยมบอกเป็นแท่งความสูงของของเหลวที่จะก่อให้เกิดความดันที่กำหนดบนผิวหน้า ซึ่งรองรับแท่งของเหลวนั้น ความดันซึ่งบอกเป็นแท่งความสูงของของเหลวนั้นเรียกว่า เฮดความดัน (Pressure Head)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน p และเฮดความดัน H_p คือ

$$H_p = \frac{p}{\gamma} = \frac{p}{\rho g} \quad (2.1)$$

เมื่อ

H_p = เฮดความดัน (นิวตันต่อตารางเมตร)

P = ความดันในหน่วยของ แรง/พื้นที่

γ = ความถ่วงจำเพาะของของเหลว

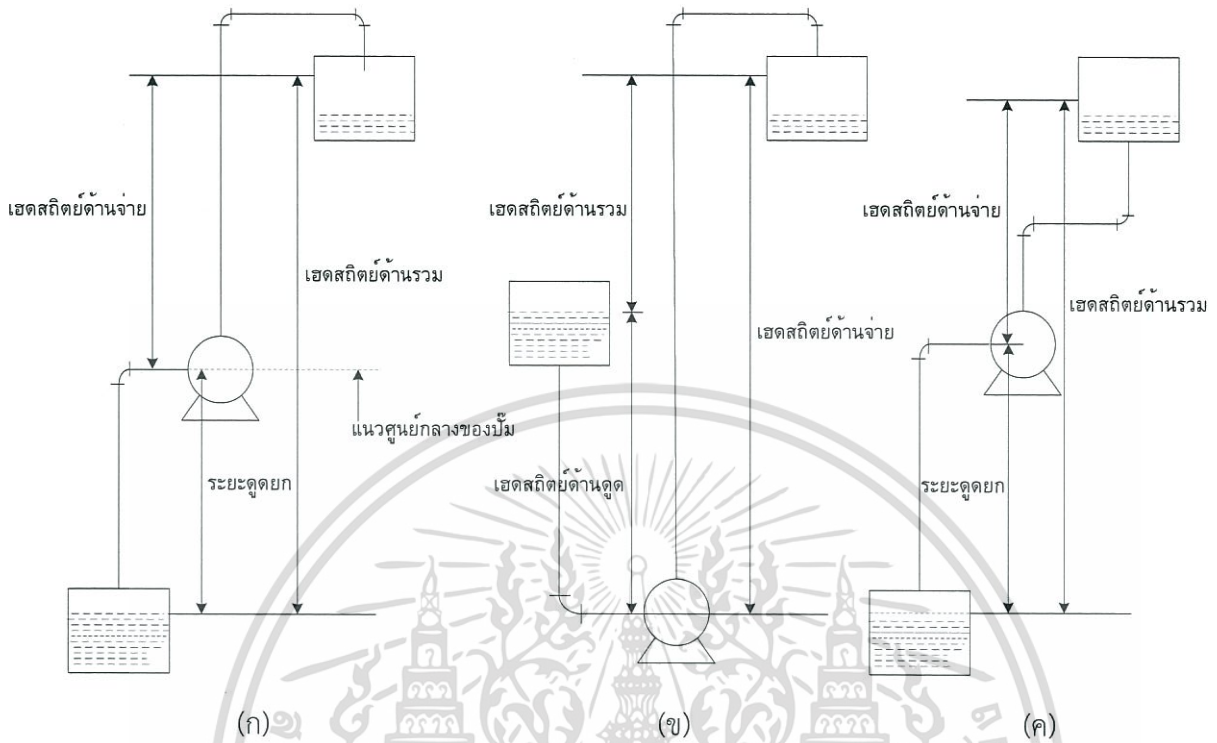
ρ = ความหนาแน่นของของเหลว

g = อัตราเร่งจากแรงดึงดูดของโลก

2.6.3 เฮดสถิตย์ (Static Head, H_s) ในการทำงานของปั๊มโดยทั่ว ๆ ไปของเหลวจะถูกเพิ่มพลังงานเพื่อให้มันไหลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งซึ่งอยู่สูงกว่า ความดันซึ่งคิดเป็นแท่งความสูงของของเหลวที่กระทำต่อศูนย์กลางของปั๊มทั้งทางด้านดูดและด้านจ่ายในขณะที่ความเร็วของการไหลผ่านระบบเป็นศูนย์เรียกว่า เฮดสถิตย์ (Static Head)

ตามรูปประยะทางในแนวตั้งที่บอกเป็นแท่งความสูงของของเหลว หรือเฮดจากศูนย์กลางของปั๊มถึงปลายของท่อจ่ายเรียกว่า เฮดสถิตย์ด้านจ่าย (Static Discharge Head) ระยะจากจุดศูนย์กลางของปั๊มถึงระดับผิวของของเหลวที่ปลายของท่อดูดซึ่งอยู่สูงกว่า (รูปที่ 2.5 ข) เรียกว่า เฮดสถิตย์ด้านดูด (Static Suction Head) ถ้าผิวของของเหลวอยู่ต่ำกว่า (รูปที่ 2.5 ก) และความดันที่ศูนย์กลางของปั๊มจะมีค่าเป็นลบ ในกรณีนี้จะเรียกว่า ระยะดูดยก (Static Suction Lift) แทน

2.6.4 เฮดสถิตย์รวม (Total Static Head) ก็คือผลต่างทางพีชคณิตของเฮดสถิตย์ด้านจ่าย (Static Discharge Head) กับเฮดสถิตย์ด้านดูด (Static Suction Head) ค่าดังกล่าวนี้เป็นเฮดต่ำสุดที่ปั๊มจะต้องเพิ่มให้แก่ของเหลวก่อนที่จะมีการไหลเกิดขึ้น

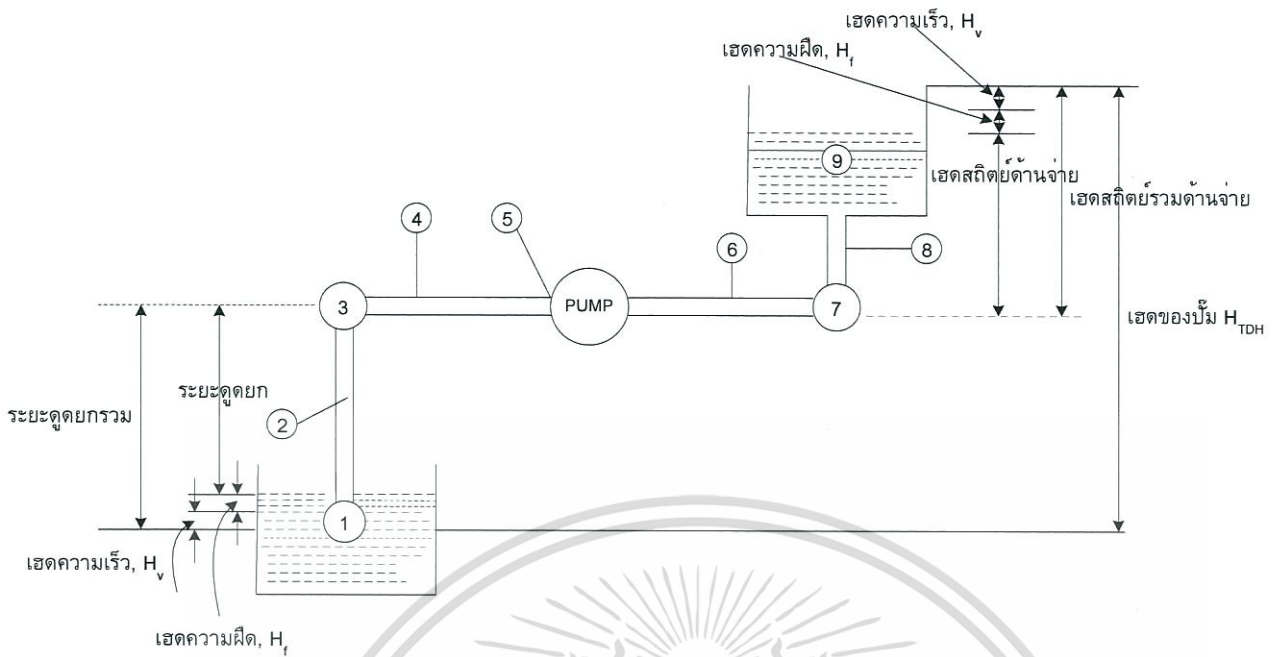


รูปที่ 2.5 เทอมของเฮดต่างๆที่ใช้ในงานสูบ

2.6.5 เฮดความฝืด (Friction Head, H_f) ในขณะที่ของเหลวไหลผ่านระบบท่อทั้งด้านดูดและจ่ายพลังงานหรือเฮดในการไหลส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปเนื่องจากความฝืดระหว่างของเหลวกับผนังของท่อและส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งเราเรียกว่า เฮดความฝืด (Friction Head)

ในระบบสูบน้ำโดยทั่ว ๆ ไป การเสียเฮดเนื่องจากความฝืดอาจเกิดขึ้นได้หลายจุดดังตัวอย่าง (รูปที่ 2.6) การเสียเฮดทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลผ่านระบบท่อซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ดังนั้นขณะที่ปั๊มกำลังทำงาน ระยะเวลาดูดยกที่เพิ่มขึ้นจริงจะเท่ากับระยะเวลาดูดยก (Static Suction Lift) รวมกับเฮดความฝืดทางด้านดูดทั้งหมดตั้งแต่ จุดที่ 1 ถึง จุด 5 ในกรณีนี้ของเหลวทางด้านดูดอยู่สูงกว่าศูนย์กลางของปั๊ม เฮดด้านดูดรวม (Total Static Head) ที่เกิดขึ้นจริงจึงเท่ากับเฮดสถิตยต์ด้านดูด (Static Suction Head)

สำหรับทางด้านจ่ายก็เช่นเดียวกัน คืออาจจะรวมการเสียเฮดที่จุดที่ 6 ถึง 9 เข้าด้วยกันเป็นเฮดความฝืด และเฮดรวมด้านจ่าย (Total Discharge Head) ที่เกิดขึ้นจริงในขณะที่ปั๊มการทำงานจะเท่ากับเฮดสถิตยต์ด้านจ่ายรวมกับเฮดความฝืดทั้งหมดทางด้านจ่าย



รูปที่ 2.6 การสูญเสียเฮด

จุดที่ 1 เป็นการเสียเฮดความเร็วเนื่องจากการไหลเข้าท่อ (Entrance loss) ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปทรงและอุปกรณ์ที่ปลายท่อดูด

จุดที่ 2 เป็นการเสียเฮดเนื่องจากความฝืดระหว่างของเหลวกับผนังท่อ

จุดที่ 3 เป็นการเสียเฮดเนื่องจากการเปลี่ยนทิศทางการไหล

จุดที่ 4 เป็นการเสียเฮดในเส้นท่อเหมือนจุดที่ 2

จุดที่ 5 เป็นการเสียเฮดที่อุปกรณ์ทางด้านดูดของปั๊มลบด้วยเฮดความฝืดทั้งหมดทางด้านดูด

สำหรับทางด้านจ่ายก็เช่นเดียวกัน คืออาจจะรวมการเสียเฮดที่จุดที่ 6 ถึง 9 เข้าด้วยกันเป็นเฮดความฝืด และเฮดรวมด้านจ่าย (Total Discharge Head) ที่เกิดขึ้นจริงในขณะที่ยังมีการทำงานจะเท่ากับเฮดสถิตย์ด้านจ่ายรวมกับเฮดความฝืดทั้งหมดทางด้านจ่าย (คมสันต์, 2543)

2.6.6 เฮดความเร็ว (Velocity Head, H_v) ของเหลวที่ไหลในท่อหรือทางน้ำเปิดด้วยความเร็วใด ๆ นั้นมีพลังงานจลน์อยู่พลังงานในส่วนนี้เมื่อบอกในรูปของเฮดคือ

$$H_v = \frac{v^2}{2g} \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$$\begin{aligned}
 H_v &= \text{เฮดความเร็ว (นิวตันต่อตารางเมตร)} \\
 v &= \text{ความเร็วของการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)} \\
 g &= \text{ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (นิวตัน)}
 \end{aligned}$$

เฮดความเร็วอาจให้กำจัดความได้อีกอย่างหนึ่งว่า เป็นความสูงที่ของเหลวตกลงมาด้วย แรงดึงดูดของโลกจนได้ความเร็วเท่ากับความเร็วในการไหลของของเหลวนั้น

2.6.7 เฮดรวม (Total Head, H_T) เฮดรวมของน้ำ ณ จุดใดจุดหนึ่ง ก็คือพลังงานทั้งหมดของน้ำที่บอกในรูปของเฮดของน้ำ ณ จุดนั้น ๆ

\therefore เฮดรวม = เฮดความดัน + เฮดความเร็ว + เฮดสถิตย์

$$H_T = H_p + H_v + H_s = \left[\frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \right] \times z \quad (2.3)$$

เฮดสถิตย์ (z) = ความสูงของของเหลว (เมตร)

ความแตกต่างระหว่างเฮดรวมของ 2 จุด ในกรณีที่ไม่มีการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวก็คือเฮดความฝืดระหว่าง 2 จุดนั้น ฉะนั้นเฮดความฝืดระหว่างจุดที่ 1 และจุดที่ 2

$$H_{f12} = \left[\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} \right] + \left[\frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \right] + [z_1 - z_2] \quad (2.4)$$

ในกรณีที่จุดที่ 1 อยู่ที่ทางเข้าของบ่ิม และจุดที่ 2 อยู่ที่ทางออกของบ่ิม เฮดที่เพิ่มขึ้นก็คือเฮดที่บ่ิมให้แก่ น้ำเฮดที่เพิ่มขึ้นนี้ เรียกว่า เฮดของบ่ิม (Total Dynamic Head หรือ Total Discharge Head, H_{TDH})

$$\begin{aligned}
 H_{TDH} &= H_{T2} - H_{T1} + H_T \\
 &= \left[\frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \right] + z_2 - \left[\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} \right] + z_1 + H_T
 \end{aligned} \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ H_T น้อยมากถือว่าเป็นศูนย์ และระดับทางเข้าและออกของปั๊มอยู่ในระดับเดียวกัน

$$\begin{aligned}
 z_1 &= z_2 \\
 H_{TDH} &= \left[\frac{p_2 - p_1}{\gamma} \right] + \left[\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right] \\
 &= H_{P2} - H_{P1} + H_{V2} - H_{V1}
 \end{aligned} \tag{2.6}$$

2.6.8 ประสิทธิภาพของปั๊ม (η) ประสิทธิภาพของปั๊ม = พลังงานที่ปั๊มให้แก่ น้ำ/พลังงานที่มอเตอร์ให้แก่ น้ำ

$$\eta = \frac{W_o}{W_i} \tag{2.7}$$

เมื่อ

η = ประสิทธิภาพของปั๊ม
 W_o = พลังงานที่ปั๊มให้แก่ น้ำ
 W_i = พลังงานที่เครื่องยนตให้แก่ น้ำ

2.6.9 Water horsepower, (Whp) เป็นพลังงานที่เครื่องสูบให้แก่ของเหลว (Power output) ในหน่วยของแรงม้า ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (Tyler G. Hicks and T.W. Edwards, 1971)

$$Whp = \frac{\gamma QH}{550} \tag{2.8}$$

เมื่อ

Whp = พลังงานที่เครื่องสูบให้แก่ของเหลว (แรงม้า)
 γ = น้ำหนักจำเพาะของของเหลว (กิโลนิวตัน/ลูกบาศก์เมตร)
 Q = อัตราการสูบ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)
 H = Total head (เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับพลังงานที่เครื่องสูบให้แก่ของเหลวในหน่วย กิโลวัตต์ (kN.m/s) สามารถคำนวณได้จาก

$$P_o = \gamma QH \quad (2.9)$$

โดย γ มีหน่วยเป็น kN/m^3 , Q มีหน่วยเป็น m^3/s และ H มีหน่วยเป็น m

2.6.10 Break horsepower, (Bhp) เป็นกำลังงานที่เครื่องสูบได้จากเครื่องยนต์ (Power input) หรือเครื่องยนต์ในหน่วยของแรงม้า เพื่อให้เพิ่มพลังงานให้กับของเหลว เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\text{Bhp} = \frac{Q \times \text{TDH} \times \text{SpGr}}{237 \times \text{Eff}} \quad (2.10)$$

เมื่อ

Bhp = กำลังงานที่เครื่องสูบได้จากเครื่องยนต์ (แรงม้า)

Q = อัตราการไหลของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

TDH = เศรษฐรวม (Total Dynamic Head, เมตร)

SpGr = ความถ่วงจำเพาะของของเหลว

Eff = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบ %

2.6.11 ประสิทธิภาพของเครื่องสูบหรือประสิทธิภาพเชิงกล คือ สัดส่วนของพลังงานที่เครื่องสูบให้แก่ของเหลว (Power output, P_o) กับกำลังงานที่เครื่องสูบได้รับ (Power input, P_i)

$$E_p = \frac{Whp}{Bhp} = \frac{P_o}{P_i} \quad (2.11)$$

เมื่อ

E_p = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบ (แรงม้า หรือ กิโลวัตต์)

Whp = Water Horsepower ของเครื่องสูบ

Bhp = Brake Horsepower ของเครื่องสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างระหว่างการสูบน้ำออกและปริมาณที่เรียกว่า Slip efficiency พลังงานที่ให้ เป็นผลรวมของพลังงานที่ได้และพลังงานที่สูญเสีย (friction and slip)

2.7 การประยุกต์ใช้เครื่องสูบบแบบหอยโข่ง

เครื่องสูบบแบบหอยโข่งเป็นเครื่องสูบที่พบและใช้สูบน้ำในบ่อมากที่สุดในตลาด มีรูปแบบที่แตกต่างและสามารถใช้ได้กับของเหลวประสิทธิภาพสูงและมีช่วงอัตราการไหลและแรงดันที่กว้าง เครื่องสูบบแบบหอยโข่งมีการใช้ในงานขนาดใหญ่ เช่น (Vertex Ventures Inc, 1998)

1. อุตสาหกรรมปิโตรเลียม
2. อุตสาหกรรมน้ำตาล
3. อุตสาหกรรมกระดาษ
4. ระบบท่อประปา
5. การระบายน้ำและระบบชลประทาน
6. ประยุกต์ใช้ในทะเล
7. ประยุกต์ใช้ในที่อยู่อาศัย
8. ประยุกต์ใช้ในการเกษตรและอุตสาหกรรม
9. อุตสาหกรรมผลิตยา
10. ผลิตไฟฟ้า
11. เคมีภัณฑ์และ สารกัดกร่อน (Corrosives)
12. ตะกอนและน้ำเสีย
13. กรวดและวัสดุของแข็งเป็นต้น

2.8 การประยุกต์ใช้ในการเกษตร

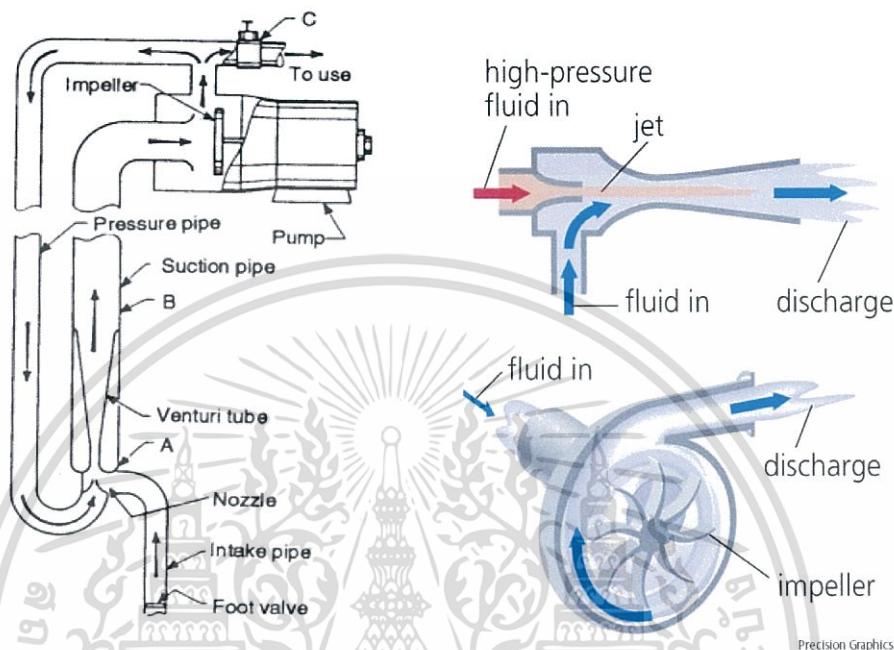
การประยุกต์ใช้ในการเกษตรที่เครื่องสูบบแบบหอยโข่งสามารถใช้ในการด้านการเกษตรเช่น นาข้าวและโรงเรือน, สนามหญ้า, สวน, และพื้นที่สันหนทางการอื่น ๆ เช่น สนามกอล์ฟ สนามฟุตบอล

2.9 เครื่องสูบน้ำแบบสูลิก (Jet Pump)

2.9.1 หลักการการดำเนินงาน

เครื่องสูบน้ำแบบสูลิก คือการรวมกันของเครื่องสูบบแบบหอยโข่งพื้นผิวกับ Ejector, หัวต่อพ่วงที่ปลายท่อ (Peripheral Nozzle), และ การจัดการคอคอด (Venturi) สามารถใช้ในบ่อขนาดเล็กที่ต้องการระยะยกดูด 100 ฟุต (33เมตร) หรือน้อยกว่า (Griffin, 1983) เครื่องสูบน้ำที่จ่ายน้ำภายใต้ความกดดันที่ปลาย Nozzle การเพิ่มความเร็วที่ปลาย Nozzle มีผลในการลดความดันซึ่งจะดึงน้ำ

ผ่านวาล์วแล้วไหลรวมกันเข้าไปใน Venturi ซึ่งความเร็วจะค่อยๆลดลงและความดันจะไหลกลับ การไหลเกินที่ผิวผ่านวาล์วควบคุมที่ยังคงไหลกลับต้องหมุนเวียนไปยัง Nozzle (รูปที่ 2.6)



รูปที่ 2.7 เครื่องสูบน้ำชนิดแบบสลับแบบหอยโข่ง (Vertex Venture Inc, 1998)

2.9.2 รูปแบบตัวอย่างของเครื่องสูบน้ำแบบสลับ

อุตสาหกรรมเกี่ยวข้อง เพื่อจ่ายน้ำของเครื่องสูบน้ำแบบสลับ เช่น สระว่ายน้ำ, สปา, จากุซซี่, ตลับกรอง, ทRAYกรอง, การหมุนเวียนน้ำในสระว่ายน้ำ, บั๊มน้ำ, ระบบความร้อนน้ำ และทRAYกรอง FRP (Vertex Venture Inc, 1998)

1. การประยุกต์ใช้ของเกษตรกรที่ใช้ในครัวเรือน ที่มีระยะยกดูสูง เช่น ห้องน้ำ, เครื่องซักผ้า, สวน และอื่นๆ
2. การประยุกต์ใช้ในการเกษตร ที่ใช้ในปุ๋ยผสมหรือของเหลวที่แตกต่างกันในอุตสาหกรรมเกษตร แต่ประโยชน์น้อยในการดำเนินการในไร่

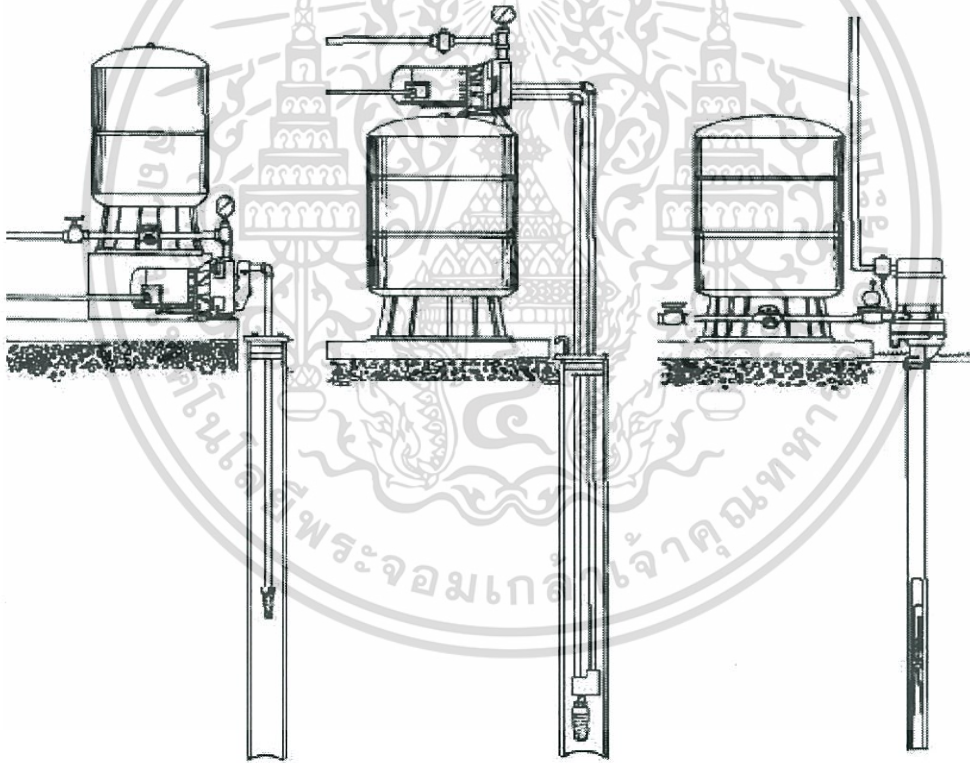
2.9.3 การเลือกรุ่นที่เหมาะสมของเครื่องสูบน้ำแบบสลับ (Jet Pump)

ได้แบ่งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal Pump) ไว้ 3 ประเภท คือ Shallow Well Jet Pump การประกอบเครื่องสูบน้ำชนิดสลับ ตั้งอยู่ที่ด้านดูของใบพัด น้ำจ่ายให้กับ Nozzle ภายใต้งานดันจากเครื่องสูบน้ำ การเคลื่อนที่ของน้ำที่ผ่าน Nozzle และ Venturi ทำให้เกิดสุญญากาศมากกว่าจากดูน้ำโดยตรงจาก Suction pipe ซึ่งในการเคลื่อนที่ของน้ำที่พุ่งขึ้นไม่ต้องการท่อที่มาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดความเร็วของน้ำ ระยะจากจุดศูนย์กลางของเครื่องสูบน้ำถึงผิวของน้ำสูงสุดคือ 25 ฟุต (7.5 เมตร) ที่ระดับน้ำทะเล (Tomas, 1993)

Deep Well jet Pump เป็นระบบท่อที่ใช้ท่อแรงดันผลักดันน้ำเข้าสู่ Ejector น้ำที่ถูกสูบขึ้นจะผ่านฟุตวาล์ว (Foot valve หน้าที่ เป็นตัวกักเก็บน้ำ ไม่ไหลย้อนกลับ จากเครื่องสูบน้ำลงบ่อ) โดยการดูดที่ Ejector และไหลกลับจากท่อ (ด้านดูด) ถึงเครื่องสูบน้ำ การแบ่งส่วนของน้ำได้ทำหลังจากการสูบน้ำครั้งที่ Ejector และส่วนที่เหลือจะไหลลงบ่อ

Packer Deep Well Jet Pump เป็นระบบท่อเดี่ยวหรือ “Packer system” โดยใช้ปลอกหุ้มท่อแรงดันไว้ ในการดูดขึ้นของน้ำของ Ejector แบบแพคเกอร์ท่อ 2 นิ้ว ต้องพอดีกับท่อ Deep Well jet Pump เหมาะสำหรับการสูบน้ำที่ระดับหรือความลึกของน้ำประมาณ 120 (30 เมตร) แสดงในรูปที่ 2.7



(ก) Shallow well setup (ข) 2 Pipe deep well setup (ค) Packer deep well setup

รูปที่ 2.8 ประเภทของเครื่องสูบน้ำแบบสูบลึก (Tomas, 1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.4 ลักษณะเด่นของเครื่องสูบน้ำแบบสูบลิคสำหรับการใช้งานในการชลประทาน

เครื่องสูบน้ำแบบสูบลิคสำหรับการเกษตรจะต้องดัดแปลงจากระบบการใช้งานของเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง การใช้งานนี้จะดัดแปลงโดยเกษตรกรผู้ใช้งานและผู้ใช้งานทั่วไป (The private sector) ลักษณะเด่นของเครื่องสูบน้ำแบบสูบลิคมีดังนี้

1. ดัดแปลงได้ง่ายกับเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง
2. ใช้พลังงานน้อยกว่าเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง
3. ประหยัดเชื้อเพลิงมากกว่าเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง
4. ระยะดูดยกจะน้อยลง

2.9.5 มาตรฐานในการเลือกการออกแบบเครื่องสูบน้ำแบบสูบลิคสำหรับการศึกษา

การเลือกเครื่องสูบน้ำแบบสูบลิคและการใช้พลังงานขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ ด้านดังนี้

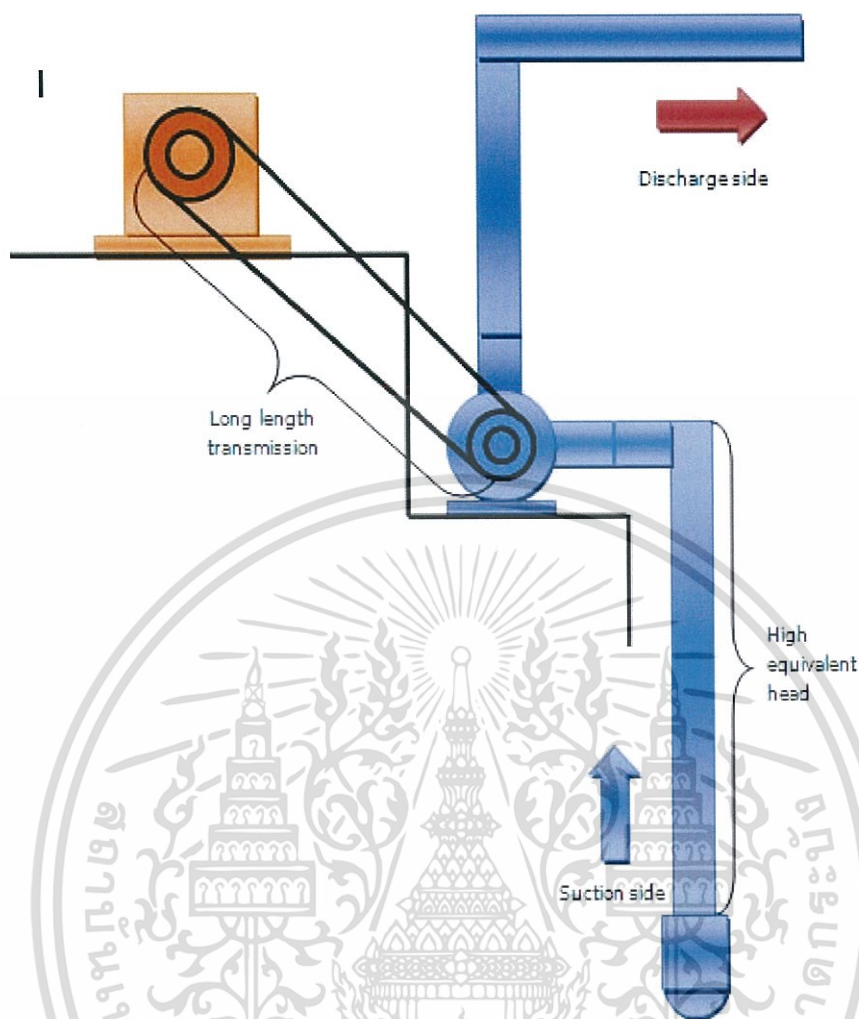
1. ปริมาณของน้ำที่สูบ
2. ประสิทธิภาพของการใช้งาน (รวมทั้งประสิทธิภาพของส่วนประกอบเฉพาะ เช่น พัดลม, Gear head และส่วนอื่นๆ)
3. เสดของการสูบน้ำ (ด้านดูด และ/หรือ การใช้ความดัน)
4. การใช้แรงม้า
5. พลังงานที่ใช้ (ไฟฟ้า, แก๊สโซลีน, น้ำมันดีเซล)
6. ค่าใช้จ่ายและการใช้เงินลงทุนเพิ่ม
7. ขนาดของไร่นา, ชนิดของการชลประทาน และการจัดหาแรงงานโดยเฉพาะ

(Griffin, 1983)

2.10 การทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งที่เฮดสูง (High equivalent head)

เฮดสูงบนเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งขนาด 4" x 4" ที่ 10 เมตร และ 100 แกลลอนต่อเมตร มีข้อเสียเปรียบคือจำกัดระยะดูดยกและไวต่อการทำให้เครื่องสูบน้ำเปียกเพื่อติดเครื่อง เพราะปัญหาในการสูบน้ำและการจำกัดระยะดูดยก เป็นประโยชน์ในการติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่ใกล้ผิวน้ำเพื่อความสะดวกในการใช้ (Franklin electric, 2009)

เหตุผลในการใช้ประโยชน์เป็นการลดลงของเฮดรวม (Total Dynamic Head) ของเครื่องสูบน้ำชนิดนี้ การศึกษาเบื้องต้นคือจุดพื้นดินสำหรับวางเครื่องสูบน้ำและทำงานโดยเครื่องยนต์ที่มีการส่งผ่านระยะยาว (Long length transmission) แสดงในรูปที่ 2.8



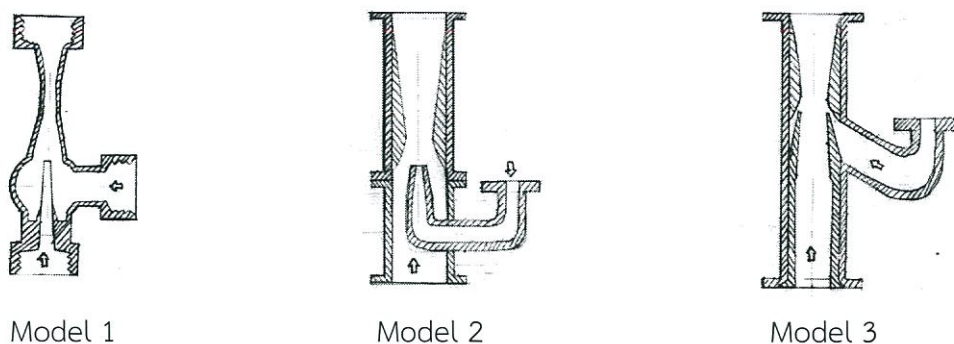
รูปที่ 2.9 การติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่เฮดสูง (Hansen, 1979)

2.11 ชนิดของชุดพ่น (Ejector) สำหรับการศึกษา

ระบบการทำงานของเครื่องสูบน้ำชนิดแบบสูบหลักโดยการสูบของเหลวที่มีความดันผ่าน Nozzle ใน Ejector การเพิ่มสุญญากาศบน Suction side ของ Ejector น้ำหรืออากาศหลังจากนั้นจะถูกดึงจากบ่อไปสู่ Suction tube ที่เชื่อมต่อกับ Suction side ของแต่ละ Ejector

การศึกษาเริ่มต้นกับ Ejector 3 รูปแบบ การออกแบบพื้นฐานมาจากนิยามพื้นฐานของการดัดแปลง และการพัฒนาการใช้ที่เลือกการออกแบบในรูปของเทคนิค Ejector รูปแบบที่ 1- 3 แสดงในรูปที่ 2.10 ในรูปของภาพตัด (วิศณู, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 Ejector model 1, model 2 และ model 3 ในรูปของภาพตัด

2.11.1 Model 1 เป็นพื้นฐานของ Ejector เป็น Ejector ที่เพิ่มสุญญากาศบน Suction side ของ Ejector น้ำหรืออากาศหลังจากนั้นจะถูกสูบจากบ่อไปสู่ Suction tube ที่เชื่อมต่อกับ Suction side ของ Ejector (Oklahoma, 2007)

2.11.2 Model 2 เป็นการทำงานภายใต้หลักการของ Jet และ Venturi tube ส่วนประกอบเหล่านี้ใช้ในการเชื่อมต่อกับเครื่องสูบบแบบหอยโข่ง องค์ประกอบใช้จุดเชื่อมต่อกับเครื่องสูบบแบบหอยโข่ง จาก Jet-centrifugal หรือ Jet pump เครื่องสูบบแบบสูบลิ้นใช้ท่อ Nozzle Pipe ในด้านข้างของท่อดูด Ejector มีท่อ Nozzle สองส่วน และส่วนของ Venturi เชื่อมต่อกับท่อดูด (Myers and Bros, 1956)

2.11.3 Model 3 ใช้ Circumferential nozzle ในส่วนกลางของ Venturi tube ejector ออกแบบด้วยการยกแรงที่เคลื่อนที่บนน้ำที่ช่วยในการไหลผ่าน Suction pipe annular nozzle ต้องใช้ในส่วนกลางของปริมาณดินที่สูงกว่าในการทดลองหรือการทำงานเล็กน้อย (Vortex Ventures Inc, 1998)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

เพื่อที่จะให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษาโครงการวิจัยนี้ จึงได้กำหนดขั้นตอน โดยมีรายละเอียดในการดำเนินงานเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบและการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

การออกแบบและการปฏิบัติการขั้นพื้นฐานในการพัฒนาเครื่องจักร ถูกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ การออกแบบและการติดตั้งของเครื่องสูบลมโดยทั่วไป เกษตรกรสามารถที่จะทำการตัดแปลงและเลือก ชุดพ่น (Ejector) ที่เหมาะสมจากรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับการตัดแปลงที่จะนำมาใช้งานตามสภาพความเหมาะสมของในแต่ละพื้นที่

จากการศึกษาและสำรวจพื้นที่ก่อนทำการทดลองในครั้งนี้จะใช้พื้นที่บริเวณคลองส่งน้ำชลประทาน 3L-R อัตราการไหลสูงสุด 2.954 ม³/วินาที ความยาวคลอง 9.320 กิโลเมตร พื้นที่ชลประทาน 4,255 ไร่ บ.เชียงใหม่ ต.เชียงใหม่ จ.อุดรธานี ซึ่งบริเวณพื้นที่โดยรอบจะเป็นพื้นที่ทำการเกษตร คือ การปลูกข้าวนาปีและนาปลัง หลังจากหมดฤดูการทำนา เกษตรกรก็จะมีการปลูกพืช อาทิเช่น สวนผัก แตงกวา ถั่วลิสง ถั่วฝักยาว และพืชตามท้องถิ่น เพื่อเป็นรายได้เสริมหลังจากฤดูการเก็บเกี่ยวไปแล้ว และเจ้าของที่บางรายก็ได้มีการทำสวนยางไปด้วยนอกจากการทำนา ดังนั้นการนำน้ำมาใช้ประโยชน์จึงมีความสำคัญเป็นลำดับต้นๆที่จะนำมาใช้เพื่อให้เกิดความเพียงพอของเกษตรกร

เครื่องสูบลม แบบมาตรฐานเป็นเครื่องสูบลมที่พัฒนาและปรับปรุงแล้วกับการออกแบบ ชุดพ่น (Ejector) ที่เหมาะสมกับโครงสร้างและถูกทดสอบนำมาใช้งาน นอกจากนี้ รูปแบบการพัฒนานี้ ขึ้นอยู่กับราคา การใช้งานเสถียรด้านจ่ายของเครื่องสูบลม และอื่นๆ (กิริติ, 2526)

การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับหลักเกณฑ์ในการออกแบบที่ครอบคลุมถึงข้อมูลจาก งานวิจัย หนังสือ และอินเทอร์เน็ต ข้อมูลต่างๆได้จากการทดสอบภาคสนาม หรือในบางครั้งอาจได้จากห้องปฏิบัติการ

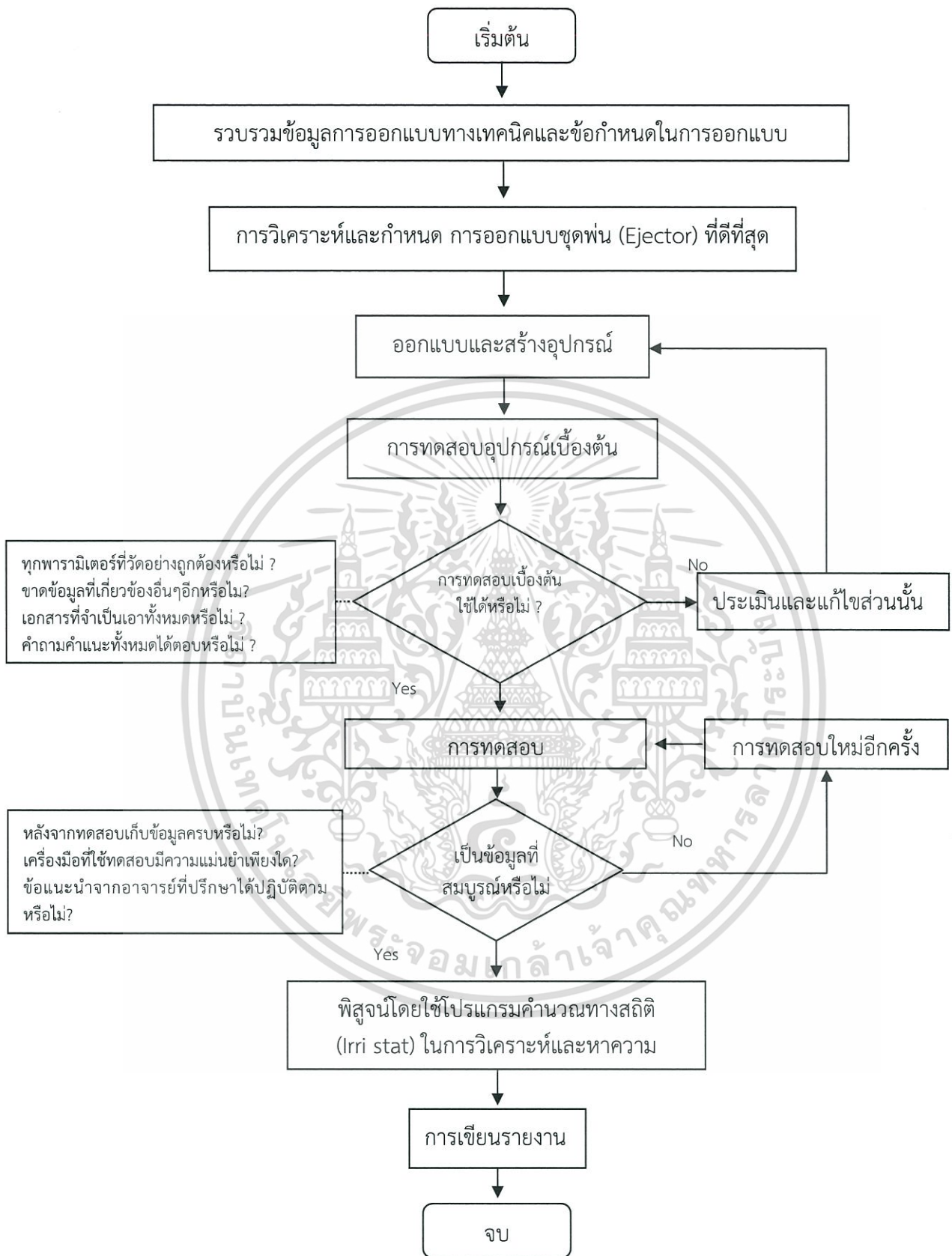
ระดับที่เทคโนโลยีนี้นำมาใช้โดยเกษตรกรผู้ใช้และภาคเอกชนตามที่กำหนดโดยตลาดเกิดใหม่จะช่วยกำหนดตัวชี้วัดเริ่มต้นของประสิทธิภาพและประสิทธิผลของผลลัพธ์ที่ได้และผลมาจากการศึกษานี้

3.2 วิธีการทดสอบ

3.2.1 กรอบกระบวนการ

จากรูปที่ 3.1 แสดงลักษณะกรอบกระบวนการการนำไปใช้ในด้านเทคนิคของการศึกษา ผลทั้งสองช่องทางในแผนภูมิซึ่งจะแสดงการทำซ้ำเมื่อเกิดการผิดพลาด เป็นหนึ่งในเทคนิคการปรับแต่งในขั้นตอน และในช่วงสุดท้ายซึ่งเป็นการเพิ่มข้อมูลที่เกี่ยวข้องและข้อมูลใหม่ๆ ซึ่งเวลาส่วนใหญ่มีโอกาสพลาดในการรวบรวมข้อมูลการทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 กรอบกระบวนการที่ใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

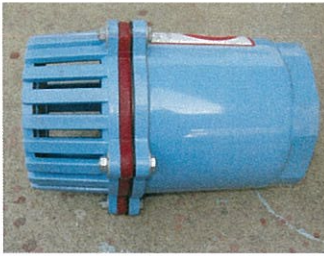
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพทางเทคนิคของเครื่องสูบ ซึ่งกำหนดการติดตั้งการทดลองในขั้นสุดท้ายก่อนการรวบรวมข้อมูล ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของการเลือกเครื่องสูบน้ำต้นแบบ และเครื่องมือวัด แสดงในตารางที่ 3.1

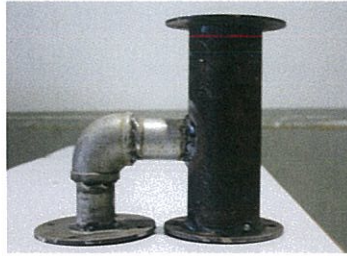
ตารางที่ 3.1 รายการอุปกรณ์ในขั้นตอนสุดท้าย

รายการ	แบบ
ขนาดของชุดพ่น (Ejector)	Ø 2 นิ้ว
ความลึก	2 เมตร
ชนิดเครื่องสูบน้ำ	เครื่องสูบหอยโข่งชนิดล่อน้ำเอง (Self Priming pump.)
ชนิดเครื่องยนต์	เครื่องยนต์เล็กสูบเดี่ยว 12 แรงม้า
ความเร็วที่แนะนำในการทดลอง	1200 – 1600 รอบ/นาที
การส่งกำลังการสูบน้ำ	พลูเลย์ และ สายพาน
ชนิดของเกจความดัน	เกจวัดแรงดัน 0-36 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร เกจวัดแรงดันสุญญากาศ 0-21 นิ้ว.ปรอท
อัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำ	150 - 480 แกลลอน
แรงม้าของเครื่องสูบน้ำ	3-6 แรงม้า
ความเร็วรอบสูงสุดของเครื่องสูบน้ำ	2200 รอบ/นาที

การออกแบบ สร้างและทดสอบประสิทธิภาพในการศึกษาครั้งนี้คือ เครื่องสูบ ที่มีประสิทธิภาพในพื้นที่ตอน ที่ปลูกพืชไร่กับนาข้าวสามารถลดแรงเสียดทานรวม (TDH) ของระบบ ได้ในการออกแบบอุปกรณ์ มีเกณฑ์การออกแบบที่ระบุไว้ก่อนหน้านี้ซึ่งได้พิจารณาแล้ว ต้นแบบที่แสดงในรูปที่ 3.2 ถูกใช้ในการสร้าง การออกแบบขั้นสุดท้ายของส่วนประกอบต่างๆของเครื่องได้สรุปและสร้างขึ้นดังนี้



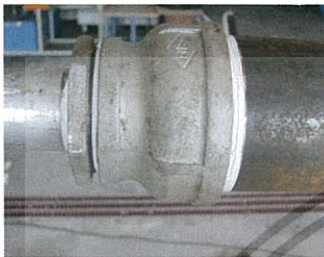
ก. พืตวาล์ว



ข. ชุดพ่น(Ejector Set)



ค. ข้องอ 4" 90°



ง. ท่อลดและเพิ่มขนาด 2"/4"



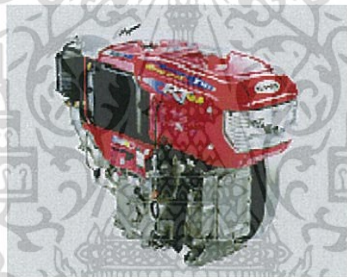
จ. ข้องอ 2" 90°



ฉ. ท่อแยกสามทาง 4"



ช. ปั้มน้ำ



ซ. เครื่องยนต์เล็ก



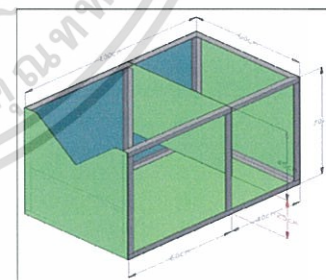
ญ. คลองส่งน้ำ



ฐ. เครื่องวัดความเร็วรอบ



ณ. เครื่องวัดกระแสการไหล



ด. ฝ่ายวัดน้ำรูปตัววี 90°

รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ทดสอบและเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการติดตั้งชุดพ่น (Ejector Set) และท่อไหลกลับเข้ากับท่อทางดูด

3.4 เครื่องยนต์เล็กต้นกำลังที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องยนต์ดีเซลเล็ก ชนิดสูบเดี่ยว 4 จังหวะ ยี่ห้อคูโบต้า รุ่น RT110 ระบายความร้อนด้วยน้ำ ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง (รูปที่ 3.4) ซึ่งมีรายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องยนต์ ดังตารางที่ 3.2 ซึ่งเกษตรกรนำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนยานพาหนะ เครื่องจักรกลการเกษตร รวมทั้ง เครื่องทุ่นแรงต่าง ๆ



รูปที่ 3.4 เครื่องยนต์ดีเซลสูบเดี่ยว ยี่ห้อคูโบต้า รุ่น RT11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องยนต์ต้นกำลัง

รายการ	รายละเอียด
รุ่น	RT 110
แบบเครื่องยนต์	ดีเซล 4 จังหวะ 1 ลูกสูบนอน
ระบบระบายความร้อน	ระบายความร้อนด้วยหม้อน้ำรังผึ้ง
แบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย (Swirl Chamber)
ความกว้างกระบอกสูบ × ช่วงชัก	92×90 mm.
ปริมาตรกระบอกสูบ	598 cc.
กำลังเครื่องยนต์สูงสุด	11 hp. / 2400 rpm. (8.09 kw. / 2400 rpm.)
กำลังเครื่องยนต์ต่อเนื่อง	9.5 hp. / 2400 rpm. (6.99 kw. / 2400 rpm)
อัตราส่วนแรงอัด	21:1
แรงบิดสูงสุด	4.0 kg - m / 1600 rpm.
ชนิดของหม้อกรองอากาศ	แบบเปียก
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	210 g - hp / hr.
ทิศทางการหมุนของข้อเหวี่ยง	ตามเข็มนาฬิกา เมื่อมองจากด้านมือหมุน
ระบบหล่อลื่น	ใช้แรงปั๊มเข้าระบบด้วย Trochoid Pump.
ชนิดของน้ำมันหล่อลื่น	SAE#40 หรือ API#CC
ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง	ดีเซล
ความจุ้น้ำมันหล่อลื่น	2.8 L.
ความจุของน้ำระบายความร้อน	แบบหม้อน้ำรังผึ้ง ขนาด 2.1 L.
ระบบสตาร์ท	มือหมุน / มอเตอร์สตาร์ท
ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิง	11 L.
ขนาดเครื่องยนต์ (ก×ย×ส)	n/a
น้ำหนักสุทธิของเครื่องยนต์, กิโลกรัม	109 Kg.

ที่มา: บริษัท สยามคูโบต้า ประเทศไทย จำกัด

3.5 ข้อมูลการออกแบบ

ข้อมูลการออกแบบทางเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาขั้นพื้นฐานตามแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสม ซึ่งได้แก่

3.6.1 ท่อดูดเหมาะสมกับมาตรฐานเครื่องสูบบแบบหอยโข่งขนาด 4" x 4" เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อดูด GI มีขนาด 4" (10.16 ซม.) ขนาดภายนอกเป็น 4.16" (10.56 ซม.) และความหนาของท่อขนาด 0.6 ซม.

3.6.2 หน้าแปลนที่ใช้กับท่อดูดขนาด 4" (10.16 ซม.) มีความหนา 0.6 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางของหน้าแปลน 18 ซม. ทำการเจาะรูตรงจุดศูนย์กลางขนาด 10.5 ซม.

3.6.3 ข้อมูลการออกแบบท่อไหลกลับ ซึ่งใช้ท่อขนาด 2" (10.16 ซม.) และขนาด 2.5" (6.35 ซม.) ถูกใช้สำหรับท่อไหลกลับเพื่อให้ น้ำไหลเข้ากับท่อดูดหลักขนาด 4" (10.16 ซม.)

3.6.4 Venturi กำหนดให้พอดีกับท่อดูด Venturi กำหนดขนาดภายในท่อดูด มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2" (5.08 ซม.) และขนาดภายนอกเป็น 4" (10.16 ซม.)

3.6.5 Nozzle มีหน้าที่เพื่อส่งน้ำมาจากท่อดูดไปยังท่อดูด Venturi ขนาดเล็ก Nozzle ควรมีขนาดเล็กกว่าขนาดของท่อดูด Venturi ขนาดของ Nozzle เป็น 0.05" (0.1276 ซม.) x 2 x 3" (2 x 7.62 ซม.) รัศมีของ Venturi tube

3.6 ข้อกำหนดในการออกแบบ

ข้อกำหนดในการออกแบบเป็นเกณฑ์คุณภาพและเนื้อหาที่สำคัญในการเลือกการออกแบบที่เหมาะสมของชุดพ่น (Ejector) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

3.7.1 ความเหมาะสมสำหรับเครื่องสูบน้ำมาตรฐานขนาด 4"x4" ที่ใช้ในการสูบน้ำระบบชลประทาน

3.7.2 สะดวกในดัดแปลงเครื่องสูบน้ำมาตรฐานที่มีอยู่

3.7.3 วัสดุที่ควรมีภายในประเทศ

3.7.4 สะดวกในการซ่อมและบำรุงรักษา

3.7 การทำงานเบื้องต้น

การทำงานเบื้องต้นนี้ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาที่รวมทั้งการเลือกของเครื่องสูบบแบบหอยโข่งเดิมกับชุดพ่น (Ejector) ที่ใช้วัดเฮดรวม (Total Dynamic Head) ของพลังงานงานที่ใช้สูบน้ำของเครื่องยนต์ การกำหนดความลึกด้านดูดและการจ่ายน้ำของเครื่องสูบ

3.8 การทดสอบประสิทธิภาพ

ข้อมูลต่อไปนี้รวบรวมการประเมินประสิทธิภาพทางเทคนิคของเครื่องสูบลูกแบบสูบลิ้นแบบหอยโข่ง

3.8.1 เฮดความเร็ว (Velocity Head, H_v)

$$H_v = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} \quad (3.1)$$

เมื่อ

H_v = เฮดความเร็ว (เมตร)

V = ความเร็วเฉลี่ยของการไหลที่จุดวัด (เมตรต่อวินาที)

g = specific gravity (9.81 N.m³)

3.8.2 เฮดความดัน (Pressure Head, H_p)

$$H_p = \frac{P_1 - P_2}{\omega} \quad (3.2)$$

เมื่อ

H_p = เฮดความดัน (เมตร)

P = ความดันเฉลี่ยของการไหลที่จุดวัด (บาร์)

ω = น้ำเฉพาะของน้ำ (1 กิโลกรัมต่อลิตร)

3.8.3 เฮดสถิตย (Static Head, H_s)

$$H_s = Z_1 - Z_2 \quad (3.3)$$

เมื่อ

H_s = เฮดสถิต (เมตร)

Z_1 = เฮดสถิตด้านดูด (เมตร)

Z_2 = เฮดสถิตด้านจ่าย (เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.4 เฮดความเสียด (Friction Head, H_L)

$$H_L = h_c + h_e + h_g + h_b + h_f \quad (3.4)$$

เมื่อ

h_c = การสูญเสียเฮดที่เกิดจากท่อลด (เมตร)

h_e = การสูญเสียเฮดที่เกิดจากท่อขยาย (เมตร)

h_g = การสูญเสียเฮดที่เกิดจากสิ่งกีดขวาง เช่น เกจหรือวาล์ว (เมตร)

h_b = การสูญเสียเฮดที่เกิดจากการโค้งหรือเส้นโค้งในท่อ (เมตร)

h_f = การสูญเสียเฮดอย่างต่อเนื่องจากรูปแบบของท่อได้แก่ ความยาว ขนาด และคุณภาพของท่อ (เมตร)

3.8.5 เฮดรวม (Total Dynamic Head, TDH)

$$H_U = h_v + h_p + h_s + h_L \quad (3.5)$$

เมื่อ

H_U = เฮดของเครื่องสูบน้ำหรือเฮดรวม

3.8.6 การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงวัดโดยใช้เครื่องมือภายใน 5 นาทีและค่า Shutting off ของเชื้อเพลิง และรวบรวมการใช้เชื้อเพลิงในทดสอบแต่ละครั้ง

3.8.7 การวัดอัตราการไหลด้วยฝายวัดน้ำรูปตัววี 90° (V-Notch Weir) (Q)

เป็นฝายที่มีช่องเปิดเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากโดยสันฝายทั้งสองข้างทำมุม 45° กับแนวตั้ง ฝายสามเหลี่ยมเป็นฝายวัดอัตราการไหลของน้ำที่ให้ความละเอียดถูกต้องดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอัตราการไหลน้อย ๆ ซึ่งปริมาณน้ำสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Q = 0.013H^{5/2} \quad (3.6)$$

เมื่อ

Q = อัตราการไหลผ่านฝาย (l/s)

H = เฮดหรือความลึกของน้ำเหนือยอดสามเหลี่ยมของสันฝาย (cm)

3.8.8 Water Horsepower (Whp)

$$WHP = \frac{(Q \times TDH \times SqGr)}{273} \quad (3.7)$$

เมื่อ

- Q = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
 TDH = เฮดรวม (เมตร)
 SqGr = ความถ่วงจำเพาะของของเหลว

3.8.9 Brake Horsepower (Bhp)

$$BHP = \frac{(Q \times TDH \times SqGr)}{(237 \times Eff)} \quad (3.8)$$

เมื่อ

- Q = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
 TDH = ความแตกต่างของเฮดรวม Total differential Head (เมตร)
 SqGr = ความถ่วงจำเพาะของของเหลว
 Eff = ประสิทธิภาพปั๊ม (%)

3.9 การประเมินผลการปฏิบัติการของอุปกรณ์

ก่อนที่จะทำการทดสอบอุปกรณ์นั้นได้ทำการทดสอบเพื่อยืนยันฟังก์ชันทุกส่วน ตามที่ความแตกต่างกันของพารามิเตอร์ ได้มีการพิจารณาในการทดสอบอุปกรณ์

3.9.1 ความเร็วการทำงานของอุปกรณ์

การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องสูบลูกสูบแบบหอยโข่งขนาด 4"x 4" กับเครื่องยนต์ต้นกำลังดีเซลเล็ก ขนาดความจุกระบอกสูบ 1 ลูกสูบ 4 จังหวะ (คูโบต้า 11 กิโลวัตต์) ความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้กับความเร็วในการทำงานมาตรฐานของเครื่องสูบน้ำได้ถูกกำหนดและตั้งค่า ความเร็วในการสูบน้ำ คือ 1200, 1400 และ 1600 รอบต่อนาที (ความเร็วมาตรฐานของเครื่องสูบน้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.2 ข้อจำกัดของ Total Dynamic Head

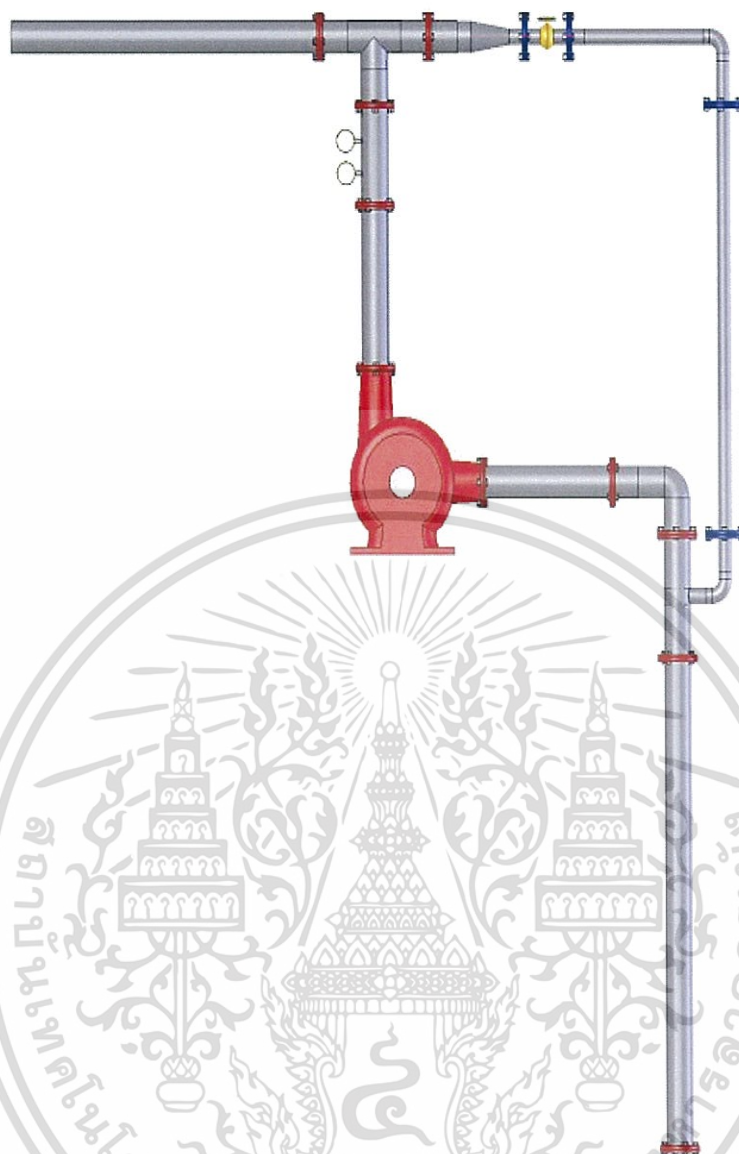
เฮดเป็นค่าที่ใช้ทั่วไปกับเครื่องสูบน้ำ เฮด หมายถึง ความสูงในแนวตั้ง ตั้งฉากกับน้ำ เฮดรวมของเครื่องสูบน้ำประกอบด้วย เฮดหลายชนิดที่ช่วยกำหนดลักษณะการทำงานของเครื่องสูบน้ำ Equivalent head

การเลือก Ejector เลือกใช้ Ejector Model 3 (Vortex Venture Inc, 1998) ติดตั้งกับท่อดูดขนาด 4" และ ท่อไหลกลับขนาด 2" กับขนาด 2.5" เพื่อเปรียบเทียบหาความแตกต่าง ใช้เครื่องยนต์ดีเซลเล็กขนาด 1 ลูกสูบ 11 แรงม้าเป็นต้นกำลังเท่านั้น สำหรับเครื่องสูบน้ำสูบลิคแบบหอยโข่งในงานชลประทานได้ศึกษาการออกแบบง่ายๆที่ใช้ในขอบเขตการดำเนินการ การเลือกการออกแบบ ejector ทำได้ดังนี้

- 1) ทำให้สูญเสียความเสียดทานต่ำที่ระบบ
- 2) สร้าง Ejector ต้นทุนต่ำ
- 3) ใช้และดำเนินการติดตั้งกับเครื่องสูบน้ำ

3.10 การติดตั้งการทดลอง

รูปแบบการติดตั้งทั้งหมดในการศึกษาครั้งนี้จะแสดงในรูปที่ 3.3 การทดลองแบ่งออกโดยตำแหน่งของ Ejector และการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ ระยะเวลาในการทดลองติดตั้งที่ความลึก 3.04 เมตร การติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบสูบลิคประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำมาตรฐานทั่วไปขนาด 4"x 4" ท่อ GI สำหรับใช้เป็นท่อดูดติดตั้งเข้ากับฟุตวาล์ว (Foot valve) เชื่อมต่อกับหน้าแปลน (Flange) ช่อง 4" ทำมุม 90 องศา มีเกจสุญญากาศ (Vacuum gauge) สองตัวที่วัดความดันของท่อดูด



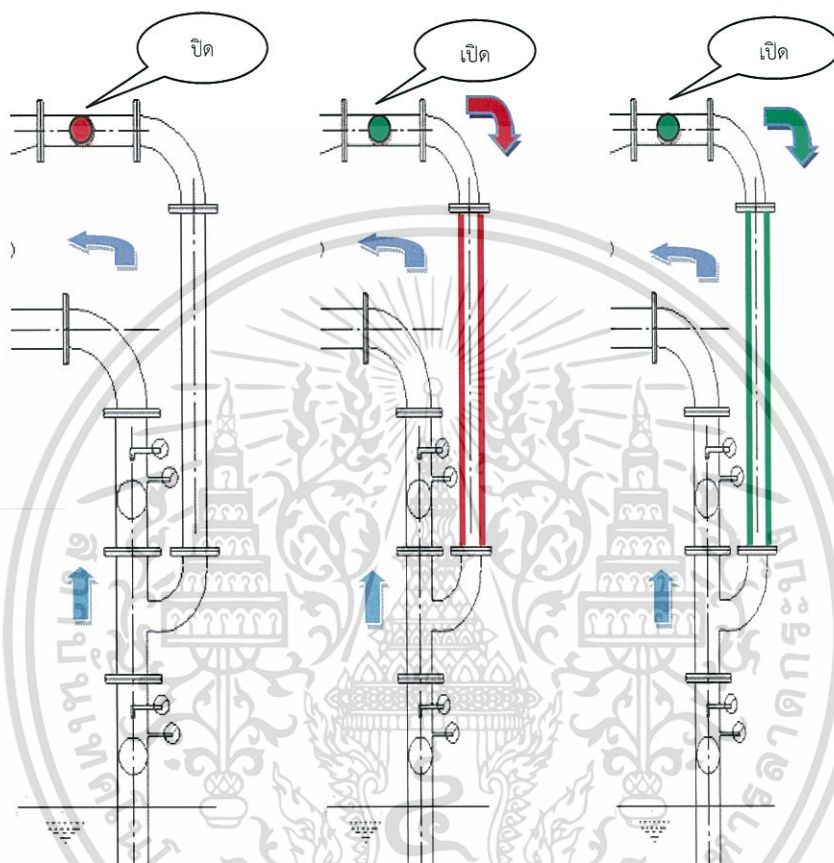
รูปที่ 3.5 การติดตั้งเครื่องสูบบแบบสูบลิ้นแบบหอยโข่ง

ตำแหน่งที่ไม่มีการใช้งานท่อไหลกลับ จะแสดงในรูปที่ 3.6 ก. โดยจะมีการปิดวาล์วควบคุมการไหล (Gate valve) เพื่อจะไม่ให้มีการไหลย้อนกลับของน้ำ ก็จะเหมือนรูปแบบการใช้งานโดยทั่วไป

ตำแหน่งที่มีการใช้งานท่อไหลกลับขนาด 2" จะแสดงในรูปที่ 3.6 ข. โดยมีการเปิดใช้งานวาล์วควบคุมการไหล (Gate valve) ให้มีน้ำไหลย้อนกลับเข้ามาชุดหัวพ่น (Ejector) เพื่อเปรียบเทียบบูแรงดูด ระหว่างการใช้งานชุดพ่นท่อไหลกลับขนาด 2" กับ ท่อไหลกลับขนาด 2.5" และ ไม่ใช้ท่อไหลกลับเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่มีการใช้งานท่อไหลกลับขนาด 2.5" จะแสดงในรูปที่ 3.6 ค. มีการเปิดวาล์วควบคุมการไหล (Gate valve) เพื่อให้มีน้ำไหลย้อนกลับเข้ามายังท่อไหลกลับมายังชุดพ่น เพื่อที่จะให้ช่วยเพิ่มแรงดูดในท่อทางดูด แล้วทำการเปรียบเทียบแรงดูด ระหว่าง ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2" กับ 2.5" และไม่ใช่ท่อไหลกลับ และความเร็วรอบของเครื่องสูบบแบบหอยโข่ง (1200, 1400 และ 1600 รอบต่อวินาที)



ก. ไม่ใช่ท่อไหลกลับ ข. ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2" ค. ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5"

รูปที่ 3.6 การใช้ท่อไหลกลับขนาด 2" กับ ขนาด 2.5" และ ไม่ใช่ท่อไหลกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในการตรวจสอบพารามิเตอร์ของการศึกษาและการวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวางแผนการทดลองแบบ Factorial 3 x 3 และใช้ Completely Randomized Design (CRD) ในการคำนวณมี 3 ชั้น การทดลองใช้พิจารณาความเร็วของการสูบน้ำ (Factor A) และขนาดของท่อไหลกลับ (Factor B)

Factor A: ความเร็วของการสูบน้ำ A1 = 1,200 rpm, A2 = 1,400 rpm, A3 = 1,600 rpm (เครื่องสูบน้ำ)

Factor B: ขนาดของท่อไหลกลับ B1 = ไม่ใช้ท่อไหลกลับ, B2 = ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว, B3 = ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ตารางตัวอย่างของการทดสอบในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างของการทดสอบใน CRD

FACTOR A	FACTOR B	จำนวนซ้ำ		
		R1	R2	R3
A1	B1	A1, B1, R1	A1, B1, R2	A1, B1, R3
	B2	A1, B2, R1	A1, B2, R2	A1, B2, R3
	B3	A1, B3, R1	A1, B3, R2	A1, B3, R3
A2	B1	A2, B1, R1	A2, B1, R2	A2, B1, R3
	B2	A2, B2, R1	A2, B2, R2	A2, B2, R3
	B3	A2, B3, R1	A2, B3, R2	A2, B3, R3
A3	B1	A3, B1, R1	A3, B1, R2	A3, B1, R3
	B2	A3, B2, R1	A3, B2, R2	A3, B2, R3
	B3	A3, B3, R1	A3, B3, R2	A3, B3, R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

รูปแบบในการทำการทดลองนั้นโดยจะเริ่มทดลองจากการไม่ติดตั้งชุดพ่น (Ejector) โดยปิดวาล์วทางท่อไหลกลับมายังชุดพ่น (Ejector) แล้วเดินเครื่องให้ได้ความเร็วรอบตามที่ได้กำหนดเอาไว้ ซึ่งความเร็วรอบที่ใช้ในการเก็บผลการทดลอง เท่ากับ 1200, 1400, 1600 รอบต่อนาที โดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วรอบ จากนั้นจับ เวลา 5 นาที บันทึกค่า โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง เริ่มจากปิดวาล์วเป็นไมใช้ท่อไหลกลับ เปิดวาล์วเปิดใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และ 2.5 นิ้ว ตามลำดับ ทำการเก็บผลการทดลองในเรื่องของ ความเสียดทานในท่อ อัตราการไหล แรงม้ารวมทั้งอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานต้นแบบ

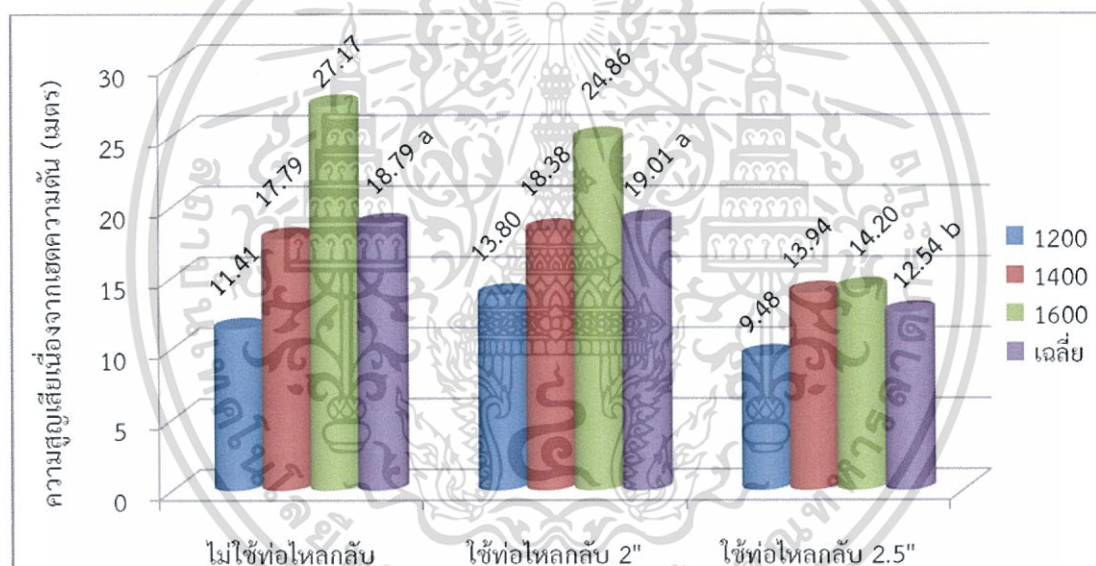
4.1.1 ความสูญเสียเนื่องจากเฮดความดัน (Pressure Head) เมื่อความดันเครื่องสูบน้ำไม่ได้มีการสูบน้ำจะมีค่าเท่ากับศูนย์ เฮดความดันทั้งหมดได้คำนวณจากการวัดจริงในด้านดูดและด้านจ่ายของระบบเครื่องสูบน้ำ การสรุปข้อมูลสำหรับเฮดความดันเฉลี่ยของเครื่องสูบน้ำในตำแหน่งชุดพ่น (Ejector) และความเร็วของเครื่องสูบน้ำที่แตกต่างกัน ในภาคผนวกตารางที่ 2 ข. และ ตารางที่ 3 ข.

ตารางที่ 4.1 แสดงเฮดความดันเฉลี่ยของต้นแบบในการสูบน้ำที่ตำแหน่งชุดพ่น (Ejector) และความเร็วของเครื่องสูบน้ำที่แตกต่างกัน เฮดความดัน (ความดันสถิตยอากาศ) เพิ่มขึ้นจาก 11.56 เมตร ถึง 16.70 เมตร ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 1200 ถึง 1400 รอบ/นาที และเพิ่มขึ้น 22.07 เมตร ที่ 1600 รอบ/นาที ตามลำดับ ในขณะที่เฮดความดันสูงสุดคือที่ตำแหน่งใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว เฮดความดันต่ำสุดคือ 12.54 เมตร ในตำแหน่งใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว ความแตกต่างของการจ่ายและดูดของเฮดความดันจะแสดงใน รูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เสดความดันที่ตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว กับ 2.5 นิ้ว และ ความเร็วรอบที่แตกต่างกัน

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	เฉลี่ยเสดความดัน (เมตร)			เฉลี่ย
	ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	ใช้ท่อไหลกลับ 2"	ใช้ท่อไหลกลับ 2.5"	
1200	11.41	13.80	9.48	11.56 ^k
1400	17.79	18.38	13.94	16.70 ^j
1600	27.17	24.86	14.20	22.07 ⁱ
เฉลี่ย	18.79 ^a	19.01 ^a	12.54 ^b	16.77

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ต่างกันในกลุ่ม (a,b,c) หรือในแถว (i, j, k) แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าจะเป็นโดยทุกตาราง



รูปที่ 4.1 เสดความดันในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ภาคผนวกตารางที่ ข.1) พบว่าการใช้ท่อไหลกลับ ทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 99 % ต่อความสูญเสียของความดัน รวมถึงการเปลี่ยนความเร็วรอบก็มีผลเช่นเดียวกัน และการใช้ท่อไหลกลับพบความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ

การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับของระบบโดยความสูญเสียด้านความดันของระบบน้อยที่สุด เมื่อใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว โดยให้ค่าความสูญเสียที่ 12.54 เมตร ในขณะที่ ทำการเปลี่ยนความเร็วรอบเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความสูญเสีย

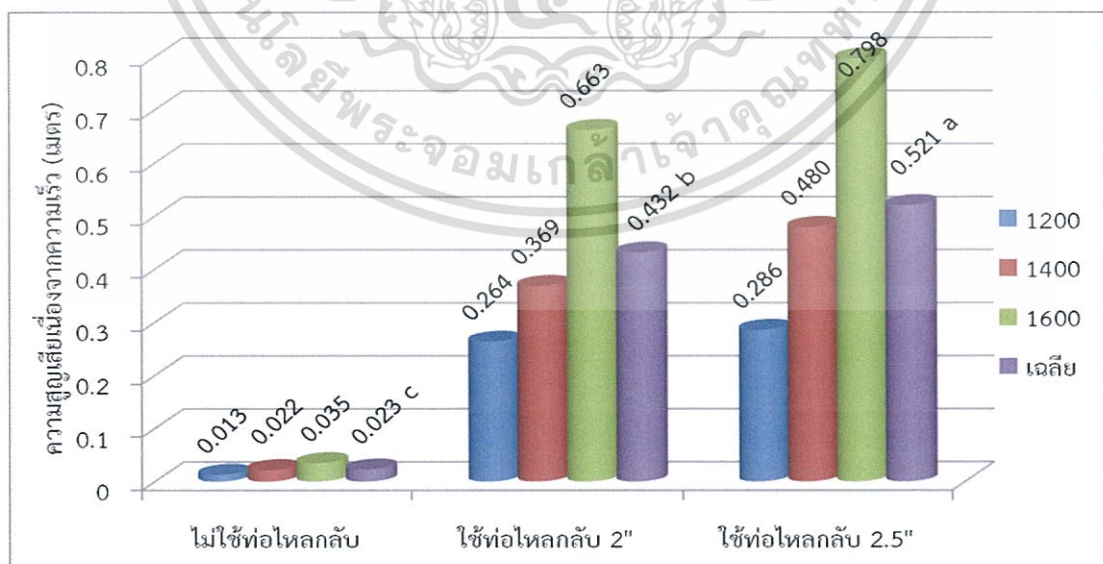
เพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ความสูญเสียเนื่องจากความเร็ว (Velocity Head) สำหรับเขตความเร็วเฉลี่ยเครื่องสูบน้ำในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ และความเร็วรอบที่แตกต่างกันแสดงในภาคผนวก ตารางที่ ข.5 และตารางที่ ข.6 ตารางที่ 4.2 แสดงเขตความเร็วเฉลี่ยของต้นแบบในการสูบน้ำที่ตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ และความเร็วรอบที่แตกต่างกัน เขตความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 0.18, 0.29 และ 0.49 เมตร จากความเร็วรอบ 1200, 1400 ถึง 1600 รอบ/นาที ตามลำดับ ในขณะที่เขตความเร็วสูงสุดคือที่ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว (0.521 เมตร) ตามด้วย ตำแหน่งท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และเครื่องสูบน้ำมีเขตความเร็วต่ำสุด ในตำแหน่งที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ที่ 0.023 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เขตความเร็วที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่ต่างกัน

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	เฉลี่ยเขตความเร็ว (เมตร)			เฉลี่ย
	ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	ใช้ท่อไหลกลับ 2"	ใช้ท่อไหลกลับ 2.5"	
1200	0.013	0.264	0.286	0.18 ^k
1400	0.022	0.369	0.480	0.29 ^j
1600	0.035	0.663	0.798	0.49 ⁱ
เฉลี่ย	0.023 ^c	0.432 ^b	0.521 ^a	0.32

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ต่างกันในกลุ่ม (a,b,c) หรือในแถว (i, j, k) แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าจะเป็นโดยทุกตาราง



รูปที่ 4.2 เขตความเร็วในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ภาคผนวกที่ ข.4) พบว่าความสูญเสียจากความเร็รรอบของระบบ ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99 % เช่นเดียวกับความเร็รรอบ และไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างความเร็รรอบของปั๊มและการใช้ท่อไหลกลับ

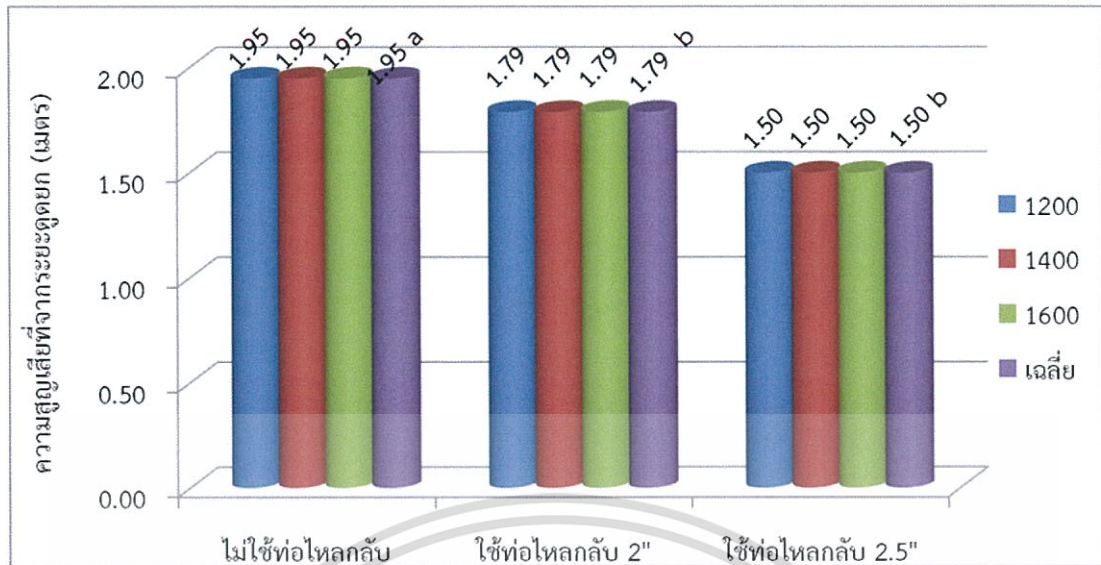
การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง การใช้ท่อและไม่ใช้ท่อไหลกลับของระบบในเรื่องความสูญเสียที่เกิดจากความเร็ว พบว่าความสูญเสียน้อยที่สุด พบที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับอยู่ที่ 0.02 เมตร และเมื่อเพิ่มความเร็รรอบขึ้น เป็นผลทำให้ความสูญเสียเพิ่มขึ้นในทางเดียวกัน พบว่าความสูญเสียด้านความเร็วต่ำสุดที่ 0.187 เมตร ที่ความเร็รรอบ 1200 รอบ/นาที

4.1.3 ความสูญเสียที่เกิดจากระยะตูดยกหรือเฮดสถิต (Static Head) ข้อมูลสรุปสำหรับเฮดสถิต เฉลี่ยเครื่องสูบน้ำตำแหน่งใช้กับไม่ใช้ท่อไหลกลับ และความเร็รรอบเฉลี่ยที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางภาคผนวก ตารางที่ ข.8 และตารางภาคผนวกตารางที่ ข.9 พบว่าการไม่ใช้ท่อไหลกลับมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฮดสถิตมากที่สุด แต่ความเร็รรอบไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด

ตารางที่ 4.3 เฮดสถิตที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็รรอบที่แตกต่างกัน

ความเร็รรอบ (รอบ/นาที)	เฉลี่ยเฮดสถิต (เมตร)			เฉลี่ย
	ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	ใช้ท่อไหลกลับ 2"	ใช้ท่อไหลกลับ 2.5"	
1200	1.95	1.79	1.50	1.74 ⁱ
1400	1.95	1.79	1.50	1.74 ⁱ
1600	1.95	1.79	1.50	1.74 ⁱ
เฉลี่ย	1.95 ^a	1.79 ^b	1.50 ^b	1.74

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ต่างกันในคอลัมน์ (a,b,c) หรือในแถว (i, j, k) แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าจะเป็นโดยทุกตาราง



รูปที่ 4.3 เหน็ดสถิตในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหล กลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบความสูญเสียจากระยะดูดยกของระบบ ผลจากการเปลี่ยนแปลงขนาดของท่อไหลกลับ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของระยะดูดยก พบว่าการไม่ใช้ท่อไหลกลับนั้นส่งผลทำให้เหน็ดสถิตสูงสุดที่ 1.95 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งความเร็วรอบไม่มีผลแต่อย่างใด

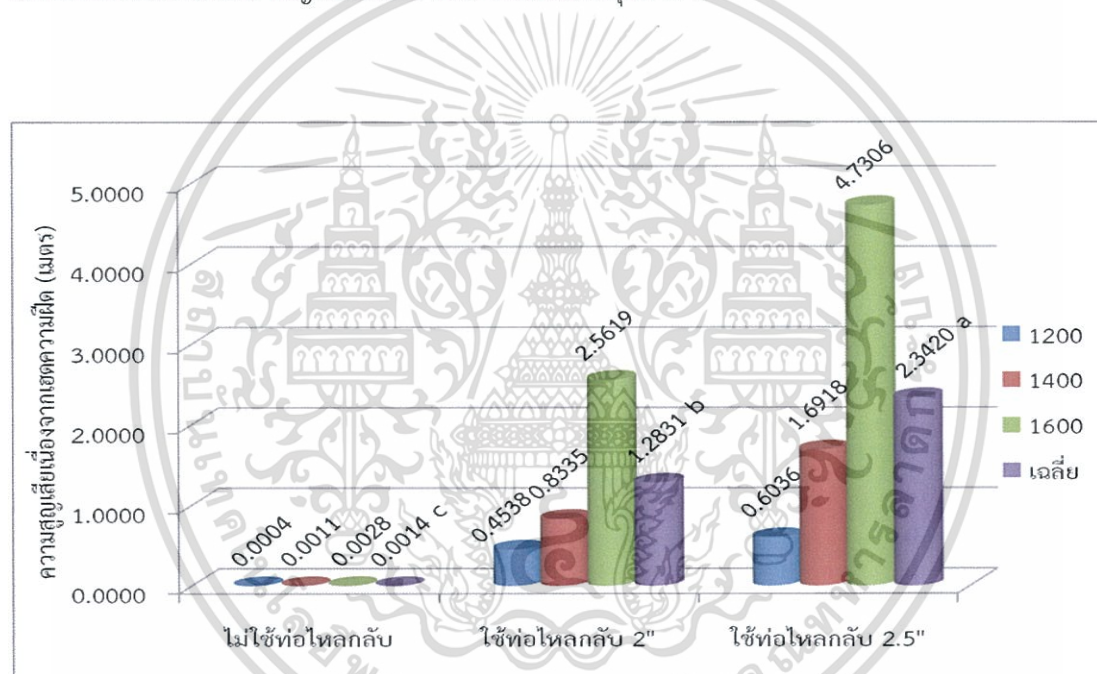
4.1.4 ความสูญเสียเนื่องจากเหน็ดความฝืด (Loss in Head) ข้อมูลสรุปความสูญเสียเนื่องจากเหน็ดความฝืด เฉลี่ยสำหรับเครื่องสูบน้ำในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหล กลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่แตกต่างกันแสดงในภาคผนวก ตารางที่ ข. 11 และ ตารางที่ ข.12 เหน็ดความฝืดของต้นแบบแสดงในตารางที่ 4.4 เหน็ดความฝืด เพิ่มขึ้นจาก 0.3526, 0.8421 และ 2.4318 เมตร ที่ 1200, 1400 และ 1600 รอบต่อนาที ตามลำดับ เหน็ดความฝืดสูงสุดคือที่ตำแหน่ง ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว ตามด้วยตำแหน่งใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว และ ไม่ใช้ท่อไหลกลับ

เปรียบเทียบเหน็ดความฝืด (รูปที่ 4.4) แสดงความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหลังจากเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ ขณะใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว ได้เหน็ดความฝืดสูงสุดที่ 2.3420 เมตร และลดต่ำลงจนกระทั่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ที่ 0.0014 เมตร

ตารางที่ 4.4 เขตความผิดที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่แตกต่างกัน

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	เฉลี่ยเขตความผิด (เมตร)			เฉลี่ย
	ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	ใช้ท่อไหลกลับ 2"	ใช้ท่อไหลกลับ 2.5"	
1200	0.0004	0.453	0.603	0.3526 ^k
1400	0.0011	0.833	1.691	0.8421 ^j
1600	0.0027	2.561	4.730	2.4318 ⁱ
เฉลี่ย	0.0014 ^c	1.2830 ^b	2.3420 ^a	1.2088

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ต่างกันในกลุ่ม (a,b,c) หรือในแถว (i, j, k) แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าจะเป็นโดยทุกตาราง



รูปที่ 4.4 เขตความผิดที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ภาคผนวกที่ ข.10) พบว่าความสูญเสียเนื่องจากความผิดต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ 99 % เช่นเดียวกับกับความเร็วรอบและไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างความเร็วรอบของปั๊ม และการใช้ท่อไหลกลับ

การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง การใช้ท่อและไม่ใช้ท่อไหลกลับของระบบในเรื่องความสูญเสียเนื่องจากความผิด พบว่าความสูญเสียน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.0014 เมตร (ภาคผนวกที่ ข.11) เมื่อไม่ใช้ท่อไหลกลับ และความเร็วรอบที่ทำให้ความผิดน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.3526 เมตร ที่ความเร็วรอบ 1200 รอบ/นาที (ภาคผนวกที่ ข.12)

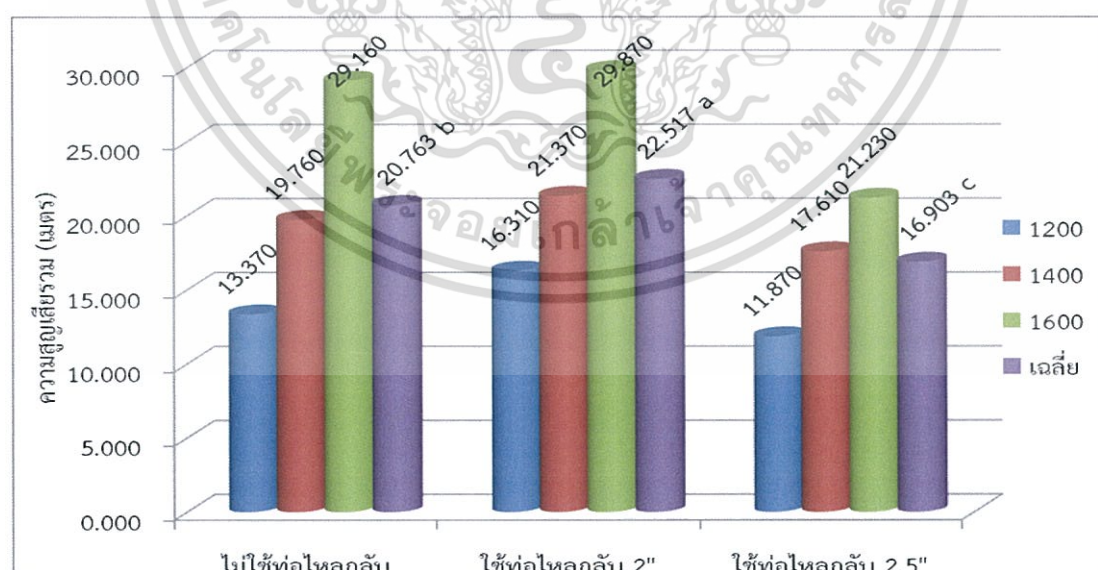
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ความสูญเสียรวมหรือเฮดรวม (Total Dynamic Head) ข้อมูลสรุปเฮดรวมสำหรับเครื่องสูบน้ำในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่แตกต่างกัน แสดงในตารางภาคผนวกที่ ข.20 และตารางภาคผนวกที่ ข.21 เฮดรวมแสดงความแตกต่างของเฮดความเร็ว เฮดความดัน เฮดสถิตและเฮดความฝืด (ตารางที่ 4.5) เฮดรวมเพิ่มขึ้น 13.85 เมตร, 19.58 เมตร และ 26.75 เมตร จาก 1200 ถึง 1400 และ 1600 รอบต่อนาที ในขณะที่ เฮดรวมต่ำสุดที่ตำแหน่งใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่ 1200 รอบ/นาที เฮดรวมสูงสุดคือไม่ใช้ท่อไหลกลับที่ 1600 รอบ/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เฮดรวมที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่แตกต่างกัน

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	เฉลี่ยเฮดรวม (เมตร)			เฉลี่ย
	ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	ใช้ท่อไหลกลับ 2"	ใช้ท่อไหลกลับ 2.5"	
1200	13.37	16.31	11.87	13.85 ^k
1400	19.76	21.37	17.61	19.58 ^j
1600	29.16	29.87	21.23	26.75 ⁱ
เฉลี่ย	20.76 ^b	22.51 ^a	16.90 ^c	20.06

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ต่างกันในกลุ่ม (a,b,c) หรือในแถว (i, j, k) แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าจะเป็นโดยทุกตาราง



รูปที่ 4.5 ความสูญเสียรวมที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ภาคผนวกที่ ข.19) พบว่าความสูญเสียของระบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99 % และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งของความเร็รรอบ แต่ไม่มีสัมพันธ์ระหว่างการใช้ท่อไหลกลับและความเร็รรอบ

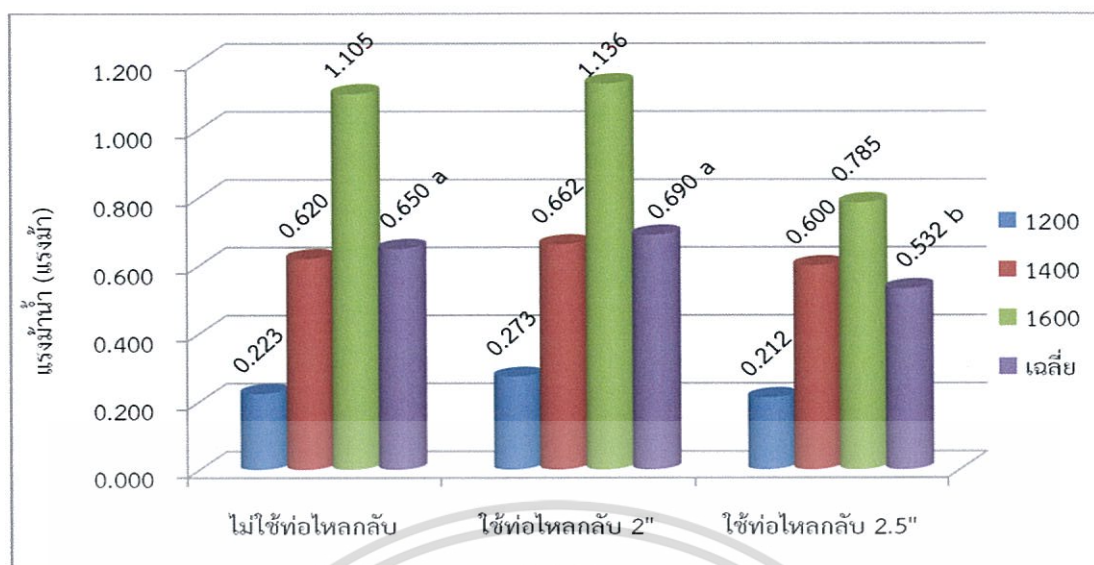
เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ท่อและไม่ใช้ท่อไหลกลับในเรื่องของระบบ พบว่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 16.903 เมตร ที่ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยความสูญเสียรวมน้อยที่สุด อยู่ที่ 1200 รอบ/นาที คือ 13.85 เมตร

4.1.6 แรงม้า (Water Horsepower) ข้อมูลสรุปเฉลี่ยสำหรับเครื่องสูบน้ำในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็รรอบที่แตกต่างกันแสดงในตารางภาคผนวกที่ ข.23 และตารางภาคผนวกที่ ข.24 แรงม้าเป็นพลังงานที่ได้จากเครื่องสูบน้ำ แสดงในตารางที่ 4.6 แรงม้าของเครื่องสูบน้ำเพิ่มขึ้น 0.23, 0.62, ถึง 1.00 แรงม้า หลังจากเพิ่มความเร็รรอบเป็น 1200 ถึง 1400 และ 1600 รอบ/นาที ในขณะที่แรงม้าสูงสุดคือ 0.69 แรงม้า ตำแหน่งใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ตามด้วยที่ตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ และใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว แรงม้าต่ำสุดที่ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว ที่ 0.53 แรงม้า ที่แตกต่างกันแสดงในรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แรงม้า (Water Horsepower) ที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็รรอบที่แตกต่างกัน

ความเร็รรอบ (รอบ/นาที)	เฉลี่ยแรงม้า (แรงม้า)			เฉลี่ย
	ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	ใช้ท่อไหลกลับ 2"	ใช้ท่อไหลกลับ 2.5"	
1200	0.22	0.27	0.21	0.23 ^k
1400	0.62	0.66	0.59	0.62 ^j
1600	1.10	1.13	0.78	1.00 ⁱ
เฉลี่ย	0.64 ^a	0.69 ^a	0.53 ^b	0.62

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ต่างกันในคอลัมน์ (a,b,c) หรือในแถว (i, j, k) แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าจะเป็นโดยทุกตาราง



รูปที่ 4.6 แรงม้า (Water Horsepower) ที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ภาคผนวกที่ ข.22) พบว่า แรงม้าในระบบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญอยู่ระดับ 99 % ในเรื่องการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในเรื่องความเร็วรอบ แต่ไม่มีความสัมพันธ์กันในเรื่องการใช้ท่อไหลกลับและความเร็วรอบ

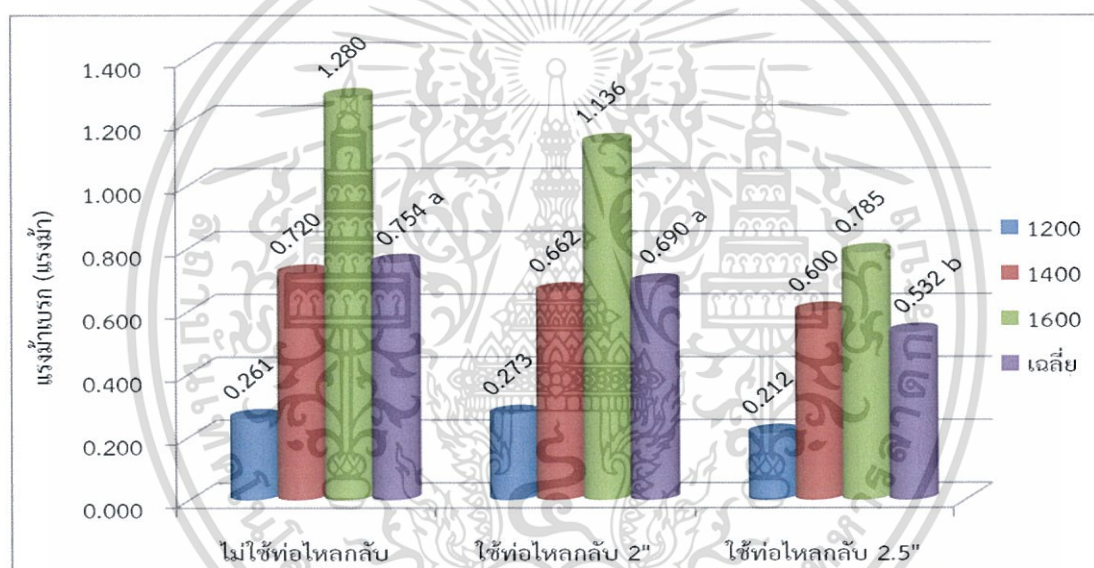
การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างใช้ท่อไหลกลับและไม่ใช้ท่อไหลกลับในเรื่องแรงม้าในระบบ พบว่าแรงม้าสูงสุดของระบบอยู่ที่ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ที่ 0.69 แรงม้า และความเร็วรอบที่ให้แรงม้าสูงสุดอยู่ที่ 1600 รอบ/นาที ที่ 1.00 แรงม้า

4.1.7 แรงม้าเบรก (Break Horsepower, BHP) ข้อมูลสรุปเฉลี่ยสำหรับเครื่องสูบน้ำในตำแหน่งใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่ต่างกันแสดงในภาคผนวกตารางที่ ข.26 และภาคผนวกตารางที่ ข.27 แรงม้าเบรกเป็นพลังงานที่ให้กับเครื่องสูบน้ำแสดงในตารางที่ 4.7 แรงม้าเบรกของเครื่องสูบน้ำเพิ่มขึ้น 0.248, 0.660 ถึง 1.067 แรงม้า หลังจากเพิ่มความเร็วรอบเป็น 1200 ถึง 1400 และ 1600 รอบ/นาที ในขณะที่แรงม้าเบรกสูงสุดคือ 0.753 แรงม้า ที่ตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ตามด้วยตำแหน่งใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว แรงม้าเบรกต่ำสุดคือ 0.532 แรงม้า ที่ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกันแสดงในรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แรงม้าเบรก (Break Horsepower, BHP) ที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็รรอบที่แตกต่างกัน

ความเร็รรอบ (รอบ/นาที)	เฉลี่ยแรงม้าเบรก (แรงม้า)			เฉลี่ย
	ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	ใช้ท่อไหลกลับ 2"	ใช้ท่อไหลกลับ 2.5"	
1200	0.2605	0.2730	0.2117	0.2484 ^k
1400	0.7201	0.6623	0.6000	0.6608 ^j
1600	1.2803	1.1359	0.7854	1.0672 ⁱ
เฉลี่ย	0.7536 ^a	0.6904 ^a	0.5323 ^b	0.6588

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ต่างกันในกลุ่ม (a,b,c) หรือในแถว (i, j, k) แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าจะเป็นโดยทุกตาราง



รูปที่ 4.7 แรงม้าเบรก (Break Horsepower, BHP) ที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ภาคผนวกที่ ข.25) พบว่า แรงม้าเบรกในระบบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญถึงระดับ 99 % ในเรื่องการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในเรื่องความเร็รรอบ แต่ไม่มีความสัมพันธ์กันในเรื่องการใช้ท่อไหลกลับและความเร็รรอบ

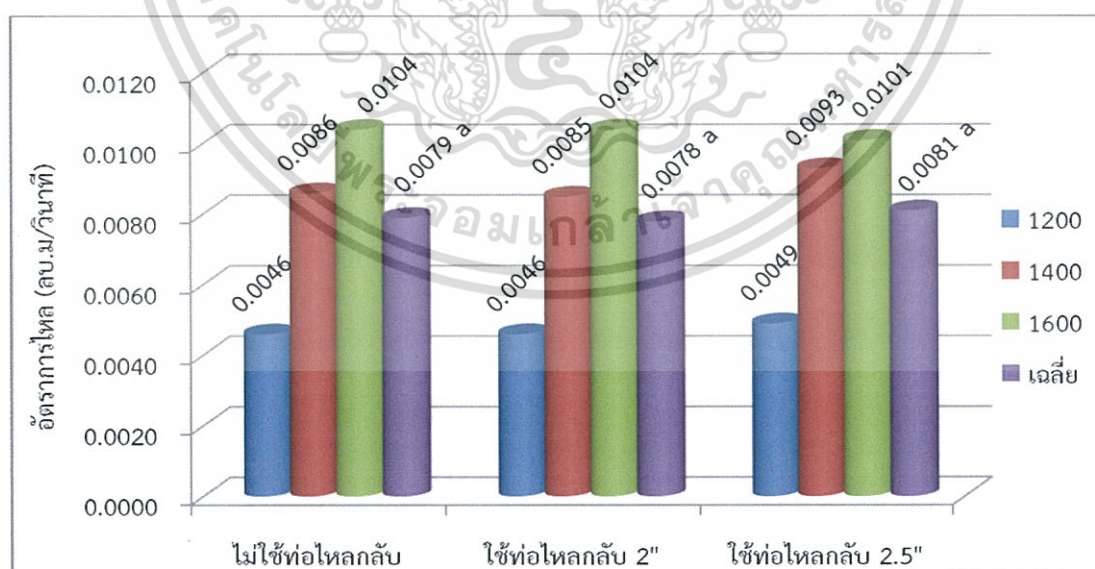
การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างใช้ท่อไหลกลับและไม่ใช้ท่อไหลกลับในเรื่องแรงม้าเบรกในระบบ พบว่าแรงม้าเบรกสูงสุดของระบบอยู่ที่ ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ที่ 0.748 แรงม้า และความเร็รรอบที่ให้แรงม้าเบรกสูงสุดอยู่ที่ 1600 รอบ/นาที ที่ 3.201 แรงม้า

4.1.8 อัตราการไหล ข้อมูลสรุปเฉลี่ยสำหรับเครื่องสูบน้ำในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่ต่างกันแสดงในภาคผนวก ตารางที่ ข.14 และ ภาคผนวก ตารางที่ ข.15 อัตราการไหลดังแสดงในตารางที่ 4.8 อัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำเพิ่มขึ้น 0.0047, 0.0088 ถึง 0.0103 ม³/วินาที หลังจากเพิ่มความเร็วรอบเป็น 1200 ถึง 1400 และ 1600 รอบต่อนาที ในขณะที่ อัตราการไหลสูงสุดคือ 0.0081 ม³/วินาที ที่ตำแหน่งใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่ตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ อัตราการไหลอยู่ที่ 0.0079 ม³/วินาที และอัตราการไหลต่ำสุดคือ 0.0078 ม³/วินาที ที่แตกต่างกันแสดงในรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 อัตราการไหลที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่ต่างกัน

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	เฉลี่ยอัตราการไหล (ม ³ /วินาที)			เฉลี่ย
	ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	ใช้ท่อไหลกลับ 2"	ใช้ท่อไหลกลับ 2.5"	
1200	0.0046	0.0046	0.0049	0.0047 ^k
1400	0.0086	0.0085	0.0093	0.0088 ^j
1600	0.0104	0.0104	0.0101	0.0103 ⁱ
เฉลี่ย	0.0079 ^a	0.0078 ^a	0.0081 ^a	0.0079

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ต่างกันในกลุ่ม (a,b,c) หรือในแถว (i, j, k) แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าจะเป็นโดยทุกตาราง



รูปที่ 4.8 อัตราการไหลของน้ำที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ภาคผนวกที่ ข.13) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยิ่งเมื่อใช้หรือไม่ใช้ท่อไหลกลับ รวมถึงความเร็วรอบต่างๆก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระดับ 99 % เช่นกัน แต่ความแตกต่างระหว่างการใช้ท่อไหลกลับและความเร็วกลับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95 %

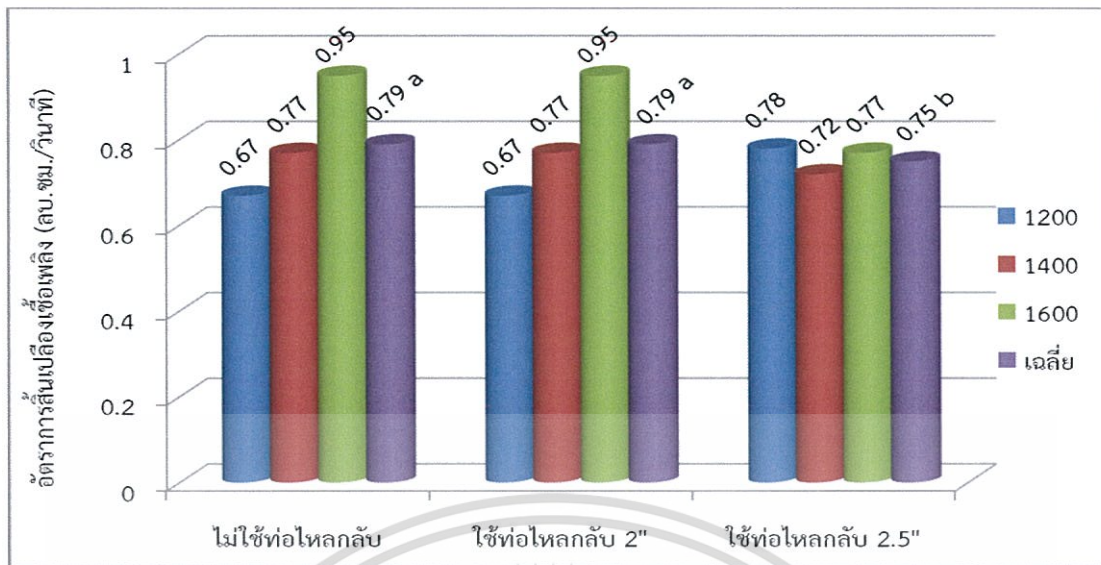
เปรียบเทียบอัตราการไหลพบว่า อัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ที่ 0.0079 ม³/นาที่ และความเร็วรอบที่ให้อัตราการไหลสูงสุด ที่ 0.0103 ม³/นาที่ อยู่ที่ 1600 รอบ/นาที่

4.1.9 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ข้อมูลสรุปเฉลี่ยสำหรับเครื่องต้นกำลังที่สูบน้ำในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่แตกต่างกันแสดงในภาคผนวก ตารางที่ ข.17 และภาคผนวก ตารางที่ ข.18 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแสดงใน ตารางที่ 4.9 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องต้นกำลังของเครื่องสูบน้ำเพิ่มขึ้น 0.70, 0.75 ถึง 0.89 0.70 ชม³/วินาที หลังจากเพิ่มความเร็วรอบเป็น 1200 ถึง 1400 และ 1600 รอบ/นาที่ ในขณะที่ อัตราการสิ้นเปลืองสูงสุดคือ 0.753 0.70 ชม³/วินาที ที่ตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ที่ตำแหน่งใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอยู่ที่ 0.690 0.70 ชม³/วินาที และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุดที่ตำแหน่งใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว คือ 0.532 0.70 ชม³/วินาที ที่แตกต่างกันแสดงในรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่แตกต่างกัน

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที่)	เฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ชม ³ /วินาที)			เฉลี่ย
	ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	ใช้ท่อไหลกลับ 2"	ใช้ท่อไหลกลับ 2.5"	
1200	0.67	0.67	0.78	0.70 ^k
1400	0.77	0.77	0.72	0.75 ^j
1600	0.95	0.95	0.77	0.89 ⁱ
เฉลี่ย	0.79 ^a	0.79 ^a	0.75 ^b	0.78

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ต่างกันในคอลัมน์ (a,b,c) หรือในแถว (i, j, k) แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าจะเป็นโดยทุกตาราง



รูปที่ 4.9 อัตราการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ภาคผนวกที่ ข.16) พบว่าการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงของต้นกำลังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 99 % รวมถึงความเร็วรอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และไม่มีความสัมพันธ์กันในเรื่องของการใช้ท่อไหลกลับและความเร็วรอบเช่นกัน

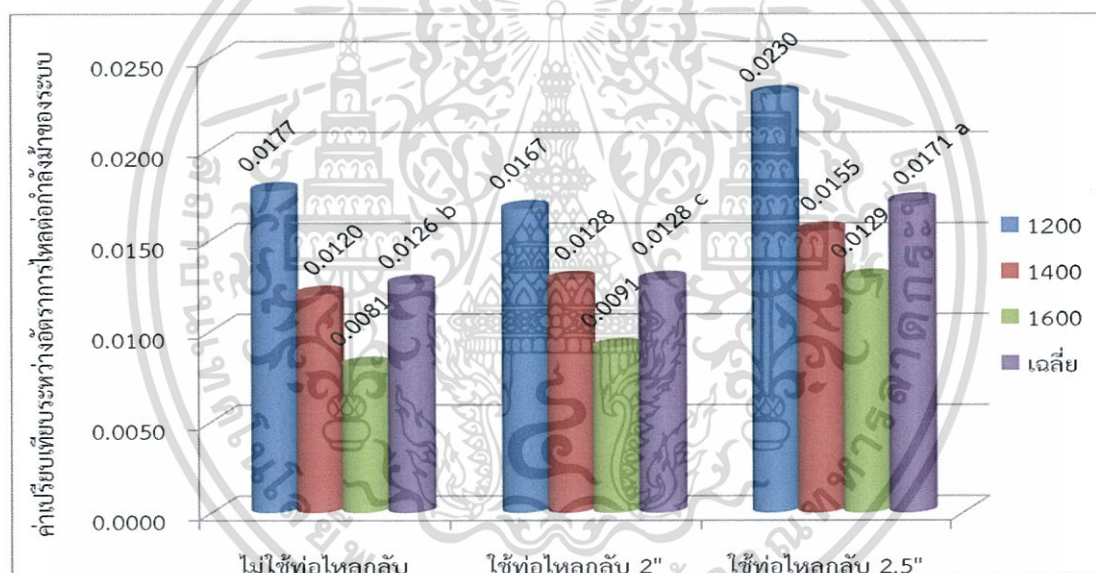
เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิง แสดงให้เห็นว่าการไม่ใช้ท่อไหลกลับและใช้ท่อไหลกลับแตกต่างกันโดยอัตราการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงต่ำสุดอยู่ที่ 0.5323 0.70 ซม³/วินาที ที่ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบต่ำก็ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงต่ำสุดที่ 0.70 ซม³/วินาที

4.1.10 ค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อแรงม้าของระบบ ข้อมูลสรุปเฉลี่ยสำหรับเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อแรงม้าของระบบในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่แตกต่างกันแสดงในภาคผนวกตารางที่ ข.29 และ ภาคผนวกตารางที่ ข.30 เปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อแรงม้าของระบบแสดงในตารางที่ 4.10 ค่าเปรียบเทียบเพิ่มขึ้น 0.0191, 0.0137 ถึง 0.0100 ม³/แรงม้า.วินาที หลังจากเพิ่มความเร็วรอบเป็น 1200, 1400 และ 1600 รอบ/นาที ในขณะที่ ประสิทธิภาพสูงสุดคือ 0.171 ม³/แรงม้า.วินาที ที่ตำแหน่งใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ประสิทธิภาพต่ำสุด คือ 0.126 ม³/แรงม้า.วินาที ที่ตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ แตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อกำลังม้าของระบบที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่แตกต่างกัน

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	เฉลี่ยค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อกำลังม้าของระบบ			เฉลี่ย
	ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	ใช้ท่อไหลกลับ 2"	ใช้ท่อไหลกลับ 2.5"	
1200	0.0177	0.0167	0.0230	0.0191 ⁱ
1400	0.0120	0.0128	0.0155	0.0134 ^j
1600	0.0081	0.0091	0.0129	0.0100 ^k
เฉลี่ย	0.0126 ^b	0.0128 ^c	0.0171 ^a	0.0142

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ต่างกันในกลุ่ม (a,b,c) หรือในแถว (i, j, k) แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าจะเป็นโดยทุกตาราง



รูปที่ 4.10 ค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อกำลังม้าของระบบที่ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ภาคผนวก ข.28) พบว่าค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อแรงม้าของระบบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99 % ในเรื่องของการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ รวมถึงความเร็วรอบของเครื่องสูบลม และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งระหว่างการใช้และไม่ใช้กับความเร็วยรอบ

การเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อกำลังม้าของระบบพบว่าค่าสูงสุด คือ 0.0171 ม³/แรงม้า.วินาที คือ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่ให้ค่าสูงสุด คือ 0.0201 ม³/แรงม้า.วินาที อยู่ที่ 1200 รอบ/นาที

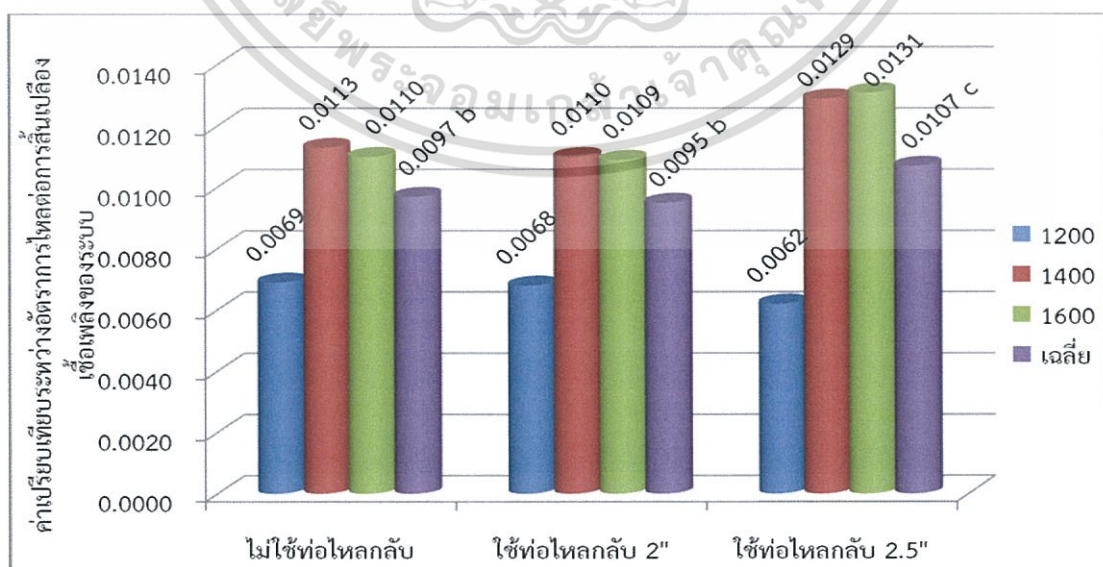
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.11 ค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องสูบลม ข้อมูลสรุปเฉลี่ยค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลและการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของระบบในตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่แตกต่างกันแสดงในภาคผนวก ตารางที่ ข.32 ภาคผนวก ตารางที่ ข.33 การเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลและการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของระบบแสดงในตารางที่ 4.11 ค่าเปรียบเทียบเพิ่มขึ้น 0.0066, 0.0117 ถึง 0.0116 ม³/แรงแม่.วินาที หลังจากเพิ่มความเร็วรอบเป็น 1200, 1400 ถึง 1600 รอบต่อนาที ในขณะที่ประสิทธิภาพสูงสุด คือ 0.0107 ม³/แรงแม่.วินาที ที่ความเร็วรอบ 1400 รอบ/นาที่ ที่ตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ประสิทธิภาพต่ำสุด คือ 0.0095 ม³/แรงแม่.วินาที ความเร็วรอบ 1200 รอบ/นาที่ ที่ตำแหน่งใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว แตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของระบบที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบที่ต่างกัน

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที่)	เฉลี่ยค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของระบบ			เฉลี่ย
	ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	ใช้ท่อไหลกลับ 2"	ใช้ท่อไหลกลับ 2.5"	
1200	0.0069	0.0068	0.0062	0.0066 ^j
1400	0.0113	0.0110	0.0129	0.0117 ⁱ
1600	0.0110	0.0109	0.0131	0.0116 ⁱ
เฉลี่ย	0.0097 ^b	0.0095 ^b	0.0107 ^c	0.0100

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ต่างกันในคอลัมน์ (a,b,c) หรือในแถว (i, j, k) แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความน่าจะเป็นโดยทุกตาราง



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลและการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของระบบ ที่ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน มอนูญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ภาคผนวก ข.31) ระหว่างอัตราการไหลต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องสูบ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 99 % รวมถึงความเร็รรอบก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 95 % ระหว่างความเร็รรอบและการใช้ท่อไหลกลับ

การเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของระบบ พบว่าค่าสูงสุดจะอยู่ที่ 0.0107 ม.³/ชม.³ ที่ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ต่ำที่สุดอยู่ที่ 0.0095 ม.³/ชม.³ ที่ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว โดยความเร็รรอบให้อัตราการไหลต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุดอยู่ที่ 1200 รอบ/นาที คือ 0.0095 ม.³/ชม.³

4.2 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนสุดท้าย

ความสูญเสียเนื่องจากเฮดความดัน (Pressure Head) ความสูญเสียเนื่องจากความเร็ว (Velocity Head) ความสูญเสียที่เกิดจากระยะศูดยหรือเฮดสถิต (Static Head) ความสูญเสียเนื่องจากเฮดความฝืด (Loss in Head) ความสูญเสียรวมหรือเฮดรวม (Total Dynamic Head) ประสิทธิภาพของน้ำ (Water Horsepower) Break Horsepower อัตราการไหล อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพปั๊ม (P%) ค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลและกำลังม้า ค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลและการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ค่าเปรียบเทียบระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและแรงม้าปั๊ม ของอุปกรณ์ ต่อผลกระทบของทั้ง 3 ตำแหน่งคือ ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว กับ 3 ระดับความเร็รรอบ คือ 1200,1400 และ 1600 รอบ/ต่อนาที ถูกนำมาคำนวณและวิเคราะห์ ผลของประสิทธิภาพในขั้นสุดท้าย ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำที่ตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

รายการการทดลอง	ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว	ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว	CV %	F-Test
ความสูญเสียเนื่องจากเฮดความดัน (เมตร)	18.79 ^a	19.01 ^a	12.54 ^b	9.71	**
ความสูญเสียเนื่องจากความเร็ว (เมตร)	0.023 ^c	0.432 ^b	0.521 ^a	7.25	**
ความสูญเสียที่เกิดจากระยะศูดยก (เมตร)	1.95 ^a	1.79 ^b	1.50 ^b	0	**
ความสูญเสียเนื่องจากเฮดความฝืด (เมตร)	0.0014 ^c	1.2830 ^b	2.3420 ^a	18.86	**
ความสูญเสียรวม (เมตร)	20.76 ^b	22.51 ^a	16.90 ^c	8.13	**
แรงม้า น้ำ (แรงม้า)	0.64 ^a	0.69 ^a	0.53 ^b	8.27	**
แรงม้า เบรก (แรงม้า)	0.75 ^a	0.69 ^a	0.53 ^b	8.27	**
อัตราการไหล (ลิตร/ชั่วโมง)	28,440 ^a	28,080 ^a	29,160 ^a	9.86	*,**
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ลิตร/ชั่วโมง)	2.84 ^a	2.84 ^a	2.70 ^b	2.44	**

**Significant at 1% level *Significant at 5% level

หมายเหตุ: ในบางรายการได้มีการเปลี่ยนหน่วยการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การออกแบบและสร้างชุดพ่นในท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตร ประกอบไปด้วย ชุดหัวพ่นน้ำไหลกลับโดยแบ่งน้ำส่วนหนึ่งของท่อส่งซึ่งไหลกลับไปยังท่อดูด ซึ่งการทดลองจะเริ่มจาก เปลี่ยนท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และ 2.5 นิ้ว ที่ระดับความเร็วรอบ 1,200 1,400 และ 1,600 รอบ/นาที โดยการเก็บค่าอัตราการไหล ค่าการสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิง และความสูญเสียรวมของระบบ เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของระบบในการทดลองต่างๆ แล้วนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาประสิทธิภาพสูงสุดของระบบเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ใช้ท่อไหลกลับ

จากข้อมูลการทดลองของ สถานีเกษตรชลประทาน พ.ศ. 2555 ได้คำนวณการใช้น้ำของการปลูกข้าวไร่ประมาณ $1,345 \text{ ม}^3/\text{ไร่}$ (1,345,000 ลิตร/ไร่) ที่ประสิทธิภาพในการสูบน้ำ 100 % จากปริมาณนี้นำมาใช้ให้การคำนวณเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อหาค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงโดยสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 การทดลองโดยไม่ใช้ท่อไหลกลับ สรุปได้ว่าที่อัตราการไหลประมาณ 7.9 ลิตร/วินาที (227,520 ลิตร/วัน) ต้องใช้น้ำมันในการเพาะปลูกประมาณ 127.7 ลิตร คิดที่น้ำมันดีเซล ลิตรละ 30 บาท จะต้องใช้เงินจำนวน 3,830 บาท/ไร่

5.1.2 การทดลองโดยใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว สรุปได้ว่าที่อัตราการไหลประมาณ 7.8 ลิตร/วินาที (224,640 ลิตร/วัน) ต้องใช้น้ำมันในการเพาะปลูกประมาณ 129.3 ลิตร คิดที่น้ำมันดีเซล ลิตรละ 30 บาทจะต้องใช้เงินจำนวน 3,879 บาท/ไร่

5.1.3 การทดลองโดยใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว สรุปได้ว่าที่อัตราการไหลประมาณ 8.1 ลิตร/วินาที (233,280 ลิตร/วัน) ต้องใช้น้ำมันในการเพาะปลูกประมาณ 124.5 ลิตร คิดที่น้ำมันดีเซลลิตรละ 30 บาทจะต้องใช้เงินจำนวน 3,736 บาท/ไร่

จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบการใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว กับไม่ใช้ท่อไหลกลับ จะได้อัตราการไหลมากขึ้นประมาณ 0.2 ลิตร/วินาที (17,280 ลิตร/วัน) ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ถึง 3.2 ลิตร เป็นผลให้ประหยัดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ถึง 96 บาท/ไร่

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 พื้นที่ทดลองควรอยู่ในพื้นที่สูง แหล่งน้ำควรเป็นบ่อน้ำบาดาลความสูงจากระดับพื้นถึงน้ำไม่น้อยกว่า 10 เมตร เพื่อที่จะแสดงผลความแตกต่างของการทดลองให้เด่นชัดขึ้น

5.2.2 การทดลองจะได้ค่าที่แม่นยำเพิ่มขึ้นหากเพิ่มอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลที่แม่นยำ เช่น เครื่องวัดความเร็วรอบภายในท่อ หรือเครื่องวัดความดันภายในท่อ เป็นต้น

5.2.3 อุปกรณ์เสริมที่จะต้องปรับเข้ากับระบบทั่วไปอาจจะต้องอาศัยการคำนวณใหม่ เพื่อ

เอกสารอ้างอิง

- [1] กิริติ ลีวัจนกุล, 2526. วิศวกรรมชลศาสตร์. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- [2] กรมชลประทาน, 2555. ระบบการจัดการบริหารการใช้น้ำเพื่อการเกษตร. กรุงเทพฯ
- [3] วิศณุ ทองเฝือ, 2552. “การออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องสูบน้ำแบบสูบลิ้นโดยอาศัยแรงเหวี่ยง”
วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยแห่งชาติประเทศฟิลิปปินส์
- [4] เทคนิค/เอ็มแอนด์อี.บจ,2009.ระบบ วาล์ว ป้อน ชุดที่ 1. กรุงเทพฯ
- [5] ภัทรภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ และวัชระ เพิ่มชาติ, 2543. เครื่องสูบน้ำในงานวิศวกรรม. กรุงเทพฯ. คณะ
วิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [6] คมสันต์ วงศ์วีระจันทร์, 2543. กลศาสตร์ของไหล. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- [7] วิบูลย์ บุญยธโรกุล, 2529. เครื่องสูบน้ำเพื่อการชลประทาน. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [8] Tyler G. Hicks and T.W. Edwards, 1971. Pump Application Engineering. Mc. Graw Hill.
- [9] VERTEX VENTURES INC, 1998. Flow line jet pump. Type of the Ejector, Retrieved on
December 9, 2007
- [10] GRIFFIN E. R, 1983. Pump and Water lifters for irrigation: Agricultural & Irrigation
Engineering. Utah: Utah State University Logan. 75 pp.
- [11] TOMAS F.S,1993. Irrigation water pumps Extension Agricultural Engineer. Retrieved on
September24, 2007
- [12] FRANKLIN ELECTRIC. 2009. Equivalent head on centrifugal pump, Retrieved on June 8,
2009
- [13] HANSEN E. V. 1979.Irrigation principles and practices (4th ed.) Logan, Utah: Utah State
University. 417 pp.
- [14] PUMPS OF OKLAHOMA. 2007. Water pump equipment, Retrieved on September 24,
2007
- [15] MYERS and BROS,1956. Manufacturing pump and haying tool exclusively. Retrieved on
December15, 2007
- [16] DONNELL HUNT, 1976. Farm Power and Machinery Mangment. Iowa State University
Press. Sixth Edition Printing. Ames. Iowa.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลผลการทดลองที่ไม่ใช่ท่อไหลกลับ

การทดลอง	รอบ	Hp	Hv	Hs	Hf	Q ฝ่าย	Oil	TDH	WHP	P%	BHP	Q/BHP	Q/Oil	Oil/BHP
หน่วย	RPM	m	m	m	m	m ³ /s	cc/s	m	Hp	%	Hp			
	1200	11.28	0.014	1.95	0.000461	0.005217	0.67	13.25	0.25007	86.01	0.2916	0.0179	0.0078	2.2977
	1200	11.67	0.009	1.95	0.000210	0.004320	0.67	13.63	0.21319	86.01	0.2485	0.0174	0.0064	2.6962
	1200	11.28	0.015	1.95	0.000531	0.004320	0.67	13.25	0.20707	86.01	0.2414	0.0179	0.0064	2.7755
	เฉลี่ย	11.41	0.013	1.95	0.000401	0.004619	0.67	13.37	0.22344	86.01	0.2605	0.0177	0.0069	2.5720
	1400	15.89	0.022	1.95	0.001126	0.009534	0.78	17.86	0.61829	88.30	0.7186	0.0133	0.0122	1.0854
ไม่ใช่ท่อไหลกลับ	1400	17.66	0.022	1.95	0.001126	0.007921	0.75	19.63	0.56497	88.30	0.6561	0.0121	0.0106	1.1431
	1400	19.82	0.022	1.95	0.001126	0.008545	0.78	21.79	0.67698	88.30	0.7856	0.0109	0.0110	0.9929
	เฉลี่ย	17.79	0.022	1.95	0.001126	0.008667	0.77	19.76	0.62008	88.30	0.7201	0.0120	0.0113	1.0693
	1600	25.51	0.036	1.95	0.003078	0.011328	0.94	27.49	1.13429	89.20	1.3142	0.0086	0.0121	0.7153
	1600	27.17	0.033	1.95	0.001867	0.009534	0.97	29.16	1.01268	89.20	1.1729	0.0081	0.0098	0.8270
	1600	28.84	0.037	1.95	0.003361	0.010408	0.94	30.83	1.16935	89.20	1.3540	0.0077	0.0111	0.6942
	เฉลี่ย	27.17	0.035	1.95	0.002769	0.010423	0.95	29.16	1.10544	89.20	1.2803	0.0081	0.0110	0.7420

ตารางที่ ก.2 ผลผลการทดลองที่ใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว

การทดลอง	รอบ	Hp	Hv	Hs	Hf	Q ฝ่าย	Oil	TDH	WHP	P%	BHP	Q/BHP	Q/Oil	Oil/BHP
หน่วย	RPM	m	m	m	m	m ³ /s	cc/s	m	Hp	%	Hp			
ใช้ท่อไหลกลับ 2"	1200	6.77	0.298	1.79	0.571372	0.0052	0.67	16.20	0.1782	87.53	0.3527	0.0147	0.0078	1.8996
	1200	6.57	0.238	1.79	0.366509	0.0047	0.67	15.54	0.1546	87.53	0.3086	0.0152	0.0070	2.1711
	1200	7.36	0.256	1.79	0.423396	0.0053	0.67	17.18	0.1914	87.53	0.3855	0.0137	0.0079	1.7380
	เฉลี่ย	6.90	0.264	1.79	0.453759	0.0025	0.67	16.30	0.1747	87.53	0.3489	0.0072	0.0037	1.9203
	1400	8.53	0.365	1.79	0.793011	0.0117	0.78	20.02	0.4904	87.70	0.9848	0.0119	0.0150	0.7920
	1400	9.52	0.388	1.79	0.965349	0.0082	0.75	22.17	0.3812	87.70	0.7693	0.0107	0.0109	0.9749
	1400	9.52	0.356	1.79	0.742100	0.0082	0.78	21.92	0.3736	87.70	0.7604	0.0108	0.0105	1.0258
	เฉลี่ย	9.19	0.369	1.79	0.833487	0.0046	0.77	21.37	0.4150	87.70	0.8381	0.0055	0.0060	0.9187
	1600	10.40	0.642	1.79	2.481675	0.0124	0.94	25.71	0.6975	89.53	1.3491	0.0092	0.0132	0.6968
	1600	13.34	0.688	1.79	2.859817	0.0097	0.97	32.02	0.6662	89.53	1.3156	0.0074	0.0100	0.7373
	1600	13.54	0.659	1.79	2.344253	0.0102	0.94	31.87	0.6848	89.53	1.3714	0.0074	0.0109	0.6854
	เฉลี่ย	12.43	0.663	1.79	2.561915	0.0053	0.95	29.86	0.6828	89.53	1.3453	0.0039	0.0056	0.7062

ตารางที่ ก.3 มวลผลการทดลองที่ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว

การทดลอง	รอบ	Hp	Hv	Hs	Hf	Q ฝ่าย	Oil	TDH	WHP	P%	BHP	Q/BHP	Q/Oil	Oil/BHP
หน่วย	RPM	m	m	m	m	m ³ /s	cc/s	m	Hp	%	Hp			
ใช้ท่อไหลกลับ 2.5"	1200	4.22	0.292	1.50	0.632495	0.0082	0.75	10.86	0.2088	87.37	0.3768	0.0218	0.0109	1.9904
	1200	4.71	0.272	1.50	0.545309	0.0063	0.81	11.73	0.1693	87.37	0.3128	0.0201	0.0078	2.5895
	1200	5.30	0.293	1.50	0.633048	0.0067	0.78	13.02	0.1959	87.37	0.3667	0.0183	0.0086	2.1271
	เฉลี่ย	4.74	0.286	1.50	0.603617	0.0070	0.78	11.87	0.1913	87.37	0.3521	0.0199	0.0090	2.2153
	1400	6.47	0.507	1.50	1.901090	0.0130	0.72	16.86	0.5070	87.99	0.9225	0.0141	0.0181	0.7805
	1400	7.26	0.453	1.50	1.518336	0.0117	0.69	17.99	0.4707	87.99	0.8851	0.0132	0.0170	0.7796
	1400	7.16	0.480	1.50	1.656040	0.0117	0.75	17.96	0.4736	87.99	0.8836	0.0132	0.0156	0.8488
	เฉลี่ย	6.97	0.480	1.50	1.691822	0.0121	0.72	17.60	0.4837	87.99	0.8970	0.0135	0.0168	0.8027
	1600	6.57	0.810	1.50	4.900065	0.0158	0.75	20.36	0.8167	89.19	1.3607	0.0116	0.0211	0.5512
	1600	7.16	0.839	1.50	5.202984	0.0152	0.78	21.86	0.8370	89.19	1.4060	0.0108	0.0195	0.5548
	1600	7.55	0.744	1.50	4.088701	0.0144	0.78	21.44	0.7458	89.19	1.2993	0.0111	0.0185	0.6003
	เฉลี่ย	7.10	0.798	1.50	4.730583	0.0151	0.77	21.22	0.7998	89.19	1.3553	0.0111	0.0196	0.5681



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเฮดความดัน (H_p) ที่แตกต่างกันที่ความเร็วของเครื่องสูบล

SOURCE	DF	SS	MEAN SQUARE	F VALUE	F TEST	
					1%	5%
PIPE	2	760.7210	380.3605	311.1 ^{**}	6.01	3.55
RPM	2	280.0014	140.0007	114.51 ^{**}	6.01	3.55
PIPE×RPM	4	153.9646	38.4911	31.48 ^{**}	4.54	2.93
Error	18	22.0073	1.2226			
Corrected Total	26	1216.6943				

Cv = 9.59%

**Significant at 1% level

ตารางที่ ข.2 การเปรียบเทียบเฮดความดัน (H_p) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	18.7911 ^a
ใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว	9.5056 ^b
ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว	6.2667 ^c

ตารางที่ ข.3 การเปรียบเทียบเฮดความดัน (H_p) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อความเร็วรอบ

ความเร็วรอบ(รอบ/นาที)	ค่าเฉลี่ย (เมตร)
1600	15.5644 ⁱ
1400	11.3144 ^j
1200	7.6844 ^k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเฮดความเร็ว (H_v) ที่แตกต่างกันที่ความเร็วของเครื่องสูบล

SOURCE	DF	SS	MEAN SQUARE	F VALUE	F TEST	
					1%	5%
PIPE	2	1.269	0.634	1138.19**	6.01	3.55
RPM	2	0.452	0.226	405.89**	6.01	3.55
PIPE×RPM	4	0.206	0.051	92.23**	4.54	2.93
Error	18	0.010	0.241			
Corrected Total	26	1.937	0.001			

$C_v = 7.25\%$

**Significant at 1% level

ตารางที่ ข.5 การเปรียบเทียบเฮดความเร็ว (H_v) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย
ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว	0.52111 ^a
ใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว	0.43222 ^b
ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	0.02333 ^c

ตารางที่ ข.6 การเปรียบเทียบเฮดความเร็ว (H_v) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อความเร็วรอบ

ความเร็วรอบ(รอบ/นาที)	ค่าเฉลี่ย (เมตร)
1600	0.49867 ⁱ
1400	0.29056 ^j
1200	0.18744 ^k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเขตความผิด (H_f) ที่แตกต่างกันที่ความเร็วของเครื่องสูบล

SOURCE	DF	SS	MEAN SQUARE	F VALUE	F TEST	
					1%	5%
PIPE	2	24.727	12.363	237.64**	6.01	3.55
RPM	2	21.268	10.634	204.40**	6.01	3.55
PIPE×RPM	4	13.758	3.439	66.11**	4.54	2.93
Error	18	0.936	0.052			
Corrected Total	26	60.689				

Cv = 18.86%

**Significant at 1% level

ตารางที่ ข.8 การเปรียบเทียบเขตความผิด (H_f) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	0.0014 ^a
ใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว	1.2831 ^b
ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว	2.3420 ^c

ตารางที่ ข.9 การเปรียบเทียบเขตความผิด (H_f) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อความเร็วรอบ

ความเร็วรอบ(รอบ/นาที)	ค่าเฉลี่ย (เมตร)
1600	2.4318 ⁱ
1400	0.8421 ^j
1200	0.3526 ^k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการไหลจากฝายที่แตกต่างกันที่ความเร็วของเครื่องสูบ

SOURCE	DF	SS	MEAN SQUARE	F VALUE	F TEST	
					1%	5%
PIPE	2	0.0006226	0.0003113	73.68 ^{**}	6.01	3.55
RPM	2	0.0008445	0.0004223	99.94 ^{**}	6.01	3.55
PIPE×RPM	4	0.0000701	0.0000175	4.15 [*]	4.54	2.93
Error	18	0.0000761	0.0000042			
Corrected Total	26	0.0012133				

Cv = 10.93%

**Significant at 1% level *Significant at 5% level

ตารางที่ ข.11 การเปรียบเทียบของอัตราการไหลจากฝายของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย
ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว	0.0079030 ^a
ใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว	0.0057194 ^b
ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	0.0042033 ^c

ตารางที่ ข.12 การเปรียบเทียบอัตราการไหลจากฝาย ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อความเร็วรอบ

ความเร็วรอบ(รอบ/นาที)	ค่าเฉลี่ย (ลบ.ม./วินาที)
1600	0.0077977 ⁱ
1400	0.0064663 ^j
1200	0.0035618 ^k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันที่ความเร็วของเครื่องสูบล

SOURCE	DF	SS	MEAN SQUARE	F VALUE	F TEST	
					1%	5%
PIPE	2	0.02427	0.01213	30.33**	6.01	3.55
RPM	2	0.18427	0.09213	230.33**	6.01	3.55
PIPE×RPM	4	0.10653	0.02663	66.58**	4.54	2.93
Error	18	0.00720	0.00042			
Corrected Total	26	0.32227				

Cv = 2.51%

**Significant at 1% level

ตารางที่ ข.14 การเปรียบเทียบของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย
ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว	0.830000 ^a
ใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว	0.796667 ^b
ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	0.756667 ^c

ตารางที่ ข.15 การเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อความเร็วรอบ

ความเร็วรอบ(รอบ/นาที)	ค่าเฉลี่ย (ลบ.ชม./วินาที)
1600	0.903333 ⁱ
1400	0.776667 ^j
1200	0.703333 ^k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเฮดรวม (TDH) ที่แตกต่างกันที่ความเร็วของเครื่องสูบล

SOURCE	DF	SS	MEAN SQUARE	F VALUE	F TEST	
					1%	5%
PIPE	2	467.61	233.81	185.95 ^{**}	6.01	3.55
RPM	2	479.54	239.77	190.70 ^{**}	6.01	3.55
PIPE×RPM	4	71.86	17.96	14.29 ^{**}	4.54	2.93
Error	18	22.63	1.26			
Corrected Total	26	1041.65				

Cv=7.55%

**Significant at 1% level

ตารางที่ ข.17 การเปรียบเทียบเฮดรวม (TDH) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	20.6056 ^a
ใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว	13.0100 ^b
ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว	10.9200 ^c

ตารางที่ ข.18 การเปรียบเทียบเฮดรวม (TDH) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อความเร็วรอบ

ความเร็วรอบ(รอบ/นาที)	ค่าเฉลี่ย (เมตร)
1600	20.2844 ⁱ
1400	14.2356 ^j
1200	10.0156 ^k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแรงม้า (WHP) ที่แตกต่างกันที่ความเร็วของเครื่องสูบ

SOURCE	DF	SS	MEAN SQUARE	F VALUE	F TEST	
					1%	5%
PIPE	2	1.067	0.533	386.14 ^{**}	6.01	3.55
RPM	2	1.039	0.520	376.17 ^{**}	6.01	3.55
PIPE×RPM	4	0.367	0.092	66.45 ^{**}	4.54	2.93
Error	18	0.025	0.001			
Corrected Total	26	2.498				

Cv=10.06%

**Significant at 1% level

ตารางที่ ข.20 การเปรียบเทียบแรงม้า (WHP) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	0.64965 ^a
ใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว	0.21211 ^b
ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว	0.24583 ^c

ตารางที่ ข.21 การเปรียบเทียบแรงม้า (WHP) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อความเร็วรอบ

ความเร็วรอบ(รอบ/นาที)	ค่าเฉลี่ย (แรงม้า)
1600	0.61560 ⁱ
1400	0.35650 ^j
1200	0.13549 ^k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแรงม้าเบรก (BHP) ที่แตกต่างกันที่ความเร็วของเครื่องสูบล

SOURCE	DF	SS	MEAN SQUARE	F VALUE	F TEST	
					1%	5%
PIPE	2	1.415	0.707	386.06**	6.01	3.55
RPM	2	1.379	0.689	376.09**	6.01	3.55
PIPE×RPM	4	0.487	0.121	66.45**	4.54	2.93
Error	18	0.033	0.001			
Corrected Total	26	3.315				

Cv=10.06%

**Significant at 1% level

ตารางที่ ข.23 การเปรียบเทียบแรงม้าเบรก (BHP) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	0.74834 ^a
ใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว	0.24431 ^b
ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว	0.28318 ^c

ตารางที่ ข.24 การเปรียบเทียบแรงม้าเบรก (BHP) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อความเร็วรอบ

ความเร็วรอบ(รอบ/นาที)	ค่าเฉลี่ย (แรงม้า)
1600	0.70911 ⁱ
1400	0.41066 ^j
1200	0.15607 ^k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการไหลต่อพลังงานที่ใช้ปั๊มน้ำ (Q/BHP) ที่แตกต่างกันที่ความเร็วของเครื่องสูบล

SOURCE	DF	SS	MEAN SQUARE	F VALUE	F TEST	
					1%	5%
PIPE	2	0.0005190	0.0002595	188.13**	6.01	3.55
RPM	2	0.0006873	0.0003436	249.15**	6.01	3.55
PIPE×RPM	4	0.0000343	0.0000086	6.22**	4.54	2.93
Error	18	0.0000248	0.0000014			
Corrected Total	26	0.0012654				

Cv = 6.33%

**Significant at 1% level

ตารางที่ ข.26 การเปรียบเทียบแรงม้าเบรค (Q/BHP) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย
ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว	0.0234000 ^a
ใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว	0.0194556 ^b
ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	0.0127778 ^c

ตารางที่ ข.27 การเปรียบเทียบอัตราการไหลต่อพลังงานที่ใช้ปั๊มน้ำ (Q/BHP) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อความเร็วรอบ

ความเร็วรอบ(รอบ/นาที)	ค่าเฉลี่ย
1600	0.0250667 ⁱ
1400	0.0177889 ^j
1200	0.0127778 ^k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการไหลต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Q/Oil) ที่แตกต่างกันที่ความเร็วของเครื่องสูบล

SOURCE	DF	SS	MEAN SQUARE	F VALUE	F TEST	
					1%	5%
PIPE	2	0.0000765	0.0000382	50.58 ^{**}	6.01	3.55
RPM	2	0.0000672	0.0000336	44.45 ^{**}	6.01	3.55
PIPE×RPM	4	0.0000090	0.0000022	2.97 [*]	4.54	2.93
Error	18	0.0000136	0.0000008			
Corrected Total	26	0.0001663				

Cv = 11.80%

**Significant at 1% level *Significant at 5% level

ตารางที่ ข.29 การเปรียบเทียบอัตราการไหลต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Q/Oil) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใช้ท่อไหลกลับ	0.0092889 ^a
ใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว	0.0076111 ^b
ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว	0.0051889 ^c

ตารางที่ ข.30 การเปรียบเทียบอัตราการไหลต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Q/Oil) ของต้นแบบที่มีอิทธิพลต่อความเร็วรอบ

ความเร็วรอบ(รอบ/นาที)	ค่าเฉลี่ย
1600	0.0086778 ⁱ
1400	0.0082667 ⁱ
1200	0.0051444 ^j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 49

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
PIPE	3	2.5inch 2inch Nopipe
RPM	3	1200 1400 1600
Number of observations		27

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 50

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Hp

		Sum of			
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	1194.686933	149.335867	122.14	<.0001
Error	18	22.007333	1.222630		
Corrected Total	26	1216.694267			
		R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hp Mean
		0.981912	9.597389	1.105726	11.52111
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PIPE	2	760.7209556	380.3604778	311.10	<.0001
RPM	2	280.0014000	140.0007000	114.51	<.0001
PIPE*RPM	4	153.9645778	38.4911444	31.48	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 51

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Hv

		Sum of			
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	1.92663333	0.24082917	432.14	<.0001
Error	18	0.01003133	0.00055730		
Corrected Total	26	1.93666467			
		R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hv Mean
		0.994820	7.251335	0.023607	0.325556
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PIPE	2	1.26862222	0.63431111	1138.19	<.0001
RPM	2	0.45240422	0.22620211	405.89	<.0001
PIPE*RPM	4	0.20560689	0.05140172	92.23	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 52

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Hs

		Sum of			
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	0	0		
Error	18	0	0		
Corrected Total	26	0			
		R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hs Mean
		0.000000	0	0	1.790000
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PIPE	2	0	0		
RPM	2	0	0		
PIPE*RPM	4	0	0		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 53

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Hf

		Sum of			
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	59.75279514	7.46909939	143.56	<.0001
Error	18	0.93647703	0.05202650		
Corrected Total	26	60.68927217			
		R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hf Mean
		0.984569	18.86891	0.228093	1.208831
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PIPE	2	24.72669878	12.36334939	237.64	<.0001
RPM	2	21.26833289	10.63416644	204.40	<.0001
PIPE*RPM	4	13.75776347	3.43944087	66.11	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 54

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Qdam

		Sum of			
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	0.00015372	0.00001922	45.48	<.0001
Error	18	0.00000761	0.00000042		
Corrected Total	26	0.00016133			
		R-Square	Coeff Var	Root MSE	Qdam Mean
		0.952856	10.93971	0.000650	0.005942
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PIPE	2	0.00006226	0.00003113	73.68	<.0001
RPM	2	0.00008445	0.00004223	99.94	<.0001
PIPE*RPM	4	0.00000701	0.00000175	4.15	0.0149

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 55

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Oil

		Sum of			
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	0.31506667	0.03938333	98.46	<.0001
Error	18	0.00720000	0.00040000		
Corrected Total	26	0.32226667			
		R-Square	Coeff Var	Root MSE	Oil Mean
		0.977658	2.517483	0.020000	0.794444
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PIPE	2	0.02426667	0.01213333	30.33	<.0001
RPM	2	0.18426667	0.09213333	230.33	<.0001
PIPE*RPM	4	0.10653333	0.02663333	66.58	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 56

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: TDH

		Sum of			
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	1019.013874	127.376734	101.31	<.0001
Error	18	22.632000	1.257333		
Corrected Total	26	1041.645874			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	R-Square	Coeff Var	Root MSE	TDH Mean	
	0.978273	7.553350	1.121309	14.84519	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PIPE	2	467.6116519	233.8058259	185.95	<.0001
RPM	2	479.5426074	239.7713037	190.70	<.0001
PIPE*RPM	4	71.8596148	17.9649037	14.29	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 57

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: WHP

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	2.47362346	0.30920293	223.80	<.0001
Error	18	0.02486880	0.00138160		
Corrected Total	26	2.49849226			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	WHP Mean	
	0.990046	10.06774	0.037170	0.369198	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PIPE	2	1.06696953	0.53348476	386.14	<.0001
RPM	2	1.03942714	0.51971357	376.17	<.0001
PIPE*RPM	4	0.36722679	0.09180670	66.45	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 58

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: P

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	29.64086667	3.70510833	Infity	<.0001
Error	18	0.00000000	0.00000000		
Corrected Total	26	29.64086667			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	P Mean	
	1.000000	0	0	88.09111	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PIPE	2	0.89606667	0.44803333	Infity	<.0001
RPM	2	24.69046667	12.34523333	Infity	<.0001
PIPE*RPM	4	4.05433333	1.01358333	Infity	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 59

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: BHP

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	3.28230171	0.41028771	223.75	<.0001
Error	18	0.03300587	0.00183366		
Corrected Total	26	3.31530759			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	BHP Mean	
	0.990044	10.06901	0.042821	0.425278	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PIPE	2	1.41582074	0.70791037	386.06	<.0001
RPM	2	1.37924814	0.68962407	376.09	<.0001
PIPE*RPM	4	0.48723284	0.12180821	66.43	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: QBHP

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	0.00124054	0.00015507	112.43	<.0001
Error	18	0.00002483	0.00000138		
Corrected Total	26	0.00126537			
R-Square		Coeff Var	Root MSE	QBHP Mean	
	0.980380	6.332995	0.001174	0.018544	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PIPE	2	0.00051895	0.00025947	188.13	<.0001
RPM	2	0.00068728	0.00034364	249.15	<.0001
PIPE*RPM	4	0.00003431	0.00000858	6.22	0.0025

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 61

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: QOil

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	0.00015266	0.00001908	25.24	<.0001
Error	18	0.00001361	0.00000076		
Corrected Total	26	0.00016626			
R-Square		Coeff Var	Root MSE	QOil Mean	
	0.918162	11.80829	0.000869	0.007363	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PIPE	2	0.00007648	0.00003824	50.58	<.0001
RPM	2	0.00006721	0.00003360	44.45	<.0001
PIPE*RPM	4	0.00000897	0.00000224	2.97	0.0479

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 62

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: OilBHP

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	123.2888400	15.4111050	70.22	<.0001
Error	18	3.9506847	0.2194825		
Corrected Total	26	127.2395247			
R-Square		Coeff Var	Root MSE	OilBHP Mean	
	0.968951	14.89528	0.468490	3.145222	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PIPE	2	36.35101089	18.17550544	82.81	<.0001
RPM	2	74.73049800	37.36524900	170.24	<.0001
PIPE*RPM	4	12.20733111	3.05183278	13.90	<.0001

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Hp

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	1.22263
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	1.0951

Means with the same letter are not significantly different. เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t Grouping	Mean	N	PIPE
A	18.7911	9	Nopipe
B	9.5056	9	2inch
C	6.2667	9	2.5inch

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 64

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Hv

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0.000557
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0234

Means with the same letter are not significantly different

t Grouping	Mean	N	PIPE
A	0.52111	9	2.5inch
B	0.43222	9	2inch
C	0.02333	9	Nopipe

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 65

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Hs

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	PIPE
A	1.790	9	2.5inch
A	1.790	9	2inch
A	1.790	9	Nopipe

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 66

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Hf

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0.052027
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.2259

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	PIPE
A	2.3420	9	2.5inch
B	1.2831	9	2inch
C	0.0014	9	Nopipe

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Qdam

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	4.225E-7
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0006

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	PIPE
A	0.0079030	9	Nopipe
B	0.0057194	9	2.5inch
C	0.0042033	9	2inch

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 68

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Oil

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0.0004
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0198

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	PIPE
A	0.830000	9	Nopipe
B	0.796667	9	2inch
C	0.756667	9	2.5inch

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 69

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for TDH

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	1.257333
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	1.1105

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	PIPE
A	20.6056	9	Nopipe
B	13.0100	9	2inch
C	10.9200	9	2.5inch

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 70

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for WHP

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0.001382
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0368

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	PIPE
------------	------	---	------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวิชาการซึ่งใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A	0.64965	9	Nopipe
B	0.24583	9	2.5inch
B	0.21211	9	2inch

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 71

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for P

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	PIPE
A	88.25	9	2inch
B	88.18	9	2.5inch
C	87.84	9	Nopipe

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 72

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for BHP

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0.001834
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0424

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	PIPE
A	0.74834	9	Nopipe
B	0.28318	9	2.5inch
B	0.24431	9	2inch

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 73

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for QBHP

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	1.379E-6
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0012

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	PIPE
A	0.0234000	9	2.5inch
B	0.0194556	9	2inch
C	0.0127778	9	Nopipe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 74

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for QOil

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 18
 Error Mean Square 7.559E-7
 Critical Value of t 2.10092
 Least Significant Difference 0.0009

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	PIPE
A	0.0092889	9	Nopipe
B	0.0076111	9	2.5inch
C	0.0051889	9	2inch

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 75

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for OilBHP

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 18
 Error Mean Square 0.219482
 Critical Value of t 2.10092
 Least Significant Difference 0.464

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	PIPE
A	4.1217	9	2inch
A	3.7991	9	2.5inch
B	1.5149	9	Nopipe

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 76

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Hp

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 18
 Error Mean Square 1.22263
 Critical Value of t 2.10092
 Least Significant Difference 1.0951

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	RPM
A	15.5644	9	1600
B	11.3144	9	1400
C	7.6844	9	1200

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 77

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Hv

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 18
 Error Mean Square 0.000557
 Critical Value of t 2.10092
 Least Significant Difference 0.0234

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	RPM
A	0.49867	9	1600
B	0.29056	9	1400
C	0.18744	9	1200

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 78

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Hs

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	RPM
A	1.790	9	1200
A	1.790	9	1400
A	1.790	9	1600

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 79

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Hf

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0.052027
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.2259

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	RPM
A	2.4318	9	1600
B	0.8421	9	1400
C	0.3526	9	1200

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 80

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Qdam

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	4.225E-7
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0006

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	RPM
A	0.0077977	9	1600
B	0.0064663	9	1400
C	0.0035618	9	1200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 81

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Oil

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 18
 Error Mean Square 0.0004
 Critical Value of t 2.10092
 Least Significant Difference 0.0198

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	RPM
A	0.903333	9	1600
B	0.776667	9	1400
C	0.703333	9	1200

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 82

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for TDH

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 18
 Error Mean Square 1.257333
 Critical Value of t 2.10092
 Least Significant Difference 1.1105

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	RPM
A	20.2844	9	1600
B	14.2356	9	1400
C	10.0156	9	1200

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 83

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for WHP

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 18
 Error Mean Square 0.001382
 Critical Value of t 2.10092
 Least Significant Difference 0.0368

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	RPM
A	0.61560	9	1600
B	0.35650	9	1400
C	0.13549	9	1200

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 84

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for P

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 18
 Error Mean Square 0
 Critical Value of t 2.10092
 Least Significant Difference 0

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	RPM
------------	------	---	-----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A	89.31	9	1600
B	88.00	9	1400
C	86.97	9	1200

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 85

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for BHP

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0.001834
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0424

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	RPM
A	0.70911	9	1600
B	0.41066	9	1400
C	0.15607	9	1200

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 86

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for QBHP

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	1.379E-6
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0012

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	RPM
A	0.0250667	9	1200
B	0.0177889	9	1400
C	0.0127778	9	1600

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 87

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for QOil

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	7.559E-7
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0009

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	RPM
A	0.0086778	9	1600
A	0.0082667	9	1400
B	0.0051444	9	1200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 88

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for OilBHP

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 18
 Error Mean Square 0.219482
 Critical Value of t 2.10092
 Least Significant Difference 0.464

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	RPM
A	5.4609	9	1200
B	2.3479	9	1400
C	1.6269	9	1600

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 89

The ANOVA Procedure

Level of PIPE	Level of RPM	N	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
2.5inch	1200	3	4.7433333	0.54077105	0.28566667	0.01184624
2.5inch	1400	3	6.9633333	0.43015501	0.48000000	0.02700000
2.5inch	1600	3	7.0933333	0.49338964	0.79766667	0.04868607
2inch	1200	3	6.9000000	0.41073106	0.26400000	0.03078961
2inch	1400	3	9.1900000	0.57157677	0.36966667	0.01650253
2inch	1600	3	12.4266667	1.75799128	0.66300000	0.02325941
Nopipe	1200	3	11.4100000	0.22516660	0.01266667	0.00321455
Nopipe	1400	3	17.7900000	1.96822255	0.02200000	0.00000000
Nopipe	1600	3	27.1733333	1.66500250	0.03533333	0.00208167

Level of PIPE	Level of RPM	N	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
2.5inch	1200	3	1.79000000	0	0.60361733	0.05049725
2.5inch	1400	3	1.79000000	0	1.69182200	0.19386959
2.5inch	1600	3	1.79000000	0	4.73058333	0.57615074
2inch	1200	3	1.79000000	0	0.45375900	0.10575276
2inch	1400	3	1.79000000	0	0.83348667	0.11699888
2inch	1600	3	1.79000000	0	2.56191500	0.26698390
Nopipe	1200	3	1.79000000	0	0.00040067	0.00016879
Nopipe	1400	3	1.79000000	0	0.00112600	0.00000000
Nopipe	1600	3	1.79000000	0	0.00276867	0.00079358

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Level of PIPE	Level of RPM	N	-----Qdam-----		-----Oil-----	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
2.5inch	1200	3	0.00353567	0.00050614	0.78000000	0.03000000
2.5inch	1400	3	0.00604833	0.00037816	0.72000000	0.03000000
2.5inch	1600	3	0.00757433	0.00037161	0.77000000	0.01732051
2inch	1200	3	0.00253067	0.00015885	0.67000000	0.00000000
2inch	1400	3	0.00468400	0.00099247	0.77000000	0.01732051
2inch	1600	3	0.00539533	0.00072167	0.95000000	0.01732051
Nopipe	1200	3	0.00461900	0.00051788	0.66000000	0.01732051
Nopipe	1400	3	0.00866667	0.00081335	0.84000000	0.01732051
Nopipe	1600	3	0.01042333	0.00089710	0.99000000	0.01732051

Level of PIPE	Level of RPM	N	-----TDH-----		-----WHP-----	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
2.5inch	1200	3	7.4200000	0.54690036	0.09567000	0.01007217
2.5inch	1400	3	10.9266667	0.22501852	0.24188667	0.01009975
2.5inch	1600	3	14.4133333	0.50242744	0.39992000	0.02393555
2inch	1200	3	9.4100000	0.43034870	0.08736667	0.00932166
2inch	1400	3	12.1800000	0.62000000	0.20754000	0.03268827
2inch	1600	3	17.4400000	1.85291662	0.34143333	0.00787058
Nopipe	1200	3	13.2166667	0.21939310	0.22344333	0.02326152
Nopipe	1400	3	19.6000000	1.96822255	0.62008000	0.05602645

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 90

The ANOVA Procedure

Level of PIPE	Level of RPM	N	-----TDH-----		-----WHP-----	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
Nopipe	1600	3	29.0000000	1.67000000	1.10544000	0.08222295

Level of PIPE	Level of RPM	N	-----P-----		-----BHP-----	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
2.5inch	1200	3	87.3700000	0.000000E+00	0.11020000	0.01162024
2.5inch	1400	3	87.9900000	4.104323E-15	0.27863333	0.01160704
2.5inch	1600	3	89.1900000	0.000000E+00	0.46070000	0.02756139
2inch	1200	3	87.5300000	8.202638E-15	0.10060000	0.01074058
2inch	1400	3	87.7000000	4.104323E-15	0.23906667	0.03768160
2inch	1600	3	89.5300000	8.202638E-15	0.39326667	0.00905336
Nopipe	1200	3	86.0100000	4.104323E-15	0.25740000	0.02682294
Nopipe	1400	3	88.3000000	4.104323E-15	0.71426667	0.06452483
Nopipe	1600	3	89.2000000	4.104323E-15	1.27336667	0.09472805

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Level of PIPE	Level of RPM	N	-----QBHP-----		-----QOil-----	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
2.5inch	1200	3	0.03206667	0.00231805	0.00456667	0.00083267
2.5inch	1400	3	0.02170000	0.00043589	0.00840000	0.00060000
2.5inch	1600	3	0.01643333	0.00055076	0.00986667	0.00070238
2inch	1200	3	0.02520000	0.00115326	0.00380000	0.00026458
2inch	1400	3	0.01946667	0.00100167	0.00610000	0.00121655
2inch	1600	3	0.01370000	0.00156205	0.00566667	0.00083267
Nopipe	1200	3	0.01793333	0.00028868	0.00706667	0.00098150
Nopipe	1400	3	0.01220000	0.00120000	0.01030000	0.00110000
Nopipe	1600	3	0.00820000	0.00050000	0.01050000	0.00091652

Level of PIPE	Level of RPM	N	-----OilBHP-----	
			Mean	Std Dev
2.5inch	1200	3	7.13000000	1.03309390
2.5inch	1400	3	2.59466667	0.14153563
2.5inch	1600	3	1.67266667	0.12017626
2inch	1200	3	6.67666667	0.73650006
2inch	1400	3	3.26166667	0.45077082
2inch	1600	3	2.42666667	0.09552138
Nopipe	1200	3	2.57600000	0.31260678
Nopipe	1400	3	1.18733333	0.12788406
Nopipe	1600	3	0.78133333	0.06896618

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 91
The ANOVA Procedure
Class Level Information
Class Levels Values
treatment 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9
Number of observations 27
The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 92
The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Hp

Source	DF	Sum of Squares		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	8	1194.686933	149.335867	122.14	<.0001
Error	18	22.007333	1.222630		
Corrected Total	26	1216.694267			
R-Square		Coeff Var	Root MSE	Hp Mean	
	0.981912	9.597389	1.105726	11.5211	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
treatment	8	1194.686933	149.335867	122.14	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Hv

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	1.92663333	0.24082917	432.14	<.0001
Error	18	0.01003133	0.00055730		
Corrected Total	26	1.93666467			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hv Mean	
	0.994820	7.251335	0.023607	0.325556	

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
treatment	8	1.92663333	0.24082917	432.14	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 94

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Hs

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	0	0		
Error	18	0	0		
Corrected Total	26	0			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hs Mean	
	0.000000	0	0	1.790000	

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
treatment	8	0	0		

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 95

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Hf

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	59.75279514	7.46909939	143.56	<.0001
Error	18	0.93647703	0.05202650		
Corrected Total	26	60.68927217			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hf Mean	
	0.984569	18.86891	0.228093	1.208831	

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
treatment	8	59.75279514	7.46909939	143.56	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 96

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Qdam

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	0.00015372	0.00001922	45.48	<.0001
Error	18	0.00000761	0.00000042		
Corrected Total	26	0.00016133			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Qdam Mean	
	0.952856	10.93971	0.000650	0.005942	

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
treatment	8	0.00015372	0.00001922	45.48	<.0001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 97

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Oil

		Sum of			
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	0.31506667	0.03938333	98.46	<.0001
Error	18	0.00720000	0.00040000		
Corrected Total	26	0.32226667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Oil Mean
0.977658	2.517483	0.020000	0.794444

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
treatment	8	0.31506667	0.03938333	98.46	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 98

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: TDH

		Sum of			
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	1019.013874	127.376734	101.31	<.0001
Error	18	22.632000	1.257333		
Corrected Total	26	1041.645874			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	TDH Mean
0.978273	7.553350	1.121309	14.84519

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
treatment	8	1019.013874	127.376734	101.31	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 99

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: WHP

		Sum of			
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	2.47362346	0.30920293	223.80	<.0001
Error	18	0.02486880	0.00138160		
Corrected Total	26	2.49849226			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	WHP Mean
0.990046	10.06774	0.037170	0.369198

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
treatment	8	2.47362346	0.30920293	223.80	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 100

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: P

		Sum of			
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	29.64086667	3.70510833	Infty	<.0001
Error	18	0.00000000	0.00000000		
Corrected Total	26	29.64086667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	P Mean
1.000000	0	0	88.09111

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
treatment	8	29.64086667	3.70510833	Infty	<.0001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ The SAS System ใช้งาน 21:56 Monday, May 10, 2012 101 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: BHP

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	3.28230171	0.41028771	223.75	<.0001
Error	18	0.03300587	0.00183366		
Corrected Total	26	3.31530759			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	BHP Mean	
	0.990044	10.06901	0.042821	0.425278	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
treatment	8	3.28230171	0.41028771	223.75	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 102

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: QBHP

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	0.00124054	0.00015507	112.43	<.0001
Error	18	0.00002483	0.00000138		
Corrected Total	26	0.00126537			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	QBHP Mean	
	0.980380	6.332995	0.001174	0.018544	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
treatment	8	0.00124054	0.00015507	112.43	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 103

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: QOil

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	0.00015266	0.00001908	25.24	<.0001
Error	18	0.00001361	0.00000076		
Corrected Total	26	0.00016626			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	QOil Mean	
	0.918162	11.80829	0.000869	0.007363	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
treatment	8	0.00015266	0.00001908	25.24	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 104

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: OilBHP

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	123.2888400	15.4111050	70.22	<.0001
Error	18	3.9506847	0.2194825		
Corrected Total	26	127.2395247			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	OilBHP Mean	
	0.968951	14.89528	0.468490	3.145222	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
treatment	8	123.2888400	15.4111050	70.22	<.0001

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Hp

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	1.22263
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	1.8968

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	treatment
A	27.1733	3	3
B	17.7900	3	2
C	12.4267	3	6
C	11.4100	3	1
D	9.1900	3	5
E	7.0933	3	9
E	6.9633	3	8
E	6.9000	3	4
F	4.7433	3	7

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 106

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Hv

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0.000557
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0405

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	treatment
A	0.79767	3	9
B	0.66300	3	6
C	0.48000	3	8
D	0.36967	3	5
E	0.28567	3	7
E	0.26400	3	4
F	0.03533	3	3
F	0.02200	3	2
F	0.01267	3	1

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 107

The ANOVA Procedure

t Tests (LSD) for Hs

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	treatment
A	1.790	3	1
A	1.790	3	2
A	1.790	3	3
A	1.790	3	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวิชาการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A	1.790	3	5
A	1.790	3	6
A	1.790	3	7
A	1.790	3	8
A	1.790	3	9

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 108

The ANOVA Procedure
t Tests (LSD) for Hf

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0.052027
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.3913

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	treatment
A	4.7306	3	9
B	2.5619	3	6
C	1.6918	3	8
D	0.8335	3	5
D	0.6036	3	7
D	0.4538	3	4
E	0.0028	3	3
E	0.0011	3	2
E	0.0004	3	1

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 109

The ANOVA Procedure
t Tests (LSD) for Qdam

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	4.225E-7
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0011

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	treatment
A	0.0104233	3	3
B	0.0086667	3	2
B	0.0075743	3	9
C	0.0060483	3	8
D C	0.0053953	3	6
D	0.0046840	3	5
D E	0.0046190	3	1
F E	0.0035357	3	7
F	0.0025307	3	4

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The ANOVA Procedure
t Tests (LSD) for Oil

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0.0004
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0343

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	treatment
A	0.99000	3	3
B	0.95000	3	6
C	0.84000	3	2
D	0.78000	3	7
D	0.77000	3	9
D	0.77000	3	5
E	0.72000	3	8
F	0.67000	3	4
F	0.66000	3	1

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 111
The ANOVA Procedure
t Tests (LSD) for TDH

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	1.257333
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	1.9235

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	treatment
A	29.0000	3	3
B	19.6000	3	2
C	17.4400	3	6
D	14.4133	3	9
E D	13.2167	3	1
E F	12.1800	3	5
G F	10.9267	3	8
G	9.4100	3	4
H	7.4200	3	7

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 112
The ANOVA Procedure
t Tests (LSD) for WHP

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	0.001382
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	0.0638

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	treatment
A	1.10544	3	3
B	0.62008	3	2
C	0.39992	3	9
C	0.34143	3	6
D	0.24189	3	8
D	0.22344	3	1
D	0.20754	3	5
E	0.09567	3	7
E	0.08737	3	4

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 114
 The ANOVA Procedure
 t Tests (LSD) for P

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 18
 Error Mean Square 0
 Critical Value of t 2.10092
 Least Significant Difference 0

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	treatment
A	89.53	3	6
B	89.20	3	3
C	89.19	3	9
D	88.30	3	2
E	87.99	3	8
F	87.70	3	5
G	87.53	3	4
H	87.37	3	7
I	86.01	3	1

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 114
 The ANOVA Procedure
 t Tests (LSD) for BHP

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 18
 Error Mean Square 0.001834
 Critical Value of t 2.10092
 Least Significant Difference 0.0735

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	treatment
A	1.27337	3	3
B	0.71427	3	2
C	0.46070	3	9
C	0.39327	3	6
D	0.27863	3	8
D	0.25740	3	1
D	0.23907	3	5
E	0.11020	3	7
E	0.10060	3	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 115

The ANOVA Procedure
t Tests (LSD) for QBHP

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
Error Degrees of Freedom 18
Error Mean Square 1.379E-6
Critical Value of t 2.10092
Least Significant Difference 0.002

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	treatment
A	0.0320667	3	7
B	0.0252000	3	4
C	0.0217000	3	8
D	0.0194667	3	5
E D	0.0179333	3	1
E	0.0164333	3	9
F	0.0137000	3	6
F	0.0122000	3	2
G	0.0082000	3	3

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 116

The ANOVA Procedure
t Tests (LSD) for QOil

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
Error Degrees of Freedom 18
Error Mean Square 7.559E-7
Critical Value of t 2.10092
Least Significant Difference 0.0015

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	treatment
A	0.0105000	3	3
A	0.0103000	3	2
B A	0.0098667	3	9
B C	0.0084000	3	8
D C	0.0070667	3	1
D	0.0061000	3	5
D E	0.0056667	3	6
F E	0.0045667	3	7
F	0.0038000	3	4

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The ANOVA Procedure
t Tests (LSD) for OilBHP

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05
Error Degrees of Freedom 18
Error Mean Square 0.219482
Critical Value of t 2.10092
Least Significant Difference 0.8036

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	treatment
A	7.1300	3	7
A	6.6767	3	4
B	3.2617	3	5
C B	2.5947	3	8
C B	2.5760	3	1
C D	2.4267	3	6
E D	1.6727	3	9
E F	1.1873	3	2
F	0.7813	3	3

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 118

Obs	PIPE	RPM	treatment	Hp	Hv	Hs	Hf	Qdam
1	Nopipe	1200	1	11.28	0.014	1.79	0.00046	0.005217
2	Nopipe	1200	1	11.67	0.009	1.79	0.00021	0.004320
3	Nopipe	1200	1	11.28	0.015	1.79	0.00053	0.004320
4	Nopipe	1400	2	15.89	0.022	1.79	0.00113	0.009534
5	Nopipe	1400	2	17.66	0.022	1.79	0.00113	0.007921
6	Nopipe	1400	2	19.82	0.022	1.79	0.00113	0.008545
7	Nopipe	1600	3	25.51	0.036	1.79	0.00308	0.011328
8	Nopipe	1600	3	27.17	0.033	1.79	0.00187	0.009534
9	Nopipe	1600	3	28.84	0.037	1.79	0.00336	0.010408
10	2inch	1200	4	6.77	0.298	1.79	0.57137	0.002580
11	2inch	1200	4	6.57	0.238	1.79	0.36651	0.002353
12	2inch	1200	4	7.36	0.256	1.79	0.42340	0.002659
13	2inch	1400	5	8.53	0.365	1.79	0.79301	0.005830
14	2inch	1400	5	9.52	0.388	1.79	0.96535	0.004111
15	2inch	1400	5	9.52	0.356	1.79	0.74210	0.004111
16	2inch	1600	6	10.40	0.642	1.79	2.48168	0.006218
17	2inch	1600	6	13.34	0.688	1.79	2.85982	0.004869
18	2inch	1600	6	13.54	0.659	1.79	2.34425	0.005099
19	2.5inch	1200	7	4.22	0.292	1.79	0.63250	0.004111
20	2.5inch	1200	7	4.71	0.272	1.79	0.54531	0.003159
21	2.5inch	1200	7	5.30	0.293	1.79	0.63305	0.003337
22	2.5inch	1400	8	6.47	0.507	1.79	1.90109	0.006485
23	2.5inch	1400	8	7.26	0.453	1.79	1.51834	0.005830

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Obs	Oil	TDH	WHP	P	BHP	QBHP	QOil	Oil BHP
1	0.64	13.09	0.25007	86.01	0.2881	0.0181	0.0082	2.218
2	0.67	13.47	0.21319	86.01	0.2456	0.0176	0.0065	2.715
3	0.67	13.09	0.20707	86.01	0.2385	0.0181	0.0065	2.795
4	0.83	17.70	0.61829	88.30	0.7122	0.0134	0.0114	1.170
5	0.86	19.47	0.56497	88.30	0.6508	0.0122	0.0092	1.323
6	0.83	21.63	0.67698	88.30	0.7798	0.0110	0.0103	1.069
7	1.00	27.33	1.13429	89.20	1.3066	0.0087	0.0113	0.765
8	1.00	29.00	1.01268	89.20	1.1665	0.0082	0.0095	0.857
9	0.97	30.67	1.16935	89.20	1.3470	0.0077	0.0107	0.722
10	0.67	9.43	0.08910	87.53	0.1026	0.0251	0.0039	6.495
11	0.67	8.97	0.07730	87.53	0.0890	0.0264	0.0035	7.487
12	0.67	9.83	0.09570	87.53	0.1102	0.0241	0.0040	6.048
13	0.78	11.48	0.24522	87.70	0.2825	0.0206	0.0075	2.754
14	0.75	12.66	0.19062	87.70	0.2196	0.0187	0.0055	3.416
15	0.78	12.40	0.18678	87.70	0.2151	0.0191	0.0053	3.615
16	0.94	15.31	0.34877	89.53	0.4017	0.0155	0.0066	2.351
17	0.97	18.68	0.33312	89.53	0.3837	0.0127	0.0050	2.534
18	0.94	18.33	0.34241	89.53	0.3944	0.0129	0.0054	2.395
19	0.75	6.93	0.10440	87.37	0.1203	0.0342	0.0055	6.236
20	0.81	7.32	0.08465	87.37	0.0975	0.0324	0.0039	8.261
21	0.78	8.01	0.09796	87.37	0.1128	0.0296	0.0043	6.893
22	0.72	10.67	0.25352	87.99	0.2920	0.0222	0.0090	2.473
23	0.69	11.02	0.23536	87.99	0.2711	0.0215	0.0084	2.561

The SAS System 21:56 Monday, May 10, 2012 119

Obs	PIPE	RPM	treatment	Hp	Hv	Hs	Hf	Qdam
24	2.5inch	1400	8	7.16	0.480	1.79	1.65604	0.005830
25	2.5inch	1600	9	6.57	0.810	1.79	4.90007	0.007921
26	2.5inch	1600	9	7.16	0.839	1.79	5.20298	0.007620
27	2.5inch	1600	9	7.55	0.744	1.79	4.08870	0.007182

Obs	Oil	TDH	WHP	P	BHP	QBHP	QOil	Oil BHP
24	0.75	11.09	0.23678	87.99	0.2728	0.0214	0.0078	2.750
25	0.75	14.07	0.40835	89.19	0.4704	0.0168	0.0106	1.594
26	0.78	14.99	0.41850	89.19	0.4821	0.0158	0.0098	1.613
27	0.78	14.18	0.37291	89.19	0.4296	0.0167	0.0092	1.811

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง.
รูปขั้นตอนต่างๆในการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

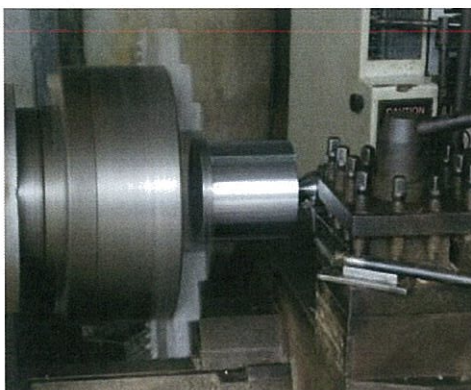


รูปที่ ง.1 เหล็กเฟลาและกลวงที่จะใช้ทำชุดพ่น



รูปที่ ง.2 การตัดเหล็กเฟลาที่จะใช้ทำชุดพ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

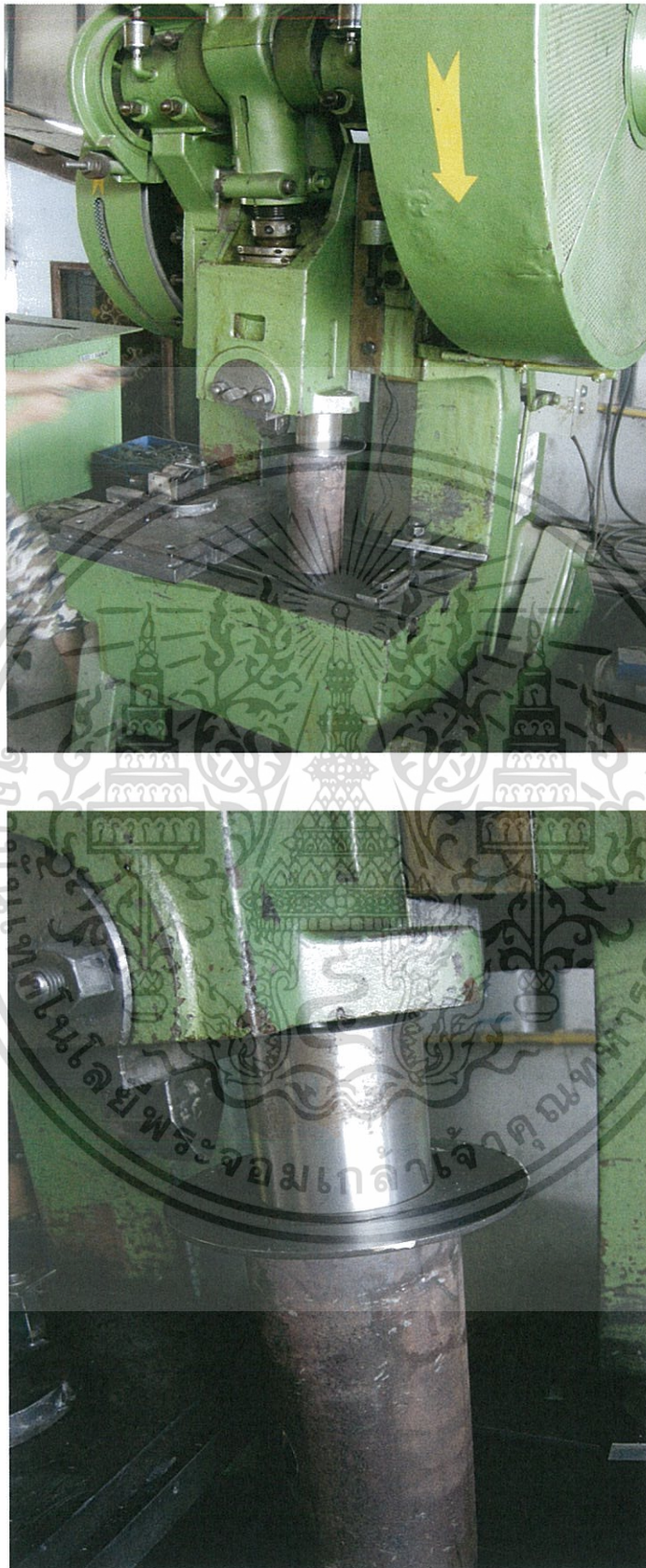


รูปที่ ง.3 การเจาะรูเหล็กเพลลาที่จะใช้ทำชุดฟัน



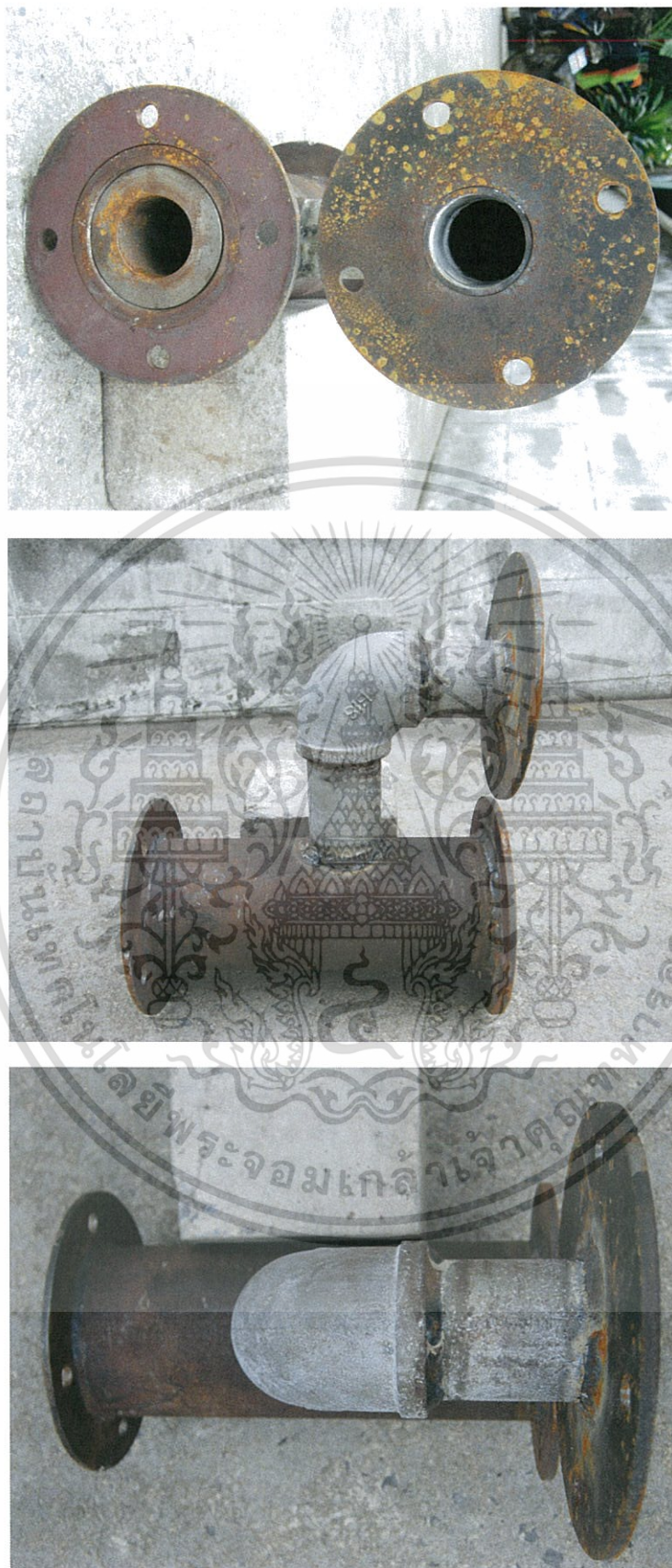
รูปที่ ง.4 การหาตำแหน่งเพื่อเจาะรูชุดฟัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.5 การอัดแท่งเหล็กเพลลาไสในชุดพ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.6 ตัวชุดพนที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

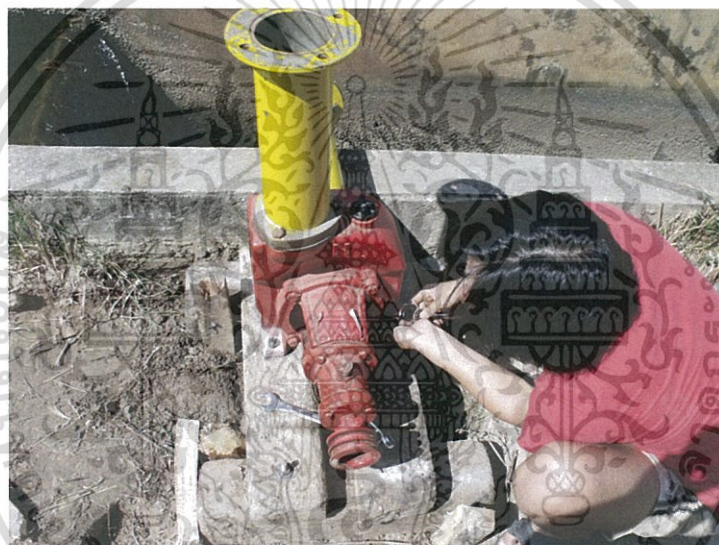


ภาคผนวก จ.
รูปพื้นที่และการติดตั้งการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ จ.1 คลองส่งน้ำ
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

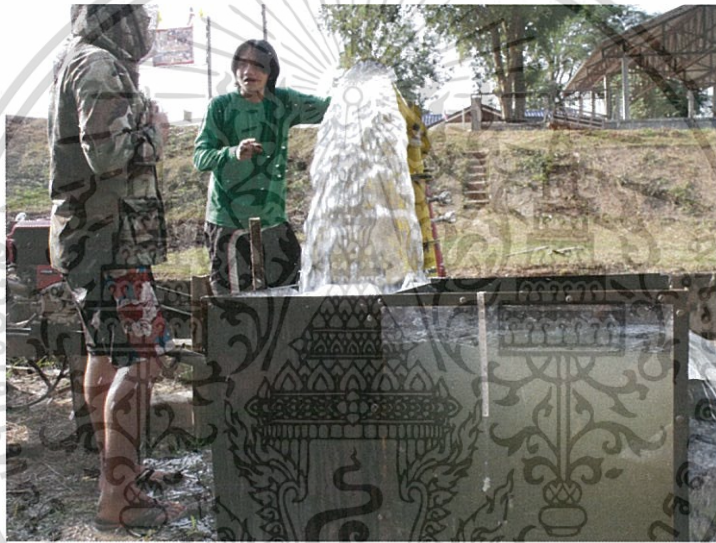


รูปที่ จ.2 การติดตั้งปั้มน้ำและอุปกรณ์การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑.1 การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

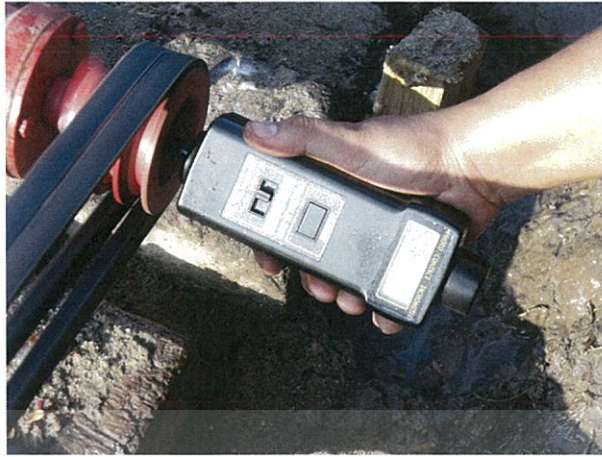


รูปที่ ๑.2 การวัดอัตราการไหลในท่อด้วยเครื่อง Untrasonic



รูปที่ ๑.3 การวัดระดับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ฉ.4 การวัดความเร็วรอบ



รูปที่ ฉ.5 การวัดแรงดันด้านดูดด้วยเกจ์สุญญากาศ



รูปที่ ฉ.6 การวัดแรงดันด้านส่งด้วยเกจ์วัดแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและสร้างชุดหัวพ่นน้ำที่ท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำสำหรับเกษตรกร

THE DESIGN AND FABRICATE OF EJECTOR SET IN THE SUCTION PIPE OF AGRICULTURE
WATER PUMP.

เสาว โชติชูภา และ ทรงวุฒิ แสงจันทร์

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างชุดหัวพ่นน้ำที่ท่อทางดูด ของเครื่องสูบน้ำสำหรับเกษตรกร โดยทั่วไปเครื่องสูบน้ำสำหรับเกษตรกรจะสามารถสูบน้ำได้ที่ระดับความลึกประมาณ 3 ถึง 4 เมตร ไม่เกิน 10 เมตร ได้ทำการออกแบบหัวพ่นน้ำไหลกลับเข้าชุดหัวพ่นและทำการสูบน้ำ ซึ่งกำหนดใช้ท่อไว้ 2 ขนาด คือ ขนาด 2 นิ้ว และ 2.5 นิ้ว เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าที่ ไม่ใช้ท่อไหลกลับ จากการทดลองสูบน้ำที่ความเร็วรอบ 1,200 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลกำลังขนาด 11 แรงม้า สูบด้วย 4 จังหวะ ในการขับเครื่องสูบน้ำ ผลการทดลองพบว่า การทดลองใช้ท่อไหลกลับ 2 นิ้ว ได้ผลอัตราการไหลที่ 0.0057 ลบ.เมตร ต่อกวินาที และ มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันคือเพลิง ที่ 0.79 ลบ.ชม ต่อ วินาที ซึ่งใกล้เคียงกับเมื่อไม่ใช้ท่อไหลกลับ ได้ผลอัตราการไหล 0.0079 ลบ.เมตร ต่อ วินาที มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันคือเพลิง 0.983 ลบ.ชม ต่อ วินาที โดยความเร็วรอบเครื่องสูบน้ำในระบบนี้ชุดหัวพ่นที่ดีที่สุด ใช้ท่อไหลกลับ 2.5 นิ้ว ที่ 10.92 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใช้ท่อที่ 20.60 เมตร

คำสำคัญ: ชุดหัวพ่น, อัตราการไหล, ท่อไหลกลับ

ABSTRACT

Design and fabricate injector set in the suction pipe of water pump for agriculture. In general, water pumps for agriculture will be able to pump at a depth of about 3 to 4 meters up to 10 meters. The experiment has been designed to use water flow back into the nozzle during pumping, which the two pipe sizes 2 inches and 2.5 inches for comparison with no use return pipe. The experiment has used pumping speed of 1,200 1,400 and 1,600 rpm driven by 11 hp diesel engine, single-cylinder four-stroke. The results showed that, by using 2 inch return pipe, the flow rate was 0.0057 cubic meters per second, consumption use rate was 0.79 cubic centimeters per second, is similar to no use return pipe at flow rate to 0.0079 cubic meters per second, the rate of fuel consumption was 0.983 cubic centimeters per second. The lowest total dynamics head loss of 2.5 inches return pipe are 10.92 meters compare with no use return pipe was 20.60 meters.

Keywords: Ejector, Flow rate, Return pipe

¹ นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อ.เมืองจตุรัส จ.ลพบุรี โทรสาร 05320 Email: eastek@kmitl.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อ.เมืองจตุรัส จ.ลพบุรี โทรสาร 05320 Email: eastek@kmitl.ac.th

บทนำ

เนื่องจากปัจจุบัน เศรษฐกิจกำลังประสบปัญหาในทุกช่วงของฤดูกาลทำการเกษตรกรรม เช่น ราคาสินค้าขึ้นเพิ่ม และระยะทางคดโค้ง (ปกคลุมการเพาะปลูกตั้งแต่ต้นปีถึงปี) ซึ่งปัญหาดังกล่าวเหล่านี้จะพบในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นส่วนใหญ่ และ บริเวณที่มีพื้นที่ราบสูง ซึ่งเกษตรกรรมส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะประสบปัญหาเข้ามาในพื้นที่ตอน โดยนำเครื่องสูบน้ำแบบหยด และเครื่องสูบน้ำที่กลยุทธานการเครื่องสูบน้ำติดตั้งในพื้นที่คดโค้ง มี 3 รูปแบบดังนี้ คือ 1) การวางท่อชุด ที่จะส่งที่มันดินหรือมีปะนาหส และ 2) การวางท่อชุดในคลองชลประทานที่มีอยู่ ระดับของสเลโลงหัวไปยาวจะประมาณ 10 - 30 เมตร (สำนักชลประทานที่ 5, 2553) วิธีการให้น้ำแบบใช้พลังงานมากในการขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำจึงต้องใช้น้ำมันมากจึงทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในปี พ.ศ. 2553 ได้ทำการขยายตามเกษตรกรรมที่มีทำไร่ข้าวสาร ไร่ปลูกพืช ผัก ของจังหวัด เป็นระยะ 8-12 ชั่วโมงต่อวัน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน โดยเฉลี่ย ประมาณ 300 บาทต่อวัน หรือประมาณ 27,000 บาท ต่อ 3 เดือน (ราคาน้ำมันในช่วงที่ทำการทดลองอยู่ที่คิดจะประมาณ 28 - 30 บาท)

ในการศึกษานี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดหัวพ่นน้ำเพื่อใช้กับการนำมาใช้ใส่กับเครื่องสูบน้ำแบบหยด ซึ่งสามารถลดปริมาณการใช้น้ำมันเพื่อช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายของการสูบน้ำนี้ โดยการลดความเร็วรอบ และลดแรงดันของเครื่องสูบน้ำแบบหยด ที่ลดความเร็วรอบลงส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำนี้ มีน้อยเพียงครึ่งเดียวของค่าใช้จ่ายเดิม เราได้คิดค้นวิธีลดค่าใช้จ่ายที่จะเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงสำหรับค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรประหยัดของเกษตรได้ โดยวิธีหรือสูบน้ำจากการลดสิ้นทุนการผลิต (วิจัย, 2009)

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

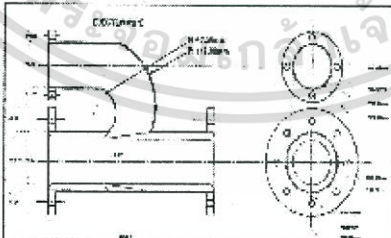
เมื่อทำการออกแบบและสร้างชุดหัวพ่นน้ำเพื่อทดลองลดต้นทุนเครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตร เพื่อให้เกิดเป็นต้นแบบ และใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์และอุปกรณ์

ชุดหัวพ่นน้ำ เครื่องสูบน้ำแบบหยด ขนาด 4 นิ้ว x 4 นิ้ว เครื่องยนต์เล็ก ขนาด 11 แรงม้า เครื่องวัดความเร็วรอบ เครื่องวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, นาฬิกาจับเวลา, ไม้ฉากกับขนาด 3 นิ้ว และขนาด 2.5 นิ้ว, สายสามเหลี่ยม

วิธีการ

การสร้างชุดต้น ลำน้ำที่ชุดได้แก่แบบสร้างชุดต้น และอุปกรณ์ตามแนวทางที่มอบหมายได้แก่



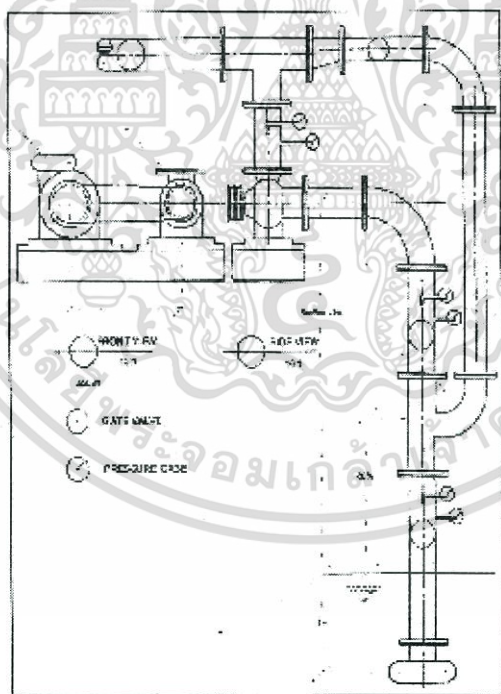
ภาพที่ 1. แบบของ ชุดต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.) ท่อชุดสำหรับใช้กับเครื่องสูบน้ำทางอากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ 4.00 นิ้ว (10.16 ซม.) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 4.16 นิ้ว (10.56 ซม.) และความหนาของท่อขนาด 0.6 ซม.
- 2.) หน้าแปลนที่ใช้กับท่อชุดขนาด 4.00 นิ้ว (10.16 ซม.) มีความหนา 0.6 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางของหน้าแปลน 18 ซม. ทำการเจาะรูตรงจุดศูนย์กลางขนาด 10.5 ซม.
- 3.) ท่อไพลอยบีน ขนาด 2.00 นิ้ว (10.16 ซม.) และขนาด 2.5 นิ้ว (6.35 ซม.) ซึ่งจะเป็นท่อที่ให้น้ำไหลกลับเข้าไปในท่อชุด ได้อยกแบบขีไว้ดคนแรก
- 4.) ขอบคอก ซึ่งสร้างให้มีขนาดพอดีกับท่อชุดให้ท่อชุดแบบทอหอยด โลหะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.00 นิ้ว (5.08 ซม.) และขนาดภายนอกเป็น 4.00" (10.16 ซม.)
- 5.) หัวฉีด มีหน้าที่เพื่อส่งน้ำมาจากท่อชุดขนาดของ หัวฉีดเท่ากับ 0.635 นิ้ว (0.1276 ซม.)

การทดลอง

รูปแบบการติดตั้งทั้งหมดในการศึกษาคือเครื่องนี้จะแสดงในภาพที่ 2 การทดลองแบ่งออก โดยตำแหน่งของ ejector และการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ รายละเอียดในการทดสอบติดตั้งที่กล่าวถึง 3.04 เมตร การติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบสูบลมประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว x 4 นิ้ว ท่อเหล็ก สำหรับใช้เป็นท่อชุดติดตั้งเข้ากับชุดหัวฉีด ซึ่งต่อกับหน้าแปลน ซึ่งต่อ 4 นิ้ว จำนวน 90 องศา มีท่อสูบลม ท่อ สอดตัวที่วัดความดันของท่อชุด



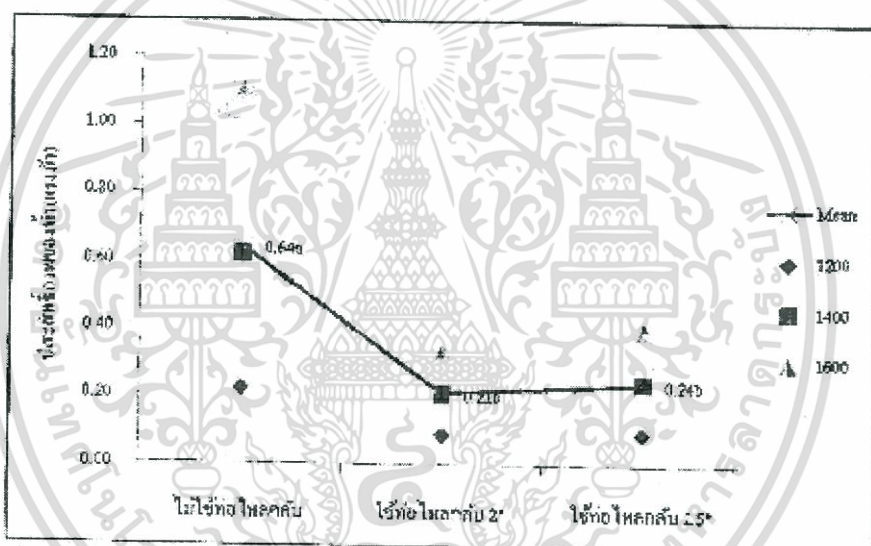
ภาพที่ 2. การติดตั้งเครื่องสูบลมหรือเครื่องสูบลม หัวฉีดและอุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คัตลิ่งของสูญญากาศ สองตัวทำน้ำที่วัดความชื้นของท่อชุด โดยมีการจัดเรียงกันที่วางน้ำที่วัดแรงดันทางลมของมีน้ำ และวัดอัตราการไหลของน้ำด้วยฝ่ายสามเหลี่ยม

กราฟของมวงออก โดยการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ โดยดูบ่งชี้ถึงความเร็วของเครื่องชนิดนี้กำลังที่ความเร็วมอเตอร์ 1,200, 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที ทำการทดลองจำนวน 3 ครั้ง โดยมีตัวชี้วัดและเปรียบเทียบระหว่างการใช้ท่อไหลกลับกับใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้วและใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้วเพื่อทราบประสิทธิภาพของแรงม้ารวม, ความสูญเสียรวม, อัตราการไหล, อัตราการกินเกลือและเชื้อเพลิง ผลการทดลอง

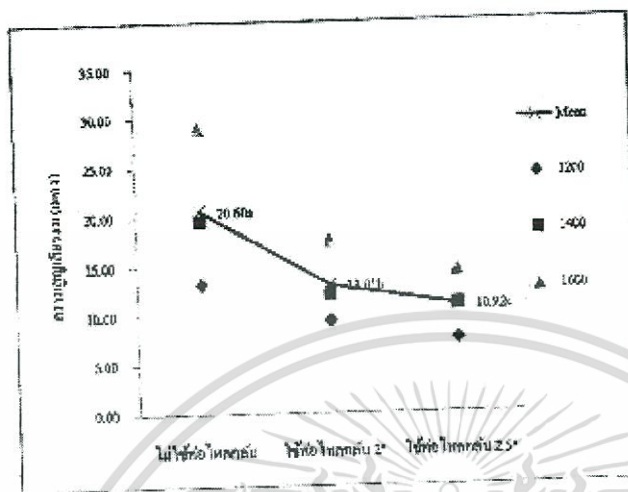
จากภาพที่ 3 ประสิทธิภาพของแรงม้ารวม การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างใช้ท่อไหลกลับและไม่ใช้ท่อไหลกลับ ในเครื่องแรงม้ารวมไฮดรอลิก พบว่าขบวนการรวมสูงสุดของแรงม้าอยู่ที่ ไม่ใช้ท่อไหลกลับที่ 0.748 แรงม้า และความเร็วรอบที่ให้แรงม้ารวมสูงสุดอยู่ที่ 1,600 รอบต่อนาที ที่ 2.127 แรงม้า



ภาพที่ 3 แรงม้ารวม ที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

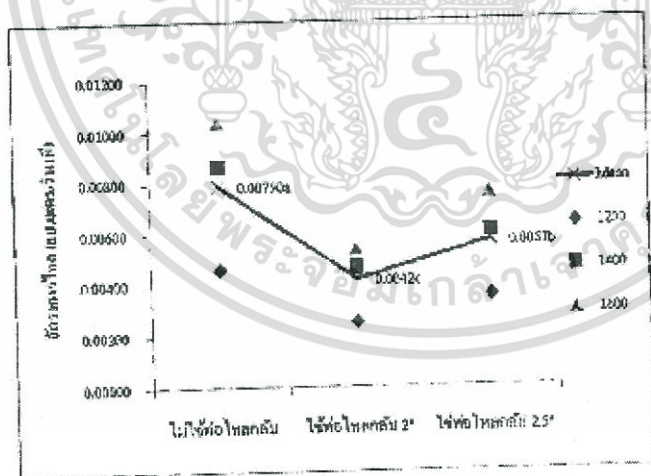
จากภาพที่ 4 ความสูญเสียรวม เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับในเรื่องของระบบ พบว่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 10.92 เมลล์ ที่ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญถึง โดยความสูญเสียรวมน้อยที่สุด คือ 10.01 เมลล์ อยู่ที่ 1,200 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 ความสูงเฉลี่ยรวมที่ไม้ใช้ปุ๋ยไหลกลับ ใช้ปุ๋ยไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ปุ๋ยไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

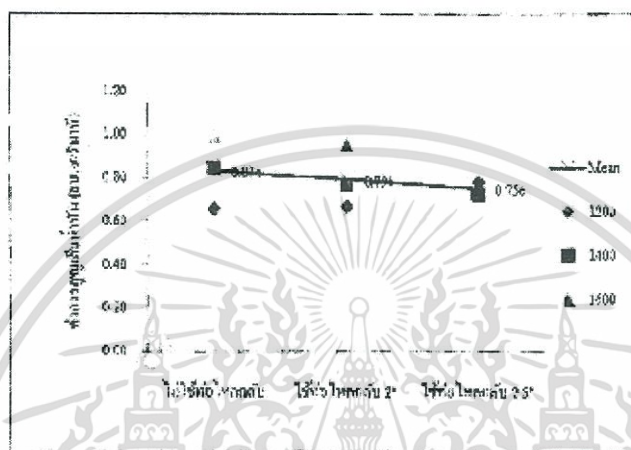
จากภาพที่ 5 อัตราการไหล หลังจากเพิ่มความเร็วรอบปี 1,200 ถึง 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที เปรียบเทียบอัตราการไหลพบว่า อัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ไม้ใช้ปุ๋ยไหลกลับ มี 0.0079 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และความเร็วรอบนี้ให้อัตราการไหลสูงสุด ที่ 0.0077 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที อยู่ที่ 1,600 รอบต่อวินาที



ภาพที่ 5 อัตราการไหลของน้ำที่ไม้ใช้ปุ๋ยไหลกลับ ใช้ปุ๋ยไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ปุ๋ยไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 6 ยึด การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ปฏิทินการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง แสดงให้เห็นว่าการไม่ใช้ท่อไหลกลับและใช้ท่อไหลกลับ แยกต่างกัน โดยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุดอยู่ที่ 0.75 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที ที่ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบต่ำที่มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุดที่ 0.703 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที



ภาพที่ 6 ยึด การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 3 นิ้ว ที่แยกต่างกัน

สรุปผลการทดลอง

การออกแบบของเครื่องจุดหัวพ่นไอน้ำที่ทางสุดของเครื่องสูบน้ำเข้าบริหารเกษตร ได้ดำเนินการทดลองบนเครื่องเคียวการวิเคราะห์การใช้งาน ระหว่างการไม่มีท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว พบว่า

ประสิทธิภาพของแรงม้าแรง สูงสุดของระบบอยู่ที่ ที่ไม่มีท่อไหลกลับ ที่ 0.748 แรงม้า และความเร็วรอบที่ 1 แรงม้าแรงสูงอยู่ที่ 1,600 รอบต่อนาที ที่ 2.127 แรงม้า อัตราการไหลสูงที่สุดอยู่ที่ไม่มีท่อไหลกลับ ที่ 0.079 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที และความเร็วรอบที่มีอัตราการไหลสูงที่สุด ที่ 0.0677 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที ที่ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วรอบต่ำที่มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุดอยู่ที่ 0.75 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที ที่ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว และความเร็วน้อยที่มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุดที่ 0.703 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที ข้อสรุปที่นำมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขหัวพ่นไอน้ำที่ทางสุดของเครื่องสูบน้ำ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อความสามารที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง


สำนักชลประทานที่ 5, จังหวัดสุพรรณบุรี, 2553

วิเศษ ทองเชื้อ, 2009. PERFORMANCE TEST OF EJECTOR RETROFITTED CENTRIFUGAL PUMP FOR IRRIGATION.



สภาประชุมวิชาการนานาชาติ ครั้งที่ 4 ประจำปี 2555 "นวัตกรรมชุมชนสู่ชุมชนนวัตกรรม"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การประชุมวิชาการแห่งชาติ
เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
The 9th KU-KPS Conference ครั้งที่ **9**
6-7 ธันวาคม 2555

บทคัดย่อ
Abstract

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สาขาวิศวกรรมศาสตร์	
การสิ้นสะท้อนและการส่งผ่านการสิ้นสะท้อนของเครื่องพรวนจอบหมุนติครัดไถเดินตาม	3
การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกหน่อไม้	5
การใช้ตะกอนชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตโอเลฟินส์เป็นวัสดุผลิตปุ๋ยหมักร่วม	7
การทดสอบสมรรถนะเครื่องพรวนจอบหมุนที่ใช้ใบมีดจอบหมุนต่างชนิดสำหรับรถแทรกเตอร์	9
การใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการประเมินความฝืดของพลับพันธุ์ P2 แบบไม่ทำลาย	11
การทดลองเพื่อพิสูจน์สมการการสูญเสียก๊าซในระหว่างการรมยา	13
การจัดการขนส่งอ้อยด้วยรถแทรกเตอร์ลากเทรลเลอร์	15
การใช้เทคนิคทางด้านพลศาสตร์ของไหลสำหรับเปรียบเทียบการไหลของการไหลของลม ภายในห้องอบแห้งฟลูอิดไดรเบด	17
การวัดความพรมโดยการเปรียบเทียบอัตราการลดลงของความดัน	19
การออกแบบและสร้างชุดหัวฟันในช่องทางดูดของเครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตร	21
การศึกษาและออกแบบเครื่องคลุกเคล้าผงปรงรสนึ่งปลากะพงขาวทอดกรอบ	23
การเพิ่มผลผลิตน้ำตาลจากชานอ้อยโดยการย่อยสลายด้วยการระเบิดด้วยไอน้ำ ร่วมกับกรดอะซิติก	25
คุณสมบัติทางกายภาพเมล็ดกาแฟโรบัสต้า	27
การศึกษาและประเมินประสิทธิผลการนำระบบบริหารคุณภาพและระบบความปลอดภัย อาหารมาใช้ในโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก	29
การจำลองพฤติกรรมคลื่นทะเลแบบ 2 มิติ	31
การทดสอบประสิทธิภาพของใบพัดกังหันน้ำแนวตั้งแบบลดแรงเสียดทาน : การเปรียบเทียบประสิทธิภาพใบพัด	33
การประยุกต์ใช้วิธีอินฟอร์เมชันแกนในการเลือกตัวแปรสำหรับการประมาณค่าการใช้กระดาษ ภายในแผนกผู้โดยสารด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม	35
วงจรรองความถี่อันดับสูงทำงานในโหมดกระแสที่ถูกสร้างจากวงจรอินทิเกรเตอร์ แบบขยายผลต่างเสมือน	37
การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์แสดงผลอักษรเบรลล์บนฝ่ามือด้วย Piezo เล็กทรอนิกส์ตัวเซรามิก	39
ระบบฐานข้อมูลการดำเนินงานที่เสนอต่อคณะรัฐมนตรีและรัฐสภากระทรวงมหาดไทย	41
การศึกษาผลกระทบต่อบรรณชีวะของระบบวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน เมื่อติดตั้งระบบเว็บแคชเซิร์ฟเวอร์ร่วมกับไฟร์วอลล์	43
ระบบประชุมทางไกลสำหรับสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	45
การหาค่าน้ำหนักของเส้นทางที่คุ้มค่าที่สุดในโครงข่ายไอเอสพีเอฟด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น	47
การศึกษาการใช้สัญญาณพลาสมาในการหล่อเย็นชิ้นงานกลึง	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9

การออกแบบและสร้างชุดหัวพ่นในท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตร
THE DESIGN AND FABRICATE OF EJECTOR SET IN THE SUCTION PIPE OF
AGRICULTURE WATER PUMP.

เดชา ไชยปัญญา¹ และ ทรงวุฒิ แสงจันทร์²

Decha Chaiphanya¹ and Songwood Sangchan²

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างชุดหัวพ่นในท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตร โดยทั่วไปเครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตรจะสามารถสูบน้ำได้ที่ระดับความลึกประมาณ 3 ถึง 4 เมตร ไม่เกิน 10 เมตร ได้ทำการออกแบบท่อให้น้ำไหลกลับเข้าสู่ชุดหัวพ่นขณะทำการสูบน้ำ ซึ่งกำหนดใช้ท่อไว้ 2 ขนาด คือ ขนาด 2 นิ้ว และ 2.5 นิ้ว เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ จากการทดลองสูบน้ำที่ความเร็วรอบ 1,200 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที โดยใช้เครื่องยนต์ันกำลังขนาด 11 แรงม้า สูบเดียว 4 จังหวะ ในการขับเครื่องสูบน้ำ ผลการทดลองพบว่า ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว คิดที่การใช้งาน 8 ชั่วโมง ต่อวัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน (1ฤดู) เมื่อเปรียบเทียบกับแบบไม่ใช้ท่อไหลกลับ (61,430 บาท/1 ฤดู) ที่อัตราการไหล 20,476.8 ลบ.ม/ 1ฤดู และท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว (58,320บาท/1ฤดู) ที่อัตราการไหล 20,995.20 ลบ.ม/1ฤดู จะทำให้ประหยัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ถึง 3,110 บาท / 1 ฤดู เมื่อเปรียบเทียบกับต้นแบบที่ไม่มีการติดตั้งท่อไหลกลับ

¹หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10250

² Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkui's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9

ABSTRACT

Design and fabricate injector set in the section pipe of water pump for agriculture. In general, water pumps for agriculture were able to pump water at a depth of about 3 to 4 meters up to 10 meters. The experiment has been designed to use water flow back into the nozzle during pumping. Which the two pipe sizes 2 inches and 2.5 inches for comparison with no use return pipe. The experiment has used pumping speed of 1,200 1,400 and 1,600 rpm driven by 11 hp diesel engine, single-cylinder four-stroke. The result be shown return flow pipe of 2.5 inches used to worked at 8 hours per day for a period of three months (one rice crop season) the result shown with non-tube return flow pipe are 61,430 Baht / 1 season, compared with used return pipe 2.5 inches are 58,320 Baht / 1 season. The conclusion be shown used return pipe 2.5 inches saved fuel consumption and cost of fuel are about 3,110 Baht / 1 season, compared with the non-return pipe prototype that is being installed.

Keywords: Ejector, Flow rate, Return pipe

E-mail address: masterdecha_kmit@hotmail.com



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
การออกแบบและสร้างชุดหัวพ่นในท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตร
THE DESIGN AND FABRICATION OF EJECTOR IN THE SUCTION PIPE
OF AGRICULTURE WATER PUMP.

เดชา ไชยปัญญา¹ และ ทงวุฒิ เสงจันทร์
Decha Chaiphanha¹ and Songvud Sangchan²

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างชุดหัวพ่นในท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตร โดยทั่วไปเครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตรจะสามารถสูบน้ำได้ที่ระดับความลึกประมาณ 3 ถึง 4 เมตร จนถึง 10 เมตร ได้ทำการออกแบบพ่นให้น้ำไหลกลับเข้าสู่หัวพ่นขณะทำการสูบน้ำ ซึ่งกำหนดใช้ท่อได้ 2 ขนาด คือ ขนาด 2 นิ้ว และ 2.5 นิ้ว เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าที่ไม่ใช้ท่อไหลกลับ จากผลการทดลองสูบน้ำที่ความเร็วรอบ 1,200, 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที โดยใช้เครื่องยนต์ที่นำพลังงาน 11 แรงม้า สูบเดี่ยว 4 จังหวะ ในการขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำ ผลการทดลองพบว่า ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่กว่าใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน (1ฤดู) เมื่อเปรียบเทียบกับแบบไม่ใช้ท่อไหลกลับ (61,430 บาท / 1 ฤดู) ที่ใช้เวลากวากวาล 20,476.8 ชม. / 1 ฤดู และท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว (58,320 บาท / 1 ฤดู) ที่ใช้เวลากวากวาล 20,995.20 ชม. / 1 ฤดู จะทำให้ลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ถึง 3,110 บาท / 1 ฤดู เมื่อเปรียบเทียบกับต้นแบบที่ไม่มีการติดตั้งท่อไหลกลับ

ABSTRACT

The purpose of this research was to design and fabricate the injector of the suction pipe of water pump for agriculture. In general, water pumps for agriculture were able to pump water at a depth of about 3 to 4 meters up to 10 meters. The experiment has been designed to use water flow back into the nozzle during pumping. Which the two pipe sizes 2 inches and 2.5 inches for comparison with no use return pipe. The experiment has used pumping speed of 1,200, 1,400 and 1,600 rpm driven by 11 hp diesel engine, single-cylinder four-stroke. The result be shown return flow pipe of 2.5 inches used to worked at 8 hours per day for a period of three months (one rice crop season) the result shown with non-tube return flow pipe are 61,430 Baht / 1 season, compared with used return pipe 2.5 inches are 58,320 Baht / 1 season. The conclusion

¹ หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร และวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10250

² Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10250

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในสาขาอื่น ๆ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัด

be shown used return pipe 2.5 inches saved fuel consumption and cost of fuel are about 3,110 Baht / 1 season, compared with the non-return pipe prototype that is being installed.

Keywords: Ejector, Flow rate, Return pipe

Email address: maderach@krikk@nodat.com.th

สำเนา

เนื่องจากปัจจุบัน เกษตรกรต้องประสบปัญหาในทุกๆช่วงของฤดูกาลทำการเกษตรกรรม เช่น 7๖๓๓. น้ำต้นทุน และระยะทางท่อจ่ายไกลจากระยะการติดตั้งปั้มน้ำ ซึ่งมีปัญหาต่างสาเหตุไม่พบในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นส่วนใหญ่ และ บริเวณที่เป็นพื้นที่ราบสูง ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะรดน้ำสวนข้าวในพื้นที่ดอนโดยใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง และเครื่องสูบน้ำท่อพญานาค เครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งในพื้นที่ดอน มี 2 รูปแบบดังนี้ คือ 1) การวางท่อชุด ที่เจาะลงพื้นดินหรือบ่อบาด และ 2) การวางท่อชุดในคลองชลประทานที่ไม่มีอยู่ ระดับของเขตโดยทั่วไปโดยประมาณคือ 10 - 30 เมตร (สำนักชลประทานที่ 5, 2553) วิธีการให้น้ำดังกล่าวต้องใช้พลังงานมากในการขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำจึงต้องใช้น้ำมันมากและทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในปี พ.ศ. 2553 ผลการสอบถามเกษตรกรเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงสำหรับการทำงานของเครื่องจักรเป็นระยะ 6-12 ชั่วโมงต่อวันพบว่า ค่าใช้จ่ายในการทำงาน โดยเฉลี่ย คือ 300 บาทต่อวัน หรือประมาณ 27,000 บาท ต่อ 3 เดือน (ราคาน้ำมันช่วงที่ทำการสอบถามอยู่ที่ลิตรละประมาณ 28 - 30 บาท)

ในการศึกษานี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดหัวพ่นน้ำสำหรับใช้กับเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งสำหรับงานชลประทานเพื่อช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายของการสูบน้ำโดยการลดแอมพลิจูดของเครื่องสูบน้ำแบบสูบลูกที่แอมพลิจูดสูงจะส่งผลให้การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลดลงเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงสำหรับค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ ซึ่งช่วยลดรายจ่ายของเกษตรกรได้ โดยใช้เครื่องสูบน้ำจากการผลิตหินทุบ (วิเศษ, 2509)

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อการออกแบบและสร้างชุดหัวพ่นน้ำในท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำสำหรับเกษตรกร เพื่อใช้เป็นต้นแบบ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

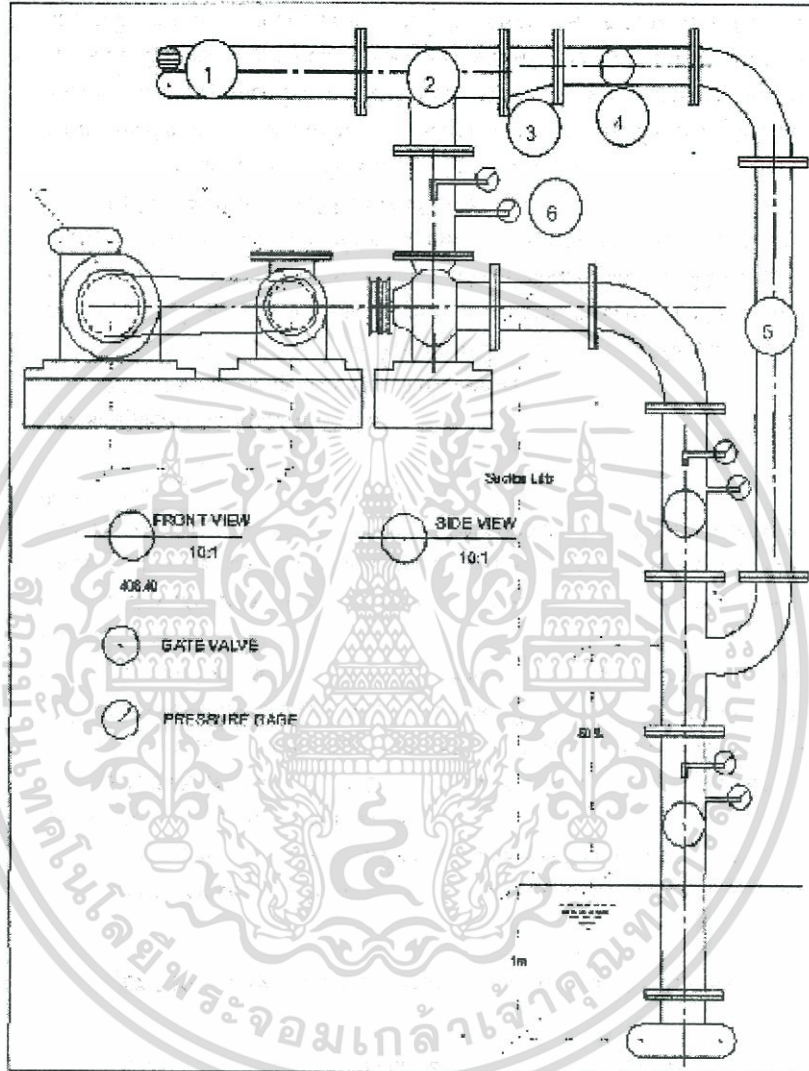
อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการทดลองประกอบไปด้วย

ชุดหัวพ่น, เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งขนาด 4 นิ้ว x4 นิ้ว เครื่องยนต์เล็ก ขนาด 1 1/2 แรงม้า, เครื่องวัดความเร็วรอบ, เครื่องวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, นาฬิกาจับเวลา, ท่อเหล็กกล้าขนาด 2 นิ้ว และขนาด 2.5 นิ้ว, สายตามเหล็ก

วิธีการออกแบบสร้างชุดพ่น

การประจักษ์วิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การทดลองของแบ่งออกเป็นการใช้และไม่ใช้ท่อไหลกลับ โดยสูบน้ำที่ความเร็วรอบของเครื่องชนิดอื่น
กำลัง 1,200, 1,400 และ 1,500 รอบต่อนาที ทำการทดลองจำนวน 3 ครั้ง เปรียบเทียบระหว่างการใช้และไม่ใช้ท่อ



ไหลกลับกับการใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และขนาด 2.5 นิ้ว อุปกรณ์ที่ติดตั้งในเครื่องสูบน้ำ 1) ท่อด้านจ่าย, 2) ท่อแยก 3 ทาง, 3) ชีตขนาด 4x2, 4) เกจวัดความเร็ว, 5) ท่อไหลกลับ, 6) เกจวัดความดัน, 7) ชุดฟัน, 8) เกจ สูญญากาศ, 9) ท่อดูด, 10) ชุดวางค้ำ

รูปที่ 2. การติดตั้งเครื่องสูบน้ำกับชุดฟันและอุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรมการศึกษานานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, สุพรรณบุรี

คุณสมบัติวิชาการที่ผลการทดสอบของ

จากการศึกษาผลของกำลังน้ำชุดหนึ่งเข้ามาเป็นรูปกราฟเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องสูบน้ำนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับค่า

ค่า 1) ความสูญเสียรวม (เมตร) เขตรวมของน้ำ ณ จุดใดจุดหนึ่ง ก็คือพลังงานทั้งหมดของน้ำที่บอกในรูปของเขตของน้ำ ณ จุดนี้ๆ

$$H_{\Sigma} = h_s + h_p + h_v + h_f \quad (1)$$

เมื่อ

H_{Σ} = เขตของเครื่องสูบน้ำหรือเขตรวม (เมตร)

h_s = เขตความเสียด (เมตร)

h_p = เขตความดัน (เมตร)

h_v = เขตสถิต (เมตร)

h_f = เขตความเสียด (เมตร)

2) แรงม้าน้ำ (แรงม้า) เป็นพลังงานที่เครื่องสูบน้ำให้แก่ของเหลว (Power output) ในหน่วยของแรงม้า ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (Tyler G. Hicks and I.W. Edwards, 1971)

$$Whp = \frac{QH}{550} \quad (2)$$

เมื่อ

Whp = กำลังงานที่เครื่องสูบน้ำให้แก่ของเหลว (แรงม้า)

Q = น้ำหนักจำเพาะของของเหลว (กิโลนิวตันลูกบาศก์เมตร)

Q = อัตราการสูบ (ลูกบาศก์เมตรวินาที)

H = Total head (เมตร)

3) แรงม้าแรงยก (แรงม้า) เป็นกำลังงานที่เครื่องสูบน้ำได้จากเครื่องยนต์ (Power input) หรือเครื่องยนต์ ในหน่วยของแรงม้า เพื่อให้เพิ่มพลังงานให้กับของเหลว

$$Bhp = \frac{Q \times TDH \times SgGr}{237 \times Eff} \quad (3)$$

เมื่อ

Bhp = กำลังงานที่เครื่องสูบน้ำได้จากเครื่องยนต์ (แรงม้า)

Q = อัตราการไหลของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรวินาที)

TDH = เขตรวม (Total Dynamic Head, เมตร)

SgGr = ความตึงจำเพาะของของเหลว

การประเมินผลการผ่าชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ ๑

Eff = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบลม %

7) อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที) การวัดอัตราการไหลด้วยฝายวัดน้ำรูปตัววี (V -Notch Weir) (Q) เป็นฝายที่มีช่องเปิดเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากโดยสันฝายทั้งสองข้างทำมุม 45° กับแนวตั้ง ฝายสามเหลี่ยมเป็นฝายวัดอัตราการไหลของน้ำที่ให้ความละเอียดถูกต้องดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอัตราการไหลน้อย ๆ ซึ่งปริมาณน้ำสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Q = 0.01311 H^{3/2} \quad (4)$$

เมื่อ

Q = อัตราการไหลผ่านฝาย (ลบ.)

H = เหนือหรือความลึกของน้ำเหนือยอดสามเหลี่ยมของสันฝาย (cm)

8) อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ลบ.ม./วินาที) การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงวัดโดยใช้เครื่องภายใน 5 นาทีและค่า Shutting off ของเชื้อเพลิงและรวบรวมการใช้เชื้อเพลิงในถังกลับแต่ละครั้ง

จากการทดลองพบว่าการใช้พลังงานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ท่อไหลกลับ ซึ่งพิจารณาจาก ตัวแปรต่างๆข้างต้น โดยที่การใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว ให้ค่าความสูญเสียในท่อต่ำที่สุด ให้ประสิทธิภาพแรงม้าสูงที่สุดและมีอัตราการสิ้นเปลืองต่ำสุด (ตารางที่ 1) ซึ่งแตกต่างจากทุกแบบ และการใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ก็มีในภาวทดลองพบว่าการลดขนาดของท่อไหลกลับให้น้อยกว่าขนาด 2 นิ้วส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำสูงขึ้น โดยเทียบกับการทดลองแบบต่างๆ ในระยะเวลาการเก็บผล 5 นาที เชื่อกันว่าจากอัตราการไหล การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ของระบบ

จากการศึกษาผลของการทดลอง ที่ความเร็วรอบต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบพบว่าความเร็วรอบไม่ส่งผลต่อความเปลี่ยนแปลงในเรื่องของ ใช้ หรือ ไม่ใช้ท่อไหลกลับ แต่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ โดยรวม คือมีการเพิ่มขึ้น หรือ ลดลง เมื่อเปลี่ยนความเร็วรอบ (ตารางที่ 2) เมื่อได้ผลการทดลองครั้งนี้ สามารถนำไปเปรียบเทียบกับการใช้งานจริง จะทำให้ลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อใช้งานชุดเครื่องในทิศทางสุด โดยกำหนดขนาดท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่ความเร็วงาน 8 ชั่งโมง ต่อวัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน (1ฤดู) เมื่อเปรียบเทียบกับแบบไม่ใช้ท่อไหลกลับ (61,430 บาท/ 1 ฤดู)ที่อัตราการไหล 20,476.8 ลบ.ม/ 1ฤดู บดท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว (58,320บาท/1ฤดู) ที่อัตราการไหล 20,996.20 ลบ.ม/1ฤดู จะทำให้ลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง ถึง 3,110 บาท / ฤดู โดยใช้กระดาษปลุกข้าวในหน้าแล้งเป็นเกณฑ์การทดลอง

การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำที่ตำแหน่งไม่ใช้ท่อไหลกลับ ใช้ท่อไหลกลับขนาด 2 นิ้ว และใช้ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่แตกต่างกัน

รายการตรวจวัดผล	ไม่ใช้ท่อไหล	ใช้ท่อไหลกลับ	ใช้ท่อไหลกลับ	CV %	F-Test
	กลับ	ขนาด 2 นิ้ว	ขนาด 2.5 นิ้ว		
ความสูญเสียรวม (เมตร)	20.76 ^a	22.51 ^a	16.90 ^b	8.13	**
แรงม้าน้ำ (แรงม้า)	0.64 ^a	0.69 ^a	0.53 ^b	8.27	**
แรงม้าเบรก (แรงม้า)	0.75 ^a	0.89 ^a	0.59 ^b	9.27	**
อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	0.0079 ^a	0.0078 ^a	0.0091 ^b	9.66	**
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ลบ.ม./วินาที)	0.79 ^a	0.79 ^a	0.75 ^b	2.44	**

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ต่างกันโดยสิ้นเชิง (a,b,c) แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *Significant at 1% level **Significant at 5% level

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำที่ตำแหน่งความเร็วที่แตกต่างกัน

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	1,200	1,400	1,600	
ความสูญเสียรวม (เมตร)		3.85 ^a	19.57 ^b	26.74 ^b
แรงม้าน้ำ (แรงม้า)		0.23 ^a	0.62 ^b	1.00 ^b
แรงม้าเบรก (แรงม้า)		0.24 ^a	0.66 ^b	1.08 ^b
อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)		0.0046 ^a	0.0088 ^b	0.0103 ^b
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ลบ.ม./วินาที)		0.70 ^a	0.75 ^b	0.89 ^b

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ต่างกันโดยสิ้นเชิง (a,b,c) แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป

จากผลการทดลอง การออกแบบและสร้างชุดหัวพันในท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตรสามารถสรุปได้ว่าเมื่อใช้ ท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว ที่การใช้งาน 8 ชั่วโมง ต่อวัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน (1ฤดู) เมื่อเปรียบเทียบกับแบบไม่ใช้ท่อไหลกลับ (81,430 บาท/ 1 ฤดู) ที่อัตราการไหล 20,476.8 ลบ.ม/ 1 ฤดู และท่อไหลกลับขนาด 2.5 นิ้ว (58,320บาท/1ฤดู) ที่อัตราการไหล 20,995.20 ลบ.ม./1ฤดู จะทำให้ลด

การระบุปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลพบุรีของกรมชลประทาน ครั้งที่ ๘
 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำในเขื่อนลพบุรี ถึง 3,110 บาท / 1 ฤดู เมื่อเปรียบเทียบกับต้นแบบที่ไม่มีการติดตั้งท่อ
 ไหลกลับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่รดประพาน ต. เขียงบิน อ. เมือง จ. อุตรดิตถ์ ที่เชื้อเพลิงสถานที่ทำการ
 ทดลอง และคุณวิเศษ ทองเฒ่า สำหรับข้อคิด และคำแนะนำ ตลอดจนทีมงานที่ได้ผลปฏิบัติงานและทีมงานที่
 ร่วมปฏิบัติงานภาคสนามทุกท่าน

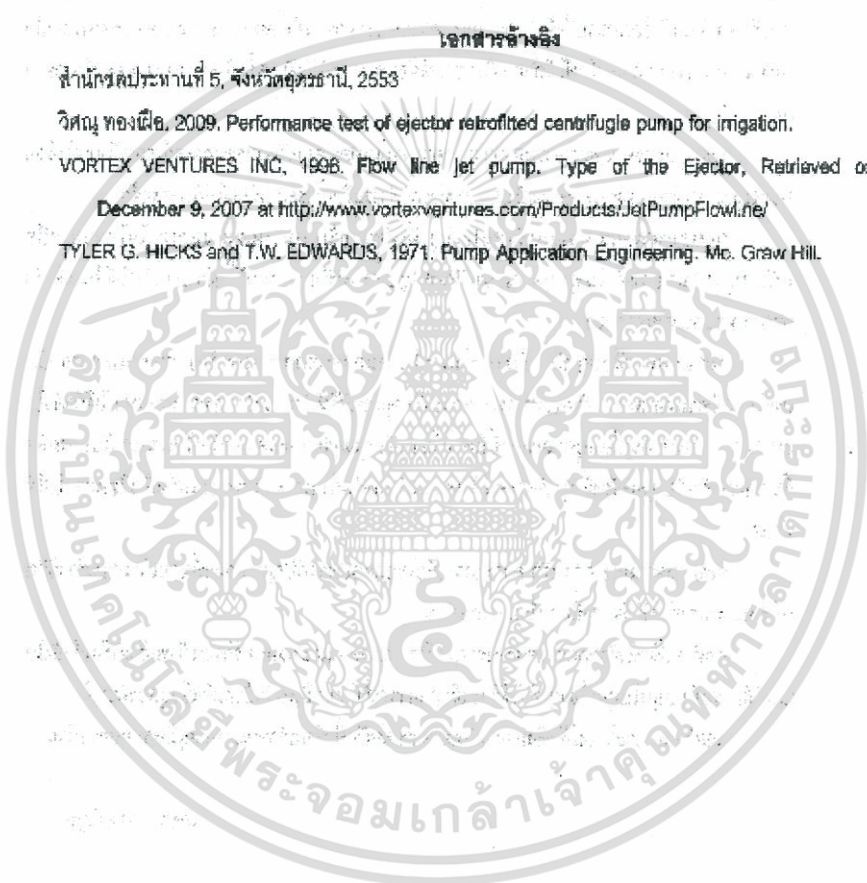
เอกสารอ้างอิง

สำนักงานชลประทานที่ ๕, จังหวัดอุตรดิตถ์, 2553

วิเศษ ทองเฒ่า, 2009. Performance test of ejector retrofitted centrifugie pump for irrigation.

VORTEX VENTURES INC, 1996. Flow line jet pump. Type of the Ejector, Retrieved on
 December 9, 2007 at <http://www.vortexventures.com/Products/JetPumpFlowl.ne/>

TYLER G. HICKS and T.W. EDWARDS, 1971. Pump Application Engineering. Mc. Graw Hill



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ – นามสกุล	ว่าที่ร้อยตรีเดชา ไชยปัญญา
วัน เดือน ปีเกิด	27 กรกฎาคม 2527
ที่อยู่	53/2 ม.2 ต.โนนเพ็ด อ.ประทาย จ.นครราชสีมา 30180
ประวัติการศึกษา	2546 ปวช.ช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคสุรนารี จ.นครราชสีมา 2548 ปวส.ช่างกลเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น 2551 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร(เทียบโอน) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2555 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ผลงานวิจัย	
พ.ศ.2551	การควบคุมโรงเรือนโดยใช้คอมพิวเตอร์ (Greenhouse Controlling by Computer) ร่วมกับ นายโยธิน คำไทย นายสมยงค์ กันยาลักษณ์
พ.ศ.2555	การเพิ่มความสามารถของเครื่องสูบน้ำโดยใช้ชุดหัวพ่นที่ท่อทางดูด (Improvement of the Water Pump by Applying the Ejector in the Suction Pipe)
ผลงานทางวิชาการ	การออกแบบและสร้างชุดหัวพ่นในท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำสำหรับ การเกษตร (Design and Fabricate Ejector Set in Suction Pipe of Water Pump for Agricultural); การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 9 ประจำปี 2555, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม, งาน เกษตรกำแพงแสน ระหว่างวันที่ 6 – 7 ธันวาคม 2555, หน้า 73 ; การ ประชุมวิชาการ ครั้งที่ 4 ประจำปี 2555, “นวัตกรรมชุมชนสู่ชุมชน นวัตกรรม” ณ อาคารเอกาทศรถ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก ระหว่าง วันที่ 7 กันยายน 2555, หน้า 407

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้