การศึกษาจำนวนลิ้นทิ้งน้ำที่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการสูบของเครื่องตะบันน้ำ

A Study on the Number of Waste Valves Affecting Pumping Rates of a Hydraulic Ram

ภูวดล พรหมชา[1,*] บุษริน เป็งใจ[2] และ สิทธินนท์ คล้ายแท้[3] และ ธิติวัฒน์ จีนจรรยา[4]

[1-4] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

**Corresponding author; E-mail address: p.phomcha@rmutl.ac.th*

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มอัตราการสูบของเครื่องตะบันน้ำ โดยทำการศึกษา 3 ชุดทดลองย่อยประกอบด้วย การทดลองเครื่องตะบันน้ำตามแบบของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) การดัดแปลงเครื่องตะบันน้ำสวทช. แบบเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ 2 ตัวแบบอนุกรม (2CS) และ 3 ตัวแบบอนุกรม (3CS) โดยระดับถังจ่ายน้ำทางเข้าสูง 2.15 เมตร และระดับถังน้ำปลายทางสูง 4.45 เมตร

ผลการทดลองเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจากสวทช. บันทึกอัตราการสูบ 7.87 ลิตรต่อนาที ประสิทธิภาพร้อยละ 63 ขณะที่ชุดการทดลองเครื่องตะบันน้ำแบบเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ 2 ตัวแบบอนุกรม (2CS) บันทึกอัตราการสูบ 13.30 ลิตรต่อนาที ประสิทธิภาพร้อยละ 52 และแบบเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ 3 ตัวแบบอนุกรม (3CS) บันทึกอัตราการสูบเท่ากับ 16.48 ลิตรต่อนาที ประสิทธิภาพร้อยละ 51

จากงานวิจัยนี้พบว่าเมื่อทำการดัดแปลงเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจากสวทช. โดยเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำเป็น 2 และ 3 ตัวแบบอนุกรม สามารถเพิ่มอัตราการสูบน้ำให้มากขึ้น 1.68 และ 2.09 เท่า ตามลำดับ

คำสำคัญ: อัตราการสูบน้ำ, ความถี่การตะบัน, ความดัน, ประสิทธิภาพ

Abstract

The objective of this research is to study the possibility of increasing the pumping rates of hydraulic ram. The study was conducted into 3 sub-sets which were firstly, experimented by using the prototype hydraulic ram according to the design of the National Science and Technology Development Agency (NSTDA), secondly, experimented by increased two waste valves in series, and finally, by increased three waste valves in series. The inlet water tank level was 2.15 meters high and the destination water tank was 4.45 meters high.

Experimental results were shown that the prototype from NSTDA recorded a flow rate of 7.87 liters per minute, 63% efficiency. While the 2-waste valve experiment observed a pumping rate of 13.30 liters per minute, an efficiency of 52 percent, and the 3-waste valve measured a highest flow rate of 16.48 liters per minute, with an efficiency of 51 percent.

From this research, it was found that when modifying the prototype hydraulic ram from NSTDA. By increasing the number of drain valves to 2 and 3 in series, the pumping rates were increased by 1.68 and 2.09 times, respectively.

Keywords: pumping rate, beat frequency, pressure, efficiency

1. บทนำ

เครื่องตะบันน้ำคืออุปกรณ์ทางชลศาสตร์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการส่งน้ำจากที่ต่ำขึ้นไปยังจุดที่อยู่สูงกว่าโดยอาศัยพลังงานจากแหล่งน้ำต้นทางเป็นแหล่งพลังงานและใช้หลักการของฆ้อนน้ำ (water hammer) ในการผลักดันน้ำไปยังจุดที่อยู่สูงกว่า ข้อดีของอุปกรณ์ชนิดนี้คือไม่ต้องการเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าในการทำงาน สร้างและติดตั้งง่าย สามารถทำได้เอง ราคาไม่แพง ซ่อมบำรุงง่าย มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวน้อย และไม่สร้างมลภาวะ แต่ข้อเสียคือต้องมีแหล่งน้ำต้นทางเป็นแหล่งพลังงานและต้องมีเฮดสูงกว่า 2 เมตรขึ้นไปเหนือเครื่องตะบันน้ำ เสียงดังในขณะทำงาน และอัตราการส่งน้ำค่อนข้างน้อย

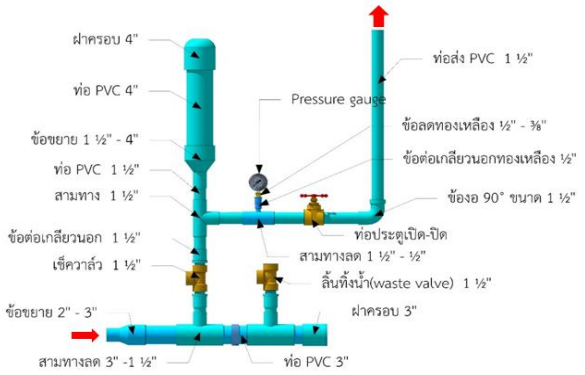
จากอดีตจนถึงปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตะบันน้ำอย่างแพร่หลาย[1-6] แต่งานวิจัยที่มุ่งเน้นการเพิ่มอัตราการส่งน้ำให้สูงขึ้นและราคาประหยัด ยังไม่ประสบผลสำเร็จมากนัก[7-10] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มอัตราการสูบของเครื่องตะบันน้ำ ด้วยการดัดแปลงเครื่องตะบันน้ำสวทช. โดยเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ 2 ตัวและ 3 ตัว จากนั้นเปรียบเทียบอัตราการสูบและประสิทธิภาพของเครื่องตะบันน้ำ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของตะบันน้ำ

ตะบันน้ำ (รูปที่ 1) ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลักหลายส่วนได้แก่ ท่อจ่าย ท่อส่ง ท่อพักอากาศ ลิ้นทิ้งน้ำ และเช็ควาล์ว โดยท่อจ่ายทำหน้าที่ส่งน้ำเข้าเครื่องตะบันน้ำจากนั้นน้ำไหลผ่านไปยังลิ้นทิ้งน้ำ โดยลิ้นทิ้งน้ำจะเปิด-ปิด

สลับกันไปในช่วงที่ลิ้นทิ้งน้ำปิดน้ำจะไหลย้อนกับไปยังเช็ควาล์วเข้าสู่ท่อพักอากาศด้านบน จากนั้นแรงดันอากาศที่มีอยู่ภายในท่อพักอากาศจะดันเช็ควาล์วให้ปิด น้ำที่ค้างอยู่ภายในท่อพักอากาศจะถูกดันออกไปทางท่อส่งน้ำขึ้นไปยังจุดรับน้ำที่อยู่สูงกว่าตัวตะบันน้ำ โดยกระบวนการทั้งหมดจะเริ่มต้นขึ้นใหม่ทุกๆ ประมาณ 2 วินาที



รูปที่ 1 องค์ประกอบของเครื่องตะบันน้ำ

2.2 การต่ออุปกรณ์ร่วมแบบอนุกรม

การต่ออุปกรณ์ร่วมแบบอนุกรมสามารถประยุกต์ใช้ทั้งในการต่อเครื่องสูบหรืองานวางท่อ โดยการต่อเครื่องสูบแบบอนุกรมเป็นการนำเครื่องสูบมาต่อเรียงกันเพื่อต้องการเพิ่มเฮดน้ำให้สูงขึ้น ขณะที่การวางท่อแบบอนุกรมเป็นการนำท่อมาต่อเรียงกันเป็นแนวยาวด้วยอุปกรณ์ประกอบท่อและข้อต่อต่างๆ โดยการต่อท่ออาจมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อแตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มอัตราการสูบของเครื่องตะบันน้ำด้วยการเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ 2 ตัว และ 3 ตัว ต่อร่วมแบบอนุกรม

2.3 การบันทึกอัตราการไหลและการคำนวณประสิทธิภาพ

การบันทึกอัตราน้ำที่สูบได้จากเครื่องตะบันน้ำและอัตราน้ำทิ้งผ่านวาล์วน้ำทิ้งจากค่าเฉลี่ย 3 ค่า โดยอัตราการไหลคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างปริมาตรน้ำต่อเวลา ดังสมการที่ (1)

$$\forall = \frac{Q}{T} \quad (1)$$

เมื่อ $\forall$ คือปริมาตรน้ำ (ลิตร), Q คืออัตราน้ำ (ลิตร/นาที), T คือเวลา (นาที)

การศึกษานี้คำนวณประสิทธิภาพเครื่องตะบันน้ำ (η) ดังสมการที่ (2)

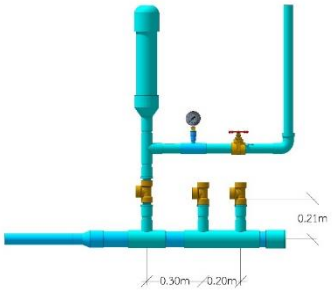
$$\eta = \frac{qh}{QH} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ q คืออัตราน้ำที่สูบได้ (ลิตรต่อนาที), Q คืออัตราน้ำที่ไหลเข้าเครื่องตะบันน้ำ (ลิตรต่อนาที), H คือความสูงของหัวน้ำที่ส่งเข้าเครื่องตะบันน้ำ (เมตร), h คือความสูงของหัวน้ำที่สูบขึ้นไปใช้งาน (เมตร)

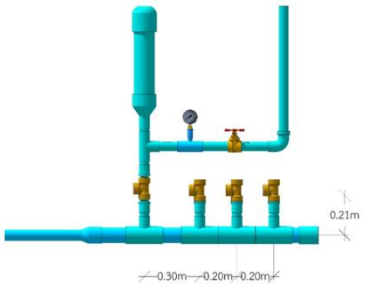
3. วิธีการทดลอง

3.1 การดัดแปลงเครื่องตะบันน้ำ

การดัดแปลงเครื่องตะบันน้ำแบบเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ 2 ตัว (2CS) และ 3 ตัว (3CS) แบบอนุกรม (รูปที่ 2 และรูปที่ 3) โดยการทดลองนี้อุปกรณ์การทดลองเหมือนกับเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เพียงแต่มีลิ้นทิ้งน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 2 ตัว และ 3 ตัว ซึ่งวางต่อจากลิ้นทิ้งน้ำตัวเดิมประมาณ 0.20 เมตร



รูปที่ 2 เครื่องตะบันน้ำเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ 2 ตัวแบบอนุกรม



รูปที่ 3 เครื่องตะบันน้ำเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ 3 ตัวแบบอนุกรม

3.2 การติดตั้งเครื่องตะบันน้ำและอุปกรณ์ประกอบ

เมื่อจัดเตรียมเครื่องตะบันน้ำและอุปกรณ์ประกอบครบถ้วนแล้วจึงทำการประกอบท่อและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน (รูปที่ 4) ตามลำดับดังนี้

1) ที่ท่อจ่าย ตั้งนั่งร้าน 1 ชุด ให้ได้ระดับ จากนั้นนำถังจ่ายน้ำปริมาตร 200 ลิตร วางด้านบนโดยวัดระดับความสูงจากพื้นถึงจุดปล่อยน้ำอยู่ที่ความสูงประมาณ 2.15 เมตร

2) นำท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว พร้อมอุปกรณ์ข้อต่อ ต่อเข้ากับถังจ่ายน้ำแนวเฉียงลง

3) นำท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ที่มีระยะ 8.00 เมตร พร้อมอุปกรณ์ข้อต่อ ด้านหนึ่งต่อเข้ากับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ที่เฉียงลงมา และอีกด้านเชื่อมเข้ากับเครื่องตะบันน้ำ

4) ที่ท่อส่ง ตั้งนั่งร้าน 2 ชุด ให้ได้ระดับ วางถังน้ำปริมาตร 200 ลิตร บนนั่งร้าน นำท่อน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ½ นิ้ว ที่พร้อมอุปกรณ์ข้อต่อและเกจวัดความดันต่อจากเครื่องตะบันน้ำเพื่อส่งน้ำที่ความสูง 4 เมตร

5) ยึดท่อและอุปกรณ์ติดกับโครงหรือขาของนั่งร้านให้แน่นหนา

6) เติมน้ำในถังจ่ายและรักษาระดับน้ำให้เต็ม ไล่อากาศออกจากท่อเริ่มทำการทดลองและบันทึกผล

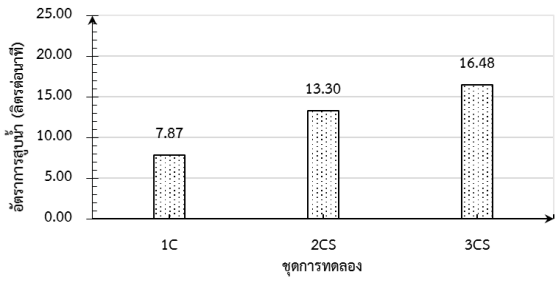
7) เมื่อทำการทดลองเครื่องตะบันน้ำของ สวทช. เรียบร้อบแล้วจึงเปลี่ยนเป็นเครื่องตะบันน้ำแบบเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ 2 ตัว และ 3 ตัวแบบอนุกรม ตามลำดับ

รูปที่ 4 การติดตั้งเครื่องตะบันน้ำและอุปกรณ์ประกอบ

4. ผลและวิเคราะห์ผล

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลที่ได้ศึกษาการเพิ่มอัตราการสูบน้ำด้วยเครื่องตะบันน้ำโดยมีการศึกษาทดสอบในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่ 3 รูปแบบประกอบด้วย การทดลองเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจาก สวทช. การทดลองเครื่องตะบันน้ำแบบเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ 2 ตัว และ 3 ตัว ตามลำดับ

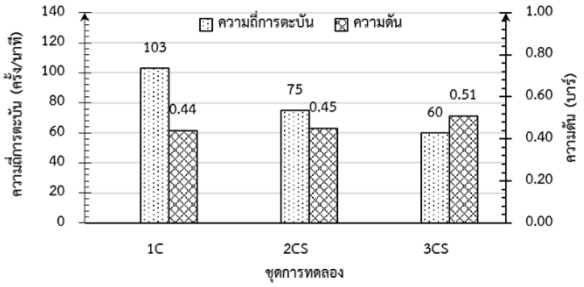
ผลการทดสอบแรกคือผลการทดลองเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจาก สวทช.บันทึกอัตราการสูบเฉลี่ยเท่ากับ 7.87 ลิตรต่อนาที ประสิทธิภาพร้อยละ 63 ผลการทดสอบถัดมาคือผลการทดลองเครื่องตะบันน้ำแบบเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ 2 ตัวแบบอนุกรม บันทึกอัตราการสูบเฉลี่ยเท่ากับ 13.30 ลิตรต่อนาที ประสิทธิภาพร้อยละ 52 และสุดท้ายผลการทดลองเครื่องตะบันน้ำแบบเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ 3 ตัวแบบอนุกรม บันทึกอัตราการสูบเฉลี่ยเท่ากับ 16.48 ลิตรต่อนาที ประสิทธิภาพร้อยละ 51 (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 อัตราการสูบน้ำเฉลี่ยของเครื่องตะบันน้ำที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ

รูปที่ 5 เปรียบเทียบอัตราการสูบน้ำที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ โดยอัตราการสูบน้ำเฉลี่ยที่ลิ้นทิ้งน้ำ 2 ตัวแบบอนุกรม (2CS) และลิ้นทิ้งน้ำ 3 ตัวแบบอนุกรม (3CS) เพิ่มขึ้นจากอัตราการสูบน้ำเฉลี่ยลิ้นทิ้งน้ำ 1 ตัว (1C) เป็น 1.69 และ 2.09 เท่า ตามลำดับ ผลการบันทึกความดันเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนลิ้นทิ้งน้ำโดยใช้เกจวัดความดันซึ่งติดตั้งบริเวณท่อส่งน้ำออก (รูปที่ 6) พบว่าเครื่องตะบันน้ำลิ้นทิ้งน้ำ 1 ตัว (1C), ลิ้นทิ้งน้ำ 2 ตัวแบบอนุกรม (2CS) และลิ้นทิ้งน้ำ 3 ตัวแบบอนุกรม (3CS) บันทึกความดันเฉลี่ยเท่ากับ 0.44, 0.45 และ 0.51 บาร์ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความดันที่ท่อทางออกเพิ่มขึ้นตามจำนวนลิ้นทิ้งน้ำที่เพิ่มขึ้น

นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบความถี่การตะบันน้ำที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนลิ้นทิ้งน้ำแบบอนุกรม พบว่าจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ 3 ตัวแบบอนุกรม (3CS) สามารถบันทึกอัตราการสูบน้ำเฉลี่ยสูงสุด โดยบันทึกความถี่การตะบันน้ำเท่ากับ 60 ครั้งต่อนาที ซึ่งน้อยกว่าการทดลองเครื่องตะบันน้ำลิ้นทิ้งน้ำ 2 ตัวแบบอนุกรม (2CS) (75 ครั้งต่อนาที) และลิ้นทิ้งน้ำ 1 ตัว (1C) (103 ครั้งต่อนาที) โดยความถี่การตะบันน้ำลดลงตามจำนวนลิ้นทิ้งน้ำที่เพิ่มขึ้น โดยงานวิจัย[1] พบว่าจำนวนการตะบันของลิ้นทิ้งน้ำที่ลดลง ส่งผลให้อัตราการไหลของเครื่องตะบันน้ำเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของงานวิจัยนี้



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบความถี่การตะบันน้ำเฉลี่ยและความดันเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ ลิ้นทิ้งน้ำมีช่วงการเปิดและปิดที่นานขึ้น (จำนวนการตะบันต่อเวลาลดลง) โดยน้ำที่ไหลกลับมีขนาดแรงดันที่เพิ่มขึ้น เมื่อน้ำไหลเข้าสู่ท่อพักอากาศอากาศที่อยู่ในท่อเกิดการอัดตัวจนมีความดันเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำในท่อมีโมเมนตัมที่เพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากท่อพักอากาศไม่มีทางออกด้านบนอากาศจึงเกิดการอัดตัวและผลักดันให้น้ำไหลออกจากท่อพักอากาศทางด้านล่างผ่านทางท่อส่งน้ำออกด้วยความดันที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนลิ้นทิ้งน้ำ (รูปที่ 6) ดังนั้นจำนวนลิ้นทิ้งน้ำที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้เครื่องตะบันน้ำมีอัตราการสูบเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพตามจำนวนลิ้นทิ้งน้ำแบบอนุกรม พบว่าประสิทธิภาพของเครื่องตะบันน้ำลิ้นทิ้งน้ำ 1 ตัว (1C), ลิ้นทิ้งน้ำ 2 ตัวแบบอนุกรม (2CS) และ ลิ้นทิ้งน้ำ 3 ตัวแบบอนุกรม (3CS) คำนวณประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 63, 52 และ 51 ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพลดลงตามจำนวนลิ้นทิ้งน้ำที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากทั้งปริมาณน้ำไหลเข้าเครื่องตะบันน้ำและปริมาณน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นตามจำนวนลิ้นทิ้งน้ำที่เพิ่มขึ้น

5. บทสรุป

จากงานวิจัยนี้พบว่าเมื่อทำการดัดแปลงเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจากสวทช. ด้วยการเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำแบบอนุกรม เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจาก สวทช. โดยการเพิ่มจำนวนลิ้นทิ้งน้ำทั้งแบบ 2 ตัว (2CS) และแบบ 3 ตัว (3CS) แบบอนุกรม บันทึกอัตราการสูบได้มากกว่าเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจาก สวทช. 1.69 และ 2.09 เท่า ตามลำดับ ซึ่งบรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากตะบันน้ำที่ดัดแปลงยังมีปริมาณน้ำทิ้งที่ค่อนข้างมาก ดังนั้นข้อเสนอแนะสำหรับ

งานวิจัยต่อไปควรศึกษาแนวทางลดปริมาณน้ำทิ้งที่สูญเสียผ่านลิ้นทิ้งน้ำ เพื่อพัฒนาให้เครื่องตะบันน้ำมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณอาจารย์ อนุรัตน์ เทวตา สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้ข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Asvapoositkul, W., Juruta, J., Tabtimhin, N., and Limpongsa, Y. (2019). Determination of Hydraulic Ram Pump Performance: Experimental Results. *Advances in Civil Engineering*. 2019. pp. 1-11.

[2] Asvapoositkul, W., Nimitpaitoon, T., Rattanasuwan, S., and Manakitsirisuthi, P. (2020). The use of hydraulic rampump for increasing pump head-technical feasibility. *Engineering Reports*. 2021;3:e12314.

[3] Mbiu, R. N., Maranga, S. M., and Mwai, M. (2015). Performance testing of Hydraulic ram pump. In Muvengei, O. (Ed.), *Proceedings of the Sustainable Research and Innovation (SRI) Conference* (pp. 6-8). Nairobi, Kenya: JKUAT.

[4] วีระพงษ์ เพ็งแจ่ม, ชญานี น้อมนพ. (2552). *การศึกษาและพัฒนาเครื่องตะบันน้ำจากวัสดุที่มีหน่วยทั่วไป*. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[5] ภูวดล พรหมชา, รัชนีกร จันทร์จ้อย, หัทยาภรณ์ ชุนประวัติ, นที นิลกำแหง และ นเรศ ทรัพย์อยู่ (2562). การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มอัตราการสูบของตะบันน้ำ ด้วยการเพิ่มจำนวนแหล่งจ่ายน้ำและการต่อเครื่องตะบันน้ำแบบขนาน. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24*, จ.อุดรธานี, 10-12 กรกฎาคม 2562.

[6] ภูวดล พรหมชา, ปานตะวัน อุ่นคำ, กวิสรา ศรีกันทา และ ประกาศิต สารจันทร์ (2564). การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มอัตราการสูบของเครื่องตะบันน้ำ กรณีศึกษาการดัดแปลงวาล์วน้ำทิ้งแบบหัวกะโหลก. *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 5 และการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 2*. การประชุมรูปแบบออนไลน์, 7-9 กรกฎาคม 2564.

[7] Inthachot, M., Saehaeng, S., Johannes F. J. Max, Muller, J., & Spreer, W. (2015). Hydraulic ram pump for irrigation in Northern Thailand. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, *5*(1), 107-114.

[8] พนิดา สีมาวุธ (2564) ศึกษาผลของการเลือกใช้วาล์วน้ำล้นและวาล์วส่งน้ำต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตะบันน้ำ. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26*, การประชุมรูปแบบออนไลน์, 23-25 มิถุนายน 2564, หน้า INF-07-1-6.

[9] มัชฌิมะ สิธิโห, สุวิมล เสนีย์งศ์ ณ อยุธยา, ศุภชัย พรหมเป็งและนพรัตน์ ฤทธิรน. (2558). *การออกแบบพัฒนาวาล์วน้ำทิ้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับเครื่องตะบันน้ำ*. กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าจังหวัดนครนายก.

[10] ชิตพล คงศิลา (2560). อิทธิพลของห้องอากาศที่มีขนาดแตกต่างกันต่อประสิทธิภาพของเครื่องตะบันน้ำ. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31. 4 – 7 กรกฎาคม 2560 จังหวัดนครนายก.