การศึกษาปริมาตรห้องพักอากาศที่เหมาะสมของเครื่องตะบันน้ำ
A study of the appropriate air chamber volume of the hydraulic ram pump

ภูวดล พรหมชา[1*] พัชรินทร์ พรมบุญชู[2] และณัฐพร แซ่ล้อ[3]

[1-3] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
**Corresponding author; E-mail address: p.phomcha@rmutl.ac.th*

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มอัตราการสูบของเครื่องตะบันน้ำ โดยจัดทำเครื่องตะบันน้ำตามต้นแบบจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) จากนั้นทำการเพิ่มและลดปริมาตรห้องพักอากาศระหว่าง 4052 (*H*0.50) ถึง 7293 (*H*0.90) ลบ.ซม. กำหนดระดับถังจ่ายน้ำทางเข้าสูง 2.15 เมตร และระดับถังน้ำปลายทางสูง 4.45 เมตร จากการศึกษาพบว่าปริมาตรห้องพักอากาศที่เหมาะสมเท่ากับ 5672 ลบ.ซม. (*H*0.70) บันทึกอัตราการสูบน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 16.32 ลิตรต่อนาที (ประสิทธิภาพร้อยละ 77) ซึ่งเพิ่มขึ้นจากอัตราการสูบน้ำเฉลี่ยของเครื่องตะบันน้ำแบบสวทช. ประมาณ 2.39 เท่า แสดงให้เห็นว่าการปรับเพิ่มปริมาตรห้องพักอากาศที่เหมาะสมสามารถเพิ่มอัตราการสูบของเครื่องตะบันน้ำ

Abstract

This research project aims to investigate the possibilities of boosting the pumping rate of hydraulic ram pumps. By developing a pump based on a National Science and Technology Development Agency prototype. Then adjust the air chamber capacity between 4,052 (*H*0.50) and 7,293 (*H*0.90) cubic cm. The entry water tank level is 2.15 meters high, while the end water tank level is 4.45 meters high. The study found that the optimal air chamber capacity was 5,672 cubic cm (*H*0.70), with an average pumping rate of 16.32 liters per minute (77 per cent efficiency), which was higher than the average pumping rate of NSTDA pump approximately 2.39 times. It has been shown that increasing the volume of the air chamber appropriately can increase the pumping rate of the hydraulic ram pump.

Keywords: pumping rate, beat frequency, pressure, efficiency

1. บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการอุปโภคบริโภค และเกษตรกรรม ในบางพื้นที่แม้จะมีแหล่งน้ำตามธรรมชาติแต่สำหรับชุมชนที่อาศัยบนพื้นที่สูง การสูบน้ำมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง รวมถึงชาวบ้านส่วนใหญ่มักใช้พลังงานจากน้ำมัน และไฟฟ้าในการนำน้ำจากแหล่งธรรมชาติมาใช้เพื่อเกษตรกรรมทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรและเพิ่มต้นทุนในการผลิต เครื่องตะบันน้ำจึงเป็นอีกตัวเลือกหนึ่งที่สามารถสูบน้ำขึ้นที่สูงได้โดยไม่ใช้เชื้อเพลิง และมีต้นทุนต่ำ

เครื่องตะบันน้ำเป็นเครื่องสูบน้ำที่สามารถทำงานได้โดยอาศัยแรงดันน้ำแหล่งต้นน้ำธรรมชาติ หลักการทำงานคือเมื่อน้ำไหลเข้าท่อต้นทางทำให้ลิ้นทิ้งน้ำของของประตูน้ำกันกลับปิด เมื่อลิ้นทิ้งน้ำประตูน้ำกันกลับปิดจะทำให้น้ำหยุดกะทันหันและไหลกลับเข้าสู่ประตูน้ำกันกลับอีกตัวที่มีห้องพักอากาศอยู่ เมื่อน้ำเข้าไปสะสมในห้องพักอากาศจนถึงจุด ๆ หนึ่ง อากาศจะเกิดการอัดตัว และแรงอัดของอากาศสามารถผลักดันน้ำส่งขึ้นที่สูงได้

จากอดีตจนถึงปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตะบันน้ำอย่างแพร่หลาย [1-7] แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงปัจจัยภายในของเครื่องตะบันน้ำยังพบไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการปัจจัยภายในของเครื่องตะบันน้ำเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มอัตราการสูบของเครื่องตะบันน้ำโดยปรับปริมาตรห้องพักอากาศ โดยมีสมมติฐานว่าขนาดห้องพักอากาศที่มีขนาดใหญ่ขึ้นสามารถเพิ่มแรงอัดอากาศที่อยู่ภายในห้องพักอากาศได้ดีกว่าห้องพักอากาศที่มีขนาดเล็ก

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการการเกิดค้อนน้ำ

ค้อนน้ำ (water hammer) เป็นปรากฏการณ์ที่ความดันในท่อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน เมื่อพิจารณาการไหลในท่อ น้ำที่ไหลในท่อจะมีโมเมนตัมเท่ากับมวลของน้ำคูณความเร็วการไหล ในกรณีที่มีการปิดประตูน้ำอย่างกระทันหันทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความดันเริ่มต้นที่ประตูน้ำและส่งต่อไปยังท่อ โดยที่ความดันในท่อที่สูงขึ้นนี้ถ้าหากมีขนาดสูงกว่าขีดความสามารถในการรับแรงดันภายในของท่อ จะทำให้ผนังท่อเกิดการแตกร้าวและก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบท่อได้ นอกจากนั้นยังทำให้ความดันภายในท่อเกิดการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาที่เรียกว่าเกิดคลื่นความดัน (pressure wave) เป็นผลทำให้เกิดการสั่นสะเทือนภายในท่อ

ความดันสูงสุดในท่อ (P_{max}) ที่เกิดจากค้อนน้ำแสดงดังสมการที่ (1)

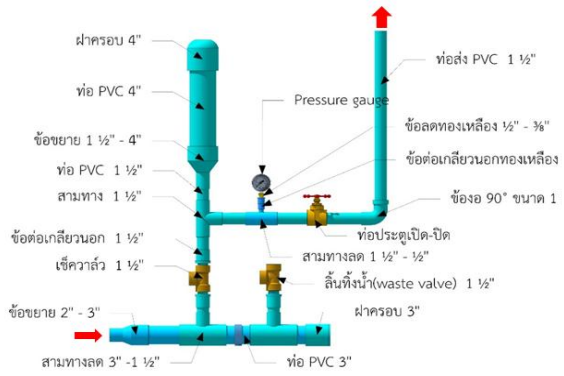
$$P_{max} = \frac{14.762 \cdot V}{\sqrt{1+\frac{K \cdot d}{t}}} \quad (1)$$

เมื่อ V คือความเร็วของคลื่นในท่อก่อนปิดประตูน้ำ, K คืออัตราส่วนระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุท่อต่อโมดูลัสของความยืดหยุ่นของน้ำ, d คือเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ และ t คือความหนาของผนังท่อ

2.2 หลักการทำงานของตะบันน้ำ

ตะบันน้ำ (รูปที่ 1) ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลักหลายส่วนได้แก่ ท่อจ่าย ท่อส่ง ท่อพักอากาศ ลิ้นทิ้งน้ำ และเช็ควาล์ว โดยการทำงานของเครื่องตะบันน้ำประยุกต์จากหลักการการเกิดค้อนน้ำ เริ่มต้นจากท่อจ่ายทำหน้าที่ส่งน้ำเข้าเครื่องตะบันน้ำจากนั้นน้ำไหลผ่านไปยังลิ้นทิ้งน้ำ โดยลิ้นทิ้งน้ำจะเปิด-ปิดสลับกันไปในช่วงที่ลิ้นทิ้งน้ำปิดน้ำจะไหลย้อนกับไปยังเช็ควาล์วเข้าสู่ห้องพักอากาศด้านบน (air chamber) จากนั้นแรงดันอากาศที่มีอยู่ภายในห้องพักอากาศจะดันเช็ควาล์วให้ปิด น้ำที่ค้างอยู่ภายในห้องพักอากาศจะถูกดันออกไปทางท่อส่งน้ำ ขึ้นไปยังจุดรับน้ำที่อยู่สูงกว่าตะบันน้ำ

โดยกระบวนการทั้งหมดจะเริ่มต้นขึ้นใหม่ประมาณ 2-3 วินาที ต่อรอบการส่งน้ำ



รูปที่ 1 องค์ประกอบของเครื่องตะบันน้ำ สวทช.[8]

2.3 การบันทึกอัตราการไหลและการคำนวณประสิทธิภาพ

การบันทึกอัตราน้ำที่สูบได้จากเครื่องตะบันน้ำและอัตราน้ำทิ้งผ่านวาล์วน้ำทิ้งจากค่าเฉลี่ย 3 ค่า โดยอัตราการไหลคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างปริมาตรน้ำต่อเวลา ดังสมการที่ (2)

$$\forall = \frac{Q}{T} \tag{2}$$

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

การศึกษานี้คำนวณประสิทธิภาพเครื่องตะบันน้ำ (η) ดังสมการที่ (3)

$$\eta = \frac{qh}{QH} \times 100 \tag{3}$$

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

3. วิธีการทดลอง

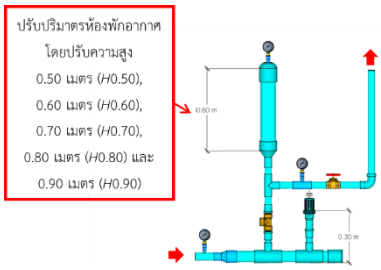
การศึกษาการเพิ่มอัตราการสูบของเครื่องตะบันน้ำ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองย่อย ประกอบด้วย การทดลองเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และการทดลองเครื่องตะบันน้ำโดยปรับปริมาตรห้องพักอากาศ

3.1 การทดลองเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจาก สวทช.

งานวิจัยนี้เริ่มโดยจัดทำเครื่องตะบันน้ำตามแบบที่เสนอโดย สวทช.[8] โดยมีส่วนประกอบหลักประกอบด้วยชุดอัดอากาศ (เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 นิ้ว ยาว 0.5 เมตร) ชุดกระบอกนอน และชุดส่งน้ำ ทำจากท่อ PVC และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ

3.2 การปรับปริมาตรห้องพักอากาศ

จากเครื่องตะบันน้ำต้นแบบของสวทช. ผู้วิจัยปรับความสูงของห้องพักอากาศที่ 0.5 0.7 0.6 0.8 และ 0.9 เมตร (รูปที่ 2) เพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาตรที่เปลี่ยนไปต่ออัตราการสูบ โดยกำหนดความสูงแหล่งจ่ายน้ำ ระยะท่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ และความสูงท่อส่งน้ำ เช่นเดียวกันกับชุดทดลองในหัวข้อ 3.1



รูปที่ 2 ห้องพักอากาศขนาดต่างๆ ดัดแปลงจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว

3.3 การติดตั้งเครื่องตะบันน้ำและอุปกรณ์ประกอบ

เมื่อจัดเตรียมเครื่องตะบันน้ำและอุปกรณ์ประกอบครบถ้วนแล้วจึงทำการประกอบท่อและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน (รูปที่ 3) 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 4.45 เมตร

5) ยึดท่อและอุปกรณ์ติดกับโครงหรือขาของนั่งร้านให้แน่นหนา

6) เติมน้ำในถังจ่ายและรักษาระดับน้ำให้เต็ม ไล่อากาศออกจากท่อเริ่มทำการทดลองและบันทึกผล

7) เมื่อทำการทดลองเครื่องตะบันน้ำของ สวทช. เรียบร้อยแล้วจึงทำการปรับเปลี่ยนปริมาตรห้องพักอากาศตามลำดับ

รูปที่ 3 การติดตั้งเครื่องตะบันน้ำและอุปกรณ์ประกอบ

4. ผลและวิเคราะห์ผล

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลที่ได้ศึกษาการเพิ่มอัตราการสูบน้ำด้วยเครื่องตะบันน้ำโดยมีการศึกษาทดสอบในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่ 2 แบบประกอบด้วย การทดลองเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจากสวทช. และการทดลองเครื่องตะบันน้ำแบบปรับเปลี่ยนปริมาตรห้องพักอากาศ

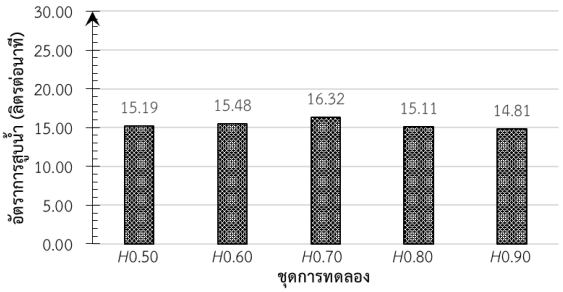
4.1 ผลการทดลองเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจาก สวทช.

จากผลการทดลองเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) บันทึกอัตราการสูบเฉลี่ย

6.98 ลิตรต่อนาที ความดันที่ท่อส่งน้ำออกเฉลี่ย 0.38 บาร์ ความถี่การตะบันเฉลี่ย 81 ครั้งต่อนาที และประสิทธิภาพร้อยละ 52.67

4.2 ผลการทดลองเครื่องตะบันน้ำปรับปริมาตรห้องพักอากาศ

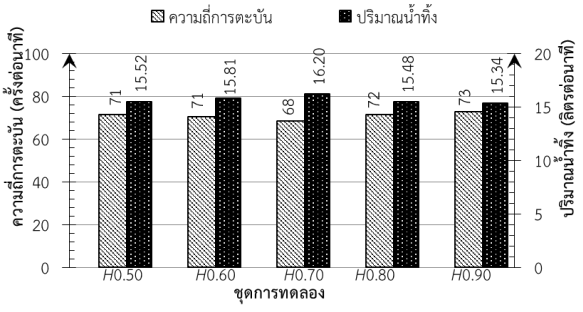
จากการทดสอบพบว่าชุดทดลองเครื่องตะบันน้ำแบบปรับปริมาตรห้องพักอากาศความสูง 0.70 เมตร (*H*0.70) มีอัตราการสูบน้ำเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 16.32 ลิตรต่อนาที (รูปที่ 4) โดยอัตราการสูบน้ำเฉลี่ยที่ปริมาตรห้องพักอากาศโดยการปรับความสูง 0.50 เมตร (*H*0.50), 0.60 เมตร (*H*0.60), 0.70 เมตร (*H*0.70), 0.80 (*H*0.80) และ 0.90 เมตร (*H*0.90) มีค่ามากกว่าอัตราการสูบน้ำเฉลี่ยของเครื่องตามแบบสวทช. 2.18, 2.22, 2.34, 2.16 และ 2.12 เท่า ตามลำดับ และคำนวณประสิทธิภาพจากสมการที่ (3) ร้อยละ 76, 76, 77, 75 และ 75 ตามลำดับ



รูปที่ 4 อัตราการสูบน้ำเฉลี่ยของเครื่องตะบันน้ำปรับปริมาตรห้องพักอากาศ

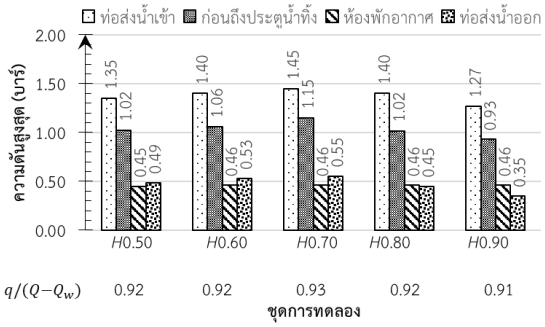
รูปที่ 5 แสดงความถี่การตะบันน้ำเฉลี่ยตามปริมาตรห้องพักอากาศ พบว่าผลการทดลองเครื่องตะบันน้ำปรับปริมาตรของห้องพักอากาศ บันทึกความถี่การตะบันเฉลี่ยเท่ากับ 71, 71, 68, 72 และ 73 ครั้งต่อนาที ตามลำดับ โดยความถี่การตะบันของเครื่องตะบันน้ำน้อยกว่าเครื่องตะบันน้ำต้นแบบจาก สวทช. (81 ครั้งต่อนาที) ในทุกๆ ปริมาตรห้องพักอากาศ

เมื่อพิจารณาชุดทดลอง *H*0.7 พบว่ามีความถี่การตะบันน้อยที่สุด (68 ครั้ง/นาที) แสดงให้เห็นว่าความถี่การตะบันลดลงส่งผลให้อัตราการสูบเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ [1-2,5-6] ที่พบว่าจำนวนการตะบันของวาล์วทิ้งน้ำที่ลดลง ส่งผลให้อัตราการสูบของเครื่องตะบันน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของงานวิจัยนี้



รูปที่ 5 ความถี่การตะบันน้ำเฉลี่ยและอัตราน้ำทิ้งที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาตรห้องพักอากาศ

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาผลการวัดความดันที่ตำแหน่งท่อส่งน้ำออก (รูปที่ 6) พบว่า *H*0.7 มีความดันสูงสุด (0.55 บาร์) มากกว่าทุกชุดการทดสอบย่อย แสดงให้เห็นว่าปริมาตรห้องพักอากาศที่เหมาะสมสามารถเพิ่มความดันที่ตำแหน่งท่อส่งน้ำออก อีกทั้งยังมีอัตราส่วนของอัตราการสูบต่ออัตราน้ำไหลกลับในท่อ $q/(Q\text{-}Q_w)$ มากที่สุด ส่งผลให้ชุดทดลอง *H*0.7 สามารถส่งน้ำด้วยอัตราการสูบมากที่สุด



รูปที่ 6 ความดันสูงสุดที่จุดต่าง ๆ ของเครื่องตะบันน้ำที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาตรห้องพักอากาศ

จากเงื่อนไขการทดลองที่ระดับถังจ่ายน้ำทางเข้าสูง 2.15 เมตร และระดับถังน้ำปลายทางสูง 4.45 เมตร ผลการทดลองเปลี่ยนขนาดห้องพักอากาศระหว่าง 4,052 ลบ.ซม. (*H*0.50) ถึง 7,293 ลบ.ซม. (*H*0.90) พบว่าปริมาตรห้องพักอากาศที่เหมาะสมเท่ากับ 5,672 ลบ.ซม. (*H*0.70) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาตรห้องพักอากาศสามารถเพิ่มอัตราการสูบน้ำได้จริงตามสมมติฐานการทดลอง แต่เมื่อเพิ่มปริมาตรมากกว่าปริมาตรที่เหมาะสมประสิทธิภาพและอัตราการสูบจะเริ่มลดลง ไม่คุ้มค่ากับราคาค่าวัสดุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของ [9]

5. สรุป

ผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนปริมาตรห้องพักอากาศส่งผลต่ออัตราการสูบของเครื่องตะบันน้ำ แต่อย่างไรก็ตามอัตราการสูบที่บันทึกและประสิทธิภาพมีความแตกต่างกันไม่มากนัก การเลือกขนาดห้องพักอากาศที่มีขนาดใหญ่เกินไปทำให้สิ้นเปลืองวัสดุแต่อัตราการไหลและประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ดังนั้นในกรณีที่ต้องการประหยัดค่าวัสดุในการจัดทำห้องพักอากาศสามารถเลือกปริมาตรห้องพักอากาศที่มีขนาดเล็กลงจากปริมาตรห้องพักอากาศที่เหมาะสมเล็กน้อย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย อาจารย์อนุรัตน์ เทวตา และอาจารย์เบญญา สุนทรานนท์ สำหรับข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์

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 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-ราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 5 และการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 2. การประชุมรูปแบบออนไลน์, 7-9 กรกฎาคม 2564

[7] สุนทร วงศ์เสน. (2559). *ศึกษาการทำงานของเครื่องตะบันน้ำ*. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันรัชต์ภาคย์. แหล่งที่มา : http://is.rajapark.ac.th/assets

[8] สวทช. (2555). *การผลิตและการใช้งานระบบสูบน้ำเชิงกลสำหรับชุมชน*. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[9] ชิตพล คงศิลา. (2560). *อิทธิพลของห้องอากาศที่มีขนาดแตกต่างกันต่อประสิทธิภาพของเครื่องตะบันน้ำ*. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31. จ.นครนายก, 4-7 กรกฎาคม 2560.