

การดัดแปลงรถตุ๊กตุ๊กเพื่อเพิ่มขีดความสามารถและประสิทธิภาพ สำหรับการระงับอัคคีภัยเบื้องต้นในพื้นที่จำกัด

Modifying tuk-tuks to enhance their capabilities and efficiency for initial fire
suppression in confined spaces.

ณัฏฐพัฒน์ จันทร์ผล

มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ 19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพูล เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

*ติดต่อ: nutthapatj@gmail.com , 098-974-5252

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดัดแปลงและประเมินสมรรถนะของรถตุ๊กตุ๊กดัดแปลงขนาดเล็ก โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน 3 ด้านหลัก ประกอบด้วย 1) การเพิ่มประสิทธิภาพด้านการเข้าถึงพื้นที่ โดยใช้ความคล่องตัวของรถตุ๊กตุ๊กในการเข้าสู่ตรอกซอยที่รถดับเพลิงขนาดใหญ่เข้าไม่ถึง 2) การเพิ่มประสิทธิภาพด้านความเร็วในการระงับเหตุ เพื่อยับยั้งการลุกลามของเพลิงไหม้ในระยะเริ่มต้นอย่างทันท่วงที และ 3) การเพิ่มประสิทธิภาพด้านการจัดวางอุปกรณ์ ในส่วนของการดำเนินการดัดแปลง ได้ออกแบบและติดตั้งระบบดับเพลิงรวมถึงอุปกรณ์กู้ภัยเชิงยุทธวิธี ประกอบด้วย ถังบรรจุน้ำขนาดความจุ 500 ลิตร ติดตั้งร่วมกับ เครื่องสูบน้ำสมรรถนะสูงขนาด 5 แรงม้า ส่งน้ำผ่าน สายฉีดน้ำขนาด 1 นิ้ว จำนวน 1 เส้น และควบคุมการฉีดด้วย ปืนฉีดน้ำแรงดันสูง 1 กระบอก นอกจากนี้ยังเสริมขีดความสามารถด้วย เครื่องดับเพลิงยกหัวชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จำนวน 2 ถัง พร้อมอุปกรณ์สนับสนุนการเข้าถึงพื้นที่

จากการทดสอบประสิทธิภาพ เป็นการมุ่งเน้นที่ความคล่องตัวและความเชื่อมั่นทางสถิติโดยการทดสอบซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ปรากฏว่าสามารถสัญจรผ่านช่องทางที่มีความกว้างตั้งแต่ 1.50 เมตรขึ้นไป รัดมีวงเลี้ยวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.2 เมตร ในขณะที่บรรทุกน้ำหนักยานพาหนะสามารถรักษาความเร็วเฉลี่ยที่ปลอดภัยได้ในช่วง 30-40 กม./ชม. โดยมีมุมเอียงขณะเข้าโค้ง เฉลี่ยอยู่ที่ 12 องศา ประสิทธิภาพด้านเวลาสามารถเข้าถึงจุดเกิดเหตุได้ภายใน 3-5 นาที สมรรถนะด้านการดับเพลิงและระบบส่งน้ำ การทดสอบระบบสูบน้ำขนาด 5 แรงม้า เพื่อประเมินประสิทธิภาพการระงับเหตุ ปรากฏว่า สามารถสร้างแรงดันน้ำที่เฉลี่ยได้ที่ 10 Bar (145 PSI) ทำระยะได้ไกลสุดเฉลี่ย 15.1 เมตร ระบบมีอัตราการไหลที่ 60-125 GPM สามารถฉีดน้ำต่อเนื่องได้นาน 4-6 นาที ยานพาหนะรุ่นนี้มีคุณลักษณะทางเทคนิคที่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการปฏิบัติการระงับเหตุในพื้นที่จำกัด โดยให้ความสมดุลระหว่างความคล่องตัวในการเข้าถึงจุดเกิดเหตุ และประสิทธิภาพในการควบคุมเพลิงในระยะเริ่มต้นได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำหลัก: รถตุ๊กตุ๊ก , รถดับเพลิงขนาดเล็ก , อัคคีภัยในเขตชุมชน

Abstract

This research aims to modify and evaluate the performance of a compact fire-fighting motorized tricycle (Tuk-Tuk), focusing on enhancing operational efficiency in three primary areas: 1) Accessibility, leveraging the vehicle's maneuverability to navigate narrow alleys inaccessible to standard fire engines; 2) Response Speed, ensuring rapid initial fire suppression to prevent escalation; and 3) Equipment Ergonomics

and Integration. Regarding the modification process, the vehicle was engineered with a tactical fire-fighting system, featuring a 500-liter water tank integrated with a 5-horsepower high-performance water pump. The system delivers water through a 1-inch fire hose equipped with a high-pressure water monitor. Furthermore, the vehicle's capabilities are augmented by two portable CO₂ fire extinguishers and specialized entry-support equipment.

The performance testing focused on maneuverability and statistical reliability through five repeated trials. The results showed that it could navigate lanes 1.50 meters or wider with an average turning radius of 3.2 meters. Under full payload conditions, the vehicle sustained a safe average speed within the range of 30–40 km/h, with a mean lean angle of 12° during cornering. Regarding temporal efficiency, the vehicle successfully reached the incident points within a 3–5 minute timeframe. In terms of firefighting performance and hydraulic system capabilities, the evaluation of the 5-horsepower (HP) pump system indicated a consistent average water pressure of 10 Bar (145 PSI), achieving a maximum effective reach of 15.1 meters. The system maintained a flow rate between 60–125 GPM, allowing for continuous discharge for a duration of 4–6 minutes. The technical specifications of this model prove exceptionally suitable for emergency response operations in confined spaces. It provides a significant balance between tactical accessibility and initial fire suppression effectiveness.

Keywords: Tuk-tuk , Mini fire truck , Community fire.

1. บทนำ

ในปัจจุบัน การขยายตัวของความเป็นเมือง ส่งผลให้เกิดชุมชนแออัดและย่านการค้าเก่าแก่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งลักษณะเด่นของพื้นที่เหล่านี้คือมีโครงสร้างทางกายภาพที่ซับซ้อน มีตรอก ซอก ซอย ขนาดแคบ (ความกว้างเฉลี่ย 1.5 - 2.5 เมตร) และมักมีสิ่งกีดขวาง เช่น การจอดรถข้างทางหรือการต่อเติมอาคาร ส่งผลให้รถดับเพลิงมาตรฐานขนาดใหญ่ ที่มีความกว้างกว่า 2.5 เมตร ไม่สามารถเข้าถึงจุดเกิดเหตุได้โดยตรง หรือต้องใช้ระยะเวลาในการลากสายส่งน้ำเป็นระยะไกล ซึ่งทำให้สูญเสียแรงดันน้ำและเสียเวลาอันมีค่าในการระงับเหตุ แม้ในปัจจุบันจะมี "รถมอเตอร์ไซด์ดับเพลิง" หรือ "ถังดับเพลิงยกหัว" ติดตั้งตามชุมชน แต่ก็มีข้อจำกัดด้านปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอต่อการดับไฟที่เริ่มลุกลาม และขาดอุปกรณ์กู้ภัยหนัก เช่น คีมตัดเหล็ก หรือระบบสูบน้ำที่มีแรงดันคงที่เพียงพอที่จะสร้างม่านน้ำป้องกันความร้อนให้กับเจ้าหน้าที่ [1]

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงศักยภาพของ "รถตุ๊กตุ๊ก" ซึ่งเป็นพาหนะที่มีโครงสร้างแข็งแรงกว่ารถจักรยานยนต์ มีวงล้อแคบสามารถกลับตัวในซอยได้ และมีพื้นที่กระบะหลังเพียงพอสำหรับการบรรทุกน้ำหนักน้ำ 500 ลิตร พร้อมอุปกรณ์ดับเพลิงสมรรถนะสูง

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อดัดแปลงและติดตั้ง ระบบดับเพลิงและอุปกรณ์กู้ภัยบนรถตุ๊กตุ๊กให้มีความเหมาะสมกับข้อจำกัดด้านพื้นที่และน้ำหนักบรรทุก
2. เพื่อทดสอบสมรรถนะ ในเรื่องความคล่องตัวในเส้นทางคับแคบ ระยะเวลาในการเริ่มฉีดน้ำระงับเหตุ
3. ทดสอบขีดความสามารถ ของระบบส่งน้ำและอุปกรณ์ดับเพลิงตามมาตรฐานการดับเพลิงขั้นต้น

1.2 ขอบเขต

1. ขอบเขตด้านเทคนิคในการดัดแปลง

- 1.1 ติดตั้งถังบรรจุน้ำขนาด 500 ลิตร วัสดุน้ำหนักเบาแต่แข็งแรง
- 1.2 ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ขนาด 5 แรงม้า

- 1.3 ติดตั้งปืนฉีดน้ำแรงดันสูง และสายส่งน้ำขนาด 1 นิ้ว
- 1.4 จัดเตรียมอุปกรณ์เสริม ถังดับเพลิง CO₂ (2 ถัง) และ คีมตัดลวดทางยุทธวิธี

2. ขอบเขตด้านการทดสอบ

- 2.1 ทดสอบสมรรถนะในเรื่องความคล่องของตัวรถ การ ขับขี่ที่ความเร็วต่ำ-ปานกลาง
- 2.2 ทดสอบการฉีดน้ำดับเพลิง , แรงดันน้ำ

2. แนวคิดทางทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้และการระงับเหตุขั้นต้น

ในการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการ ทางวิทยาศาสตร์การเกิดไฟ เพื่อกำหนดสมรรถนะของ อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถดับเพลิง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 องค์ประกอบของไฟ การเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาทาง เคมีแบบคายความร้อนที่ต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ เชื้อเพลิง , ออกซิเจน , ความ ร้อน และปฏิกิริยาลูกโซ่



รูปที่ 1 ตัวอย่างองค์ประกอบของไฟ

กลไกการดับเพลิงด้วยน้ำ ระบบฉีดน้ำแรงดันสูง จากเครื่องสูบน้ำขนาด 5 แรงม้า มุ่งเน้นการดึงความร้อน ออกจากเชื้อเพลิง โดยน้ำมีค่าความร้อนแฝงของการ กลายเป็นไอน้ำ จึงสามารถลดอุณหภูมิของพื้นผิวเชื้อเพลิง ให้ต่ำกว่าจุดวาบไฟ ได้อย่างรวดเร็วกลไกการดับเพลิง ด้วยก๊าซ CO₂ ในกรณีอัคคีภัยประเภท Class B และ Class C อุปกรณ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ติดตั้งเพิ่มเติม จะทำหน้าที่ในการ "ลดความเข้มข้นของออกซิเจน" ให้ต่ำ กว่า 16% ซึ่งเป็นระดับที่ไฟไม่สามารถดำรงอยู่ได้ [2]

2.1.2 ระยะการพัฒนาของเพลิงไหม้ โดยประยุกต์ใช้ ทฤษฎีพลศาสตร์อัคคีภัย เพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรม การลุกลามของไฟ โดยแบ่งระยะการพัฒนามาออกเป็น 4 ระยะหลัก ดังนี้

1. ระยะเริ่มต้น เป็นระยะที่การเผาไหม้เริ่มเกิดขึ้นใน วงจำกัด อุณหภูมิในท้องยังไม่สูงมากนัก และปริมาณ ออกซิเจนยังมีเพียงพอต่อการเผาไหม้นี้สำคัญต่อ งานวิจัย ระยะนี้เป็นช่วงเวลา "รถดับเพลิงดับเพลิง" สามารถใช้ระบบฉีดน้ำแรงดันสูงและถังดับเพลิง CO₂ เข้า จัดการได้อย่างเบ็ดเสร็จที่สุด

2. ระยะลุกลาม เมื่อไฟเริ่มลุกลามไปยังเชื้อเพลิงข้างเคียง อัตราการปลดปล่อยความร้อน จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ตามสูตรการเติบโตของไฟ [3]

$$Q = at^2 \quad (1)$$

โดยที่

Q คือ อัตราการปลดปล่อยความร้อน (kW)

a คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วในการลุกลามของเชื้อเพลิง

t คือ เวลาที่ผ่านไปนับจากเริ่มไหม้

3. ระยะการลุกไหม้อย่างรุนแรง เป็นระยะที่เกิด ปรากฏการณ์ Flashover หรือสภาวะที่ก๊าซร้อนสะสม จนถึงจุดติดไฟเอง ทำให้วัสดุทุกชนิดในพื้นที่ลุกไหม้พร้อม กัน อุณหภูมิจะพุ่งสูงเกิน 500-600 °C ในระยะนี้ ปริมาณ น้ำ 500 ลิตรบนรถดับเพลิงอาจไม่เพียงพอต่อการดับไฟ ทั้งหมด แต่จะเปลี่ยนบทบาทเป็นการ "สกัดกั้นการ ลุกลาม เพื่อลดระดับเพลิงขนาดใหญ่มาสนับสนุน [4]

4. ระยะมอดดับ เป็นระยะที่เชื้อเพลิงเริ่มหมดลงหรือ ปริมาณออกซิเจนลดต่ำจนไฟเริ่มอ่อนกำลังลง แต่ยังคงมี ความร้อนสะสมและก๊าซพิษตกค้าง เมื่อเชื้อเพลิงส่วน ใหญ่ถูกเผาไหม้ไปจนเกือบหมด ทำให้อัตราการ ปลดปล่อยความร้อน เริ่มลดลงตามกราฟการเจริญเติบโต ของไฟ ที่เป็นเพลิงไหม้ในที่อับอากาศ ปริมาณออกซิเจน จะลดต่ำกว่า 14-16% ซึ่งไม่เพียงพอที่จะพวยการลุก ไหม้แบบเปลวไฟ ได้ ทำให้ไฟเปลี่ยนสถานะเป็นการคุ [5]

ตารางที่ 1 สรุปความสำคัญของระยะการพัฒนาเพลิงไหม้ที่มีผลต่อการออกแบบรถดับเพลิง

ระยะของไฟ	สถานะความร้อน	บทบาทของรถดับเพลิง	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
Incipient	ต่ำ (ยังไม่ลาม)	เข้าถึงและระงับเหตุทันทีด้วยน้ำแรงดันสูง	ดับไฟได้สนิท 100%
Early Growth	ปานกลาง (เริ่มลาม)	ใช้หัวฉีดฆ่าไฟ น้ำลดอุณหภูมิ และสกัดทางไฟ	จำกัดพื้นที่ความเสียหาย
Flashover	สูงมาก (วิกฤต)	ป้องกันอาคารข้างเคียงและเปิดทางให้รถใหญ่	ลดการสูญเสียในวงกว้าง

2.2 อุปกรณ์ดัดแปลงที่ใช้ในการดับเพลิง

1. เครื่องสูบน้ำดับเพลิง (Fire Pump) คือ อุปกรณ์หลักในระบบป้องกันอัคคีภัย ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันและปริมาณน้ำให้เพียงพอสำหรับส่งไปยังอุปกรณ์ดับเพลิงต่างๆ ถูกออกแบบและติดตั้งให้มีความน่าเชื่อถือสูงมาก และต้องสามารถทำงานได้ทันทีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน มาตรฐานสากลที่นิยมใช้เป็นหลักอ้างอิงทั่วโลก คือ NFPA 20 (Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection) บทความนี้จะอธิบายถึง "ทฤษฎีและหลักการติดตั้งเครื่องสูบน้ำดับเพลิง" ตามมาตรฐานสากล



รูปที่ 2 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

เครื่องสูบน้ำดับเพลิงติดตั้งอยู่ตอนท้ายของชุดตู้รถดับเพลิง เป็นเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ออกแบบสำหรับใช้ดับเพลิงโดยเฉพาะได้ตามมาตรฐานเป็นที่ยอมรับ เช่น UL , EN , DIN ,FM, NFPA หรือมอก. จากผู้ผลิตที่ได้รับการรับรองมาตรฐานระบบคุณภาพ ISO 9001 ตัวเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทำด้วยอะลูมิเนียมอัลลอย หรือโลหะผสมเงินแข็ง (Bronze) ทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำเค็มได้ แกนเพลลาทำด้วยสแตนเลส (Stainless Steel) สามารถฉีดน้ำได้ไม่น้อยกว่า 3,000 ลิตร/นาที่ เครื่องสูบน้ำดับเพลิงแรงดันสูงสามารถสูบน้ำลึกไม่น้อยกว่า 3 เมตร และการมีทางสูบน้ำจากภายนอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 4 นิ้ว บั้มสูบน้ำได้รับกำลังขับเคลื่อนจากเพลากลางของตัวเครื่องยนต์โดยผ่านระบบเกียร์ถ่ายทอดกำลัง (POWER TAKE OFF) เกียร์ถ่ายทอดกำลัง ผลิตจากโรงงานที่ได้รับการรับรองระบบมาตรฐาน ISO9001 และ ISO14001

การติดตั้งอยู่ตอนท้ายของชุดตู้รถดับเพลิง เป็นเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ออกแบบสำหรับใช้ดับเพลิง ตัวเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทำด้วยอะลูมิเนียมอัลลอย หรือโลหะผสมเงินแข็ง ทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำเค็มได้ แกนเพลลาทำด้วยสแตนเลส สามารถฉีดน้ำได้ไม่น้อยกว่า 3,000 ลิตร/นาที่ เครื่องสูบน้ำดับเพลิงแรงดันสูงสามารถสูบน้ำลึกไม่น้อยกว่า 3 เมตร มีทางสูบน้ำจากภายนอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 4 นิ้ว บั้มสูบน้ำได้รับกำลังขับเคลื่อนจากเพลากลางของตัวเครื่องยนต์โดยผ่านระบบเกียร์ถ่ายทอดกำลัง [6]

2. หัวฉีดน้ำ

สามารถปรับการฉีดเป็นลำเป็นฝอยได้ หัวฉีดทำจาก อลูมิเนียมอัลลอยด์ สามารถปรับอัตราการฉีดไม่น้อยกว่า 3 ระดับ หัวฉีดน้ำดับเพลิง เป็นหัวฉีดชนิดปรับเป็นลำเป็นฝอย จำนวน 1 อัน เป็นหัวฉีดน้ำดับเพลิงที่ได้มาตรฐาน ส่วนปลายหัวฉีดทำจากยางเพื่อป้องกันการกระแทก มีด้ามจับแบบด้ามปืน และมีคั่นโยกแบบสไลด์วาล์วเพื่อลดแรงกระแทกของน้ำเวลาเปิดปิดน้ำ ตรงคั่นโยก และด้ามจับและสัญลักษณ์บอกตำแหน่ง มีสีสามารถ

มองเห็นได้ในเวลากลางคืน เช่น สีแดง สีเขียว สีเหลือง หัวฉีดสามารถปรับปรับลำและปรับพอยได้

2.3 ถังดับเพลิงชนิด CO₂

1. หลักการดับเพลิง

1.1 การกำจัดออกซิเจน ก๊าซ CO₂ จะเข้าไปแทนที่ออกซิเจนรอบๆ กองไฟ ทำให้ไฟขาดอากาศและดับลง

1.2 การลดความร้อน ก๊าซที่ฉีดออกมามีความเย็นจัด (ประมาณ -70 องศาเซลเซียส) ช่วยดึงความร้อนออกจากเชื้อเพลิง

2. ประเภทของไฟที่ดับได้ (Fire Classes) ถัง CO₂ เหมาะที่สุดสำหรับไฟ 2 ประเภท

Class B ไฟที่เกิดจากของเหลวติดไฟ เช่น น้ำมัน, ก๊าซหุงต้ม, ทินเนอร์

Class C ไฟที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกระแสไฟไหลอยู่

1. คุณสมบัติเด่น

1.1 ไม่ทิ้งคราบสกปรก หลังฉีดก๊าซจะระเหยไปเอง 100% ไม่ต้องทำความสะอาด เหมาะกับห้องเซิร์ฟเวอร์, แผงวงจรไฟฟ้า, หรือห้องทดลอง

1.2 ไม่เป็นสื่อไฟฟ้า ปลอดภัยมากเมื่อใช้ดับไฟที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.3 ตัวถังทนทาน มักทำจากอลูมิเนียมหรือเหล็กไร้ตะเข็บหนาพิเศษ เพื่อรองรับแรงดันก๊าซที่สูงมาก

2.4 ชุดสายดับเพลิง

สายแบบคกรูปต่างจากสายดับเพลิงผ้าใบขนาด 1.5 หรือ 2.5 นิ้วที่ต้องคล้องจนสุดถึงจะฉีดน้ำได้ สาย 1 นิ้วจะคงรูปทรงกลมตลอดเวลาแม้ไม่มีแรงดันน้ำ ทำให้สามารถฉีดน้ำได้ทันทีแม้ยังดึงสายออกมาไม่หมดจากล้อเก็บ วัสดุภายนอกมักทำจากยางสังเคราะห์ ที่มีความทนทานต่อการเสียดสี แสงแดด (UV) และสารเคมี ชั้นเสริมแรงภายในมีการเสริมความแข็งแรงด้วยด้ายถักชั้นสูงเพื่อให้ทนแรงดันได้ดี แรงดันใช้งานโดยทั่วไปจะอยู่ที่ประมาณ 12 - 20 bar (175 - 300 PSI) ซึ่งเพียงพอสำหรับแรงดันน้ำ มีแรงดันระเบิดมักจะสูงกว่าแรงดันใช้

งาน 3-4 เท่า (ประมาณ 40-60 bar) เพื่อความปลอดภัย ความยาวมาตรฐานนิยมใช้ความยาว 30 เมตร (100 ฟุต) เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ตามกฎหมายกำหนด

3. ขั้นตอนการดัดแปลงและการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินงานวิจัยการดำเนินงานวิจัยเรื่อง "การดัดแปลงและประเมินสมรรถนะของรถตู้ดับเพลิงขนาดเล็ก" ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการสร้างและการทดสอบออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การออกแบบเชิงวิศวกรรมและการจัดวางระบบ

1.1 การวิเคราะห์มิติตัวรถ ศึกษาโครงสร้างพื้นฐานของรถตู้ดับเพลิงมาตรฐาน เพื่อกำหนดจุดยึดและพื้นที่วางถังบรรจุน้ำขนาด 500 ลิตร

1.2 การคำนวณการกระจายน้ำหนัก คำนวณตำแหน่งติดตั้งถังน้ำและเครื่องสูบน้ำขนาด 5 แรงม้า เพื่อรักษาจุดศูนย์ถ่วง ให้ต่ำที่สุด ป้องกันการพลิกคว่ำขณะเข้าโค้งในตรอกแคบ

1.3 การวางผังอุปกรณ์กู้ภัยเชิงยุทธวิธี ออกแบบจุดยึดถัง CO₂ จำนวน 2 ถัง และคีมตัดลวด 1 คู่ ให้สามารถหยิบใช้งานได้ทันที โดยไม่ขัดขวางการขับเคลื่อน

2 การดำเนินการดัดแปลงและติดตั้ง

2.1 การติดตั้งระบบบรรจุน้ำ ติดตั้งถังน้ำความจุ 500 ลิตร วัสดุโพลีเมอร์น้ำหนักเบา พร้อมระบบกันกระดกเพื่อลดแรงกระแทกของน้ำขณะรถเลี้ยวหรือเบรก

2.2 การติดตั้งระบบส่งน้ำ

2.2.1 ติดตั้งเครื่องสูบน้ำสมรรถนะสูงขนาด 5 แรงม้า บริเวณส่วนท้ายรถ

2.2.2 เดินระบบท่อส่งน้ำเชื่อมต่อ สายฉีดน้ำขนาด 1 นิ้ว

2.2.3 ติดตั้งปืนฉีดน้ำแรงดันสูง 1 กระบอก

2.3 การเสริมโครงสร้างกู้ภัย ติดตั้งชั้นวางและตัวล็อกอุปกรณ์กู้ภัยตามผังที่ออกแบบไว้

3. การประเมินสมรรถนะ การทดสอบประสิทธิภาพ 3 ด้านหลัก ตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. การทดสอบด้านการเข้าถึงพื้นที่ นำรถเข้าทดสอบในเส้นทางจำลองที่มีความแคบ (ความกว้างน้อยกว่า 2 เมตร) เพื่อประเมินความคล่องตัวและรัศมีวงเลี้ยว

2. การทดสอบสมรรถนะการดับเพลิง

2.1 วัดระยะฉีดน้ำและแรงดัน น้ำที่ส่งผ่านปืนฉีดน้ำแรงดัน

2.2 ทดสอบความเร็วในการเริ่มปฏิบัติงาน ตั้งแต่หยุดรถจนถึงการฉีดน้ำดับแรก

2.3 การทดสอบเสถียรภาพ ทดสอบการขับขึ้นขณะบรรทุกน้ำเต็มพิกัด (500 ลิตร) เพื่อประเมินผลกระทบต่อระบบเบรกและการทรงตัว

2.4 การวิเคราะห์และสรุปผลข้อมูล รวบรวมข้อมูลจากการทดสอบมาวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการดับเพลิงขั้นต้น และสรุปประสิทธิภาพในการป้องกันและระงับอัคคีภัยในเขตชุมชนหนาแน่น



Before



After

รูปที่ 4 ภาพก่อนและหลัง การดัดแปลงรถดับเพลิงเป็นรถดับเพลิงขนาดเล็ก

4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การทดสอบด้านการเข้าถึงพื้นที่และเสถียรภาพ มุ่งเน้นทดสอบความคล่องตัวในเส้นทางแคบตามที่กำหนดในวัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย โดยทำการทดสอบซ้ำจำนวน 5 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยและและความน่าเชื่อถือ ผลจากการทดสอบจะนำไปวิเคราะห์หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละความสำเร็จ เพื่อประเมินประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมุ่งทดสอบการทรงตัวและความมั่นคงของโครงสร้าง (Stability) ในสภาวะพื้นที่ลาดชันหรือพื้นผิวที่แตกต่างกัน เพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถ

เข้าถึงจุดเกิดเหตุหรือพื้นที่การเกษตรได้อย่างปลอดภัย และทันเวลาที่ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ตารางที่ 2 ตารางการทดสอบด้านการเข้าถึงพื้นที่และเสถียรภาพ (จำนวน 5 ครั้ง)

หัวข้อการทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	เป้าหมาย
ความกว้างช่องทางที่ผ่านได้	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
รัศมีวงเลี้ยว (m)	3.2	3.1	3.2	3.3	3.2	3.2	3.2
ความเร็วเฉลี่ยขณะบรรทุกน้ำเต็มถังขณะเข้าโค้ง (Degree)	35	38	32	40	35	36	30-40

จากตารางที่ 2 ตารางการทดสอบด้านการเข้าถึงพื้นที่และเสถียรภาพ (จำนวน 5 ครั้ง) ส่วนนี้ยืนยันว่ายานพาหนะถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดของพื้นที่เขตเมืองหรือตรอกซอยโดยเฉพาะ ความกว้างช่องทางที่ผ่านได้ตัวรถสามารถผ่านช่องทางที่มีความกว้างเพียง 1.50 เมตร ได้ตามเป้าหมาย ซึ่งผลการวิเคราะห์ระบุว่าผ่านเกณฑ์ เนื่องจากตรอกซอยทั่วไปมีค่าเฉลี่ยความกว้างอยู่ที่ 1.5 - 2.5 เมตร รัศมีวงเลี้ยวกำหนดเป้าหมายไว้ที่ 3.2 เมตร ซึ่งผลการทดสอบพบว่าสามารถกลับตัวในซอยแคบได้ดีและมีความคล่องตัวสูงเสถียรภาพและความปลอดภัยในการขับขึ้นเมื่อต้องบรรทุกน้ำซึ่งเป็นของเหลว เสถียรภาพขณะเคลื่อนที่จึงเป็นเรื่องสำคัญมาก ซึ่งมีผลการทดสอบความเร็วเฉลี่ยขณะบรรทุกน้ำ ทำการทดสอบที่ความเร็ว 30-40 กม./ชม. ซึ่งเป็นความเร็วที่วิเคราะห์แล้วว่าเหมาะสมและปลอดภัยสำหรับการขับขึ้นในที่แคบ มุมเอียงขณะเข้าโค้ง ผลการทดสอบอยู่ที่ 12 องศา ระบบเสริมความปลอดภัย

4.2 การทดสอบสมรรถนะการดับเพลิง

การทดสอบขีดความสามารถของระบบสูบน้ำขนาด 5 แรงม้า (5 HP) และอุปกรณ์มาตรฐาน เป็นขั้นตอนสำคัญในการตรวจสอบว่าระบบทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ปลอดภัย และพร้อมใช้งานจริง โดยทั่วไปจะมีขั้นตอนและหัวข้อที่ต้องทำการทดสอบ

ตารางที่ 3 ตารางการทดสอบสมรรถนะการดับเพลิงของระบบสูบน้ำ (จำนวน 5 ครั้ง)

หัวข้อการทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย X	เป้าหมาย
แรงดันน้ำคงที่ (Bar)	10.2	10	9.8	10.1	10	10	10
ระยะฉีดน้ำไกลสุด (m)	15.5	15	14.8	15.2	15	15.1	15
เวลาเตรียมการ (Sec)	42	45	48	44	46	45	45

จากตารางที่ 3 ตารางการทดสอบสมรรถนะการดับเพลิงของระบบสูบน้ำ (จำนวน 5 ครั้ง) แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการสร้างแรงดันน้ำที่เสถียร ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการควบคุมทิศทางน้ำแรงดันน้ำสามารถทำแรงดันได้ที่ 10 Bar (145 PSI) เพียงพอสำหรับใช้งานร่วมกับหัวฉีดปรับลำพวยมาตรฐาน ระยะฉีดไกลสุดทำระยะได้ถึง 15 เมตร ซึ่งถือว่าครอบคลุมระยะปลอดภัยในการระงับเหตุระยะเริ่มต้น ทำให้เจ้าหน้าที่ไม่ต้องเข้าใกล้เปลวไฟมากเกินไป ความต่อเนื่องและปริมาณน้ำปัจจัยสำคัญของการดับไฟคือปริมาณน้ำที่สม่ำเสมอในช่วงเวลาวิกฤตระยะเวลาดัดน้ำต่อเนื่อง ระบบสามารถฉีดน้ำได้นาน 4-6 นาที อัตราการไหลอยู่ที่ 60-125 GPM (แกลลอนต่อนาที) ระยะเวลาดังกล่าวถือว่าเพียงพอต่อ "นาทีทอง 5 นาทีแรก" ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สำคัญที่สุดในการยับยั้งไม่ให้ไฟลุกลามจนเกินควบคุม

4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและความร้อน สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา และความร้อน จะช่วยให้เห็นว่า "รถดับเพลิงดับเพลิง" มีความสำคัญอย่างไรในแง่ของการยับยั้งเพลิงไหม้ก่อนที่จะสายเกินไป

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและความร้อน

ตัวแปรวิเคราะห์	รถดับเพลิงขนาดใหญ่	รถดับเพลิงขนาดเล็ก
เวลาถึงที่เกิดเหตุ (t)	8-12 นาที	3-5 นาที
อัตราการคายความร้อน (Q)	สูง (Flashover)	ต่ำ (Growth Stage)
ประสิทธิภาพการลดความร้อน	ต่ำ (ไฟลามมากแล้ว)	สูง (น้ำ 500 ลิตรเพียงพอ)

จากตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและความร้อน การเข้าถึงที่เกิดเหตุได้รวดเร็วภายใน 5 นาทีแรก ช่วยลดอัตราการปลดปล่อยความร้อน(Q) ไม่ให้เพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณตามตัวแปรเวลา(t) ทำให้ปริมาณน้ำ 500 ลิตรมีประสิทธิภาพสูงสุดในการหยุดยั้งวงจรการเกิดไฟ

4.4 สรุปผลการทดสอบสมรรถนะของยานพาหนะดับเพลิงขนาดเล็ก (รถดับเพลิงดับเพลิง)

- สมรรถนะด้านการเข้าถึงพื้นที่และเสถียรภาพในการขับเคลื่อน ทดสอบมุ่งเน้นที่ความคล่องตัว (Agility) และความเชื่อมั่นทางสถิติโดยการทดสอบซ้ำจำนวน 5 ครั้ง มีผลสรุปดังนี้ ชีตความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่แคบ ยานพาหนะสามารถสัญจรผ่านช่องทางที่มีความกว้างเพียง 1.50 เมตร ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งครอบคลุมความกว้างเฉลี่ยของตรอกซอยทั่วไปที่ 1.5 - 2.5 เมตร รัศมีวงเลี้ยว (Turning Radius) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.2 เมตร ช่วยให้มีความคล่องตัวสูงในการกลับตัวในพื้นที่จำกัด เสถียรภาพขณะบรรทุกของเหลว ในขณะที่บรรทุกน้ำ ยานพาหนะสามารถรักษาความเร็วเฉลี่ยที่ปลอดภัยได้ในช่วง 30-40 กม/ชม. โดยมีมุมเอียงขณะเข้าโค้ง (Lean Angle) เฉลี่ยที่ 12 องศา ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อความปลอดภัยเชิงวิศวกรรม
- สมรรถนะด้านการดับเพลิงและระบบส่งน้ำ ทดสอบระบบสูบน้ำขนาด 5 แรงม้า เพื่อประเมินประสิทธิภาพการระงับเหตุ พบผลลัพธ์ดังนี้ ประสิทธิภาพแรงดัน: สามารถสร้างแรงดันน้ำคงที่เฉลี่ยได้ที่ 10 Bar (145 PSI) ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานร่วมกับหัวฉีดมาตรฐาน ระยะการฉีด (Stream Reach): ทำระยะได้ไกลสุดเฉลี่ย 15.1 เมตร ช่วยสร้างระยะปลอดภัย (Safety Zone) ให้แก่เจ้าหน้าที่ การบริหารจัดการปริมาณน้ำระบบมีอัตราการไหลที่ 60-125 GPM สามารถฉีดน้ำต่อเนื่องได้นาน 4-6 นาที ซึ่งสอดคล้องกับกลยุทธ์ "นาทีทอง 5 นาทีแรก" ในการยับยั้งการลุกลามของเพลิง
- การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเวลาและความร้อน (Time-Heat Relationship) จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับรถดับเพลิงขนาดใหญ่ พบข้อสรุปสำคัญทางยุทธวิธีดังนี้: ประสิทธิภาพด้านเวลา (t) รถดับเพลิงขนาดเล็กสามารถเข้าถึงจุดเกิดเหตุได้ภายใน 3-5 นาที ในขณะที่รถขนาดใหญ่ใช้เวลา 8-12 นาที การควบคุมอัตราการคายความร้อน (Q) การเข้าถึง

เหตุการณ์ได้รวดเร็วช่วยควบคุมเพลิงให้อยู่ในระยะเวลาเจริญเติบโต (Growth Stage) ซึ่งมีอัตราการคายความร้อนต่ำ ความคุ้มค่าของทรัพยากร ในช่วง 5 นาทีแรก ปริมาณน้ำ 500 ลิตร มีประสิทธิภาพสูงในการหยุดยั้งวงจรการเกิดไฟ ก่อนที่เพลิงจะพัฒนาไปสู่สภาวะ Flashover ซึ่งยากต่อการควบคุม

5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการดัดแปลงรถดับเพลิงเพื่อเพิ่มขีดความสามารถและประสิทธิภาพสำหรับการระงับอัคคีภัยเบื้องต้นในพื้นที่จำกัด สามารถสรุปสาระสำคัญตามวัตถุประสงค์และผลการทดสอบได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

1.1 ด้านการเข้าถึงพื้นที่รถดับเพลิงมีขีดความสามารถสูงในการเข้าสู่ตรอกซอยที่มีความกว้างอยู่ที่ 1.50 เมตร ขึ้นไป และมีรัศมีวงเลี้ยวแคบ ทำให้เข้าประชิดต้นเพลิงในชุมชนหนาแน่นได้รวดเร็วกว่ารถดับเพลิงมาตรฐาน

1.2 ด้านสมรรถนะการดับเพลิง ระบบเครื่องสูบน้ำขนาด 5 แรงม้า สามารถสร้างแรงดันน้ำได้สูงสุด 10 bar และฉีดน้ำได้ไกลถึง 15 เมตร ซึ่งเพียงพอต่อการระงับเหตุอัคคีภัยขั้นต้น และปริมาณน้ำ 500 ลิตร สามารถสนับสนุนการฉีดน้ำต่อเนื่องได้นานถึง 4-6 นาที

1.3 ด้านการจัดวางอุปกรณ์ การจัดวางถังน้ำและอุปกรณ์กู้ภัยไม่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพการขับเคลื่อน และสามารถเริ่มปฏิบัติงานฉีดน้ำได้แรกได้ภายในเวลาเพียง 3-5 นาที

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาการติดตั้ง ระบบผสมโฟม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดับเพลิงประเภทน้ำมัน (Class B) และลูกบอลดับเพลิง อย่างน้อย 2 ลูก

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร. (2566). แผนปฏิบัติราชการรายปี พ.ศ. 2567 สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. กรุงเทพฯ: กรุงเทพมหานคร.
- [2] สมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งประเทศไทย. (2562). คู่มือพื้นฐานการป้องกันและระงับอัคคีภัย. กรุงเทพฯ:

สมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งประเทศไทย (NFPA Thailand Chapter).

- [3] National Fire Protection Association. (2021). *NFPA 92: Standard for Smoke Control Systems*. Quincy, MA: NFPA.
- [4] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2565). *มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยและพลศาสตร์ของไฟในอาคารหนาแน่น*. กรุงเทพฯ: วสท.
- [5] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.). (2559). *มาตรฐานระบบป้องกันอัคคีภัย (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3)*. กรุงเทพฯ: วสท.
- [6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). (2550). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม รถยนต์ดับเพลิง (มอก. 2351-2550)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

7. ประวัติผู้เขียนบทความ



ชื่อ : นายณัฐพัฒน์ จันทรผล
ตำแหน่ง : อาจารย์ประจำสาขา วิศวกรรมความปลอดภัย
สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

การศึกษา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรม การจัดการความปลอดภัย พ.ศ. 2552

- วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมการจัดการงานวิศวกรรม พ.ศ. 2557

งานวิจัยที่สนใจ : ด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย และงานวิจัยความปลอดภัยในชุมชนที่พหุศาสตร์