



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9

The 9th STOU National Research Conference

การพัฒนาต้นแบบชุดควบคุมฝุ่นในขั้นเตรียมการของระบบผลิตน้ำประปา

The Development of a Dust Control Unit Prototype in the Pre – treatment Process
of Water Supply Systemวุฒภูมิ อินทรจุฑกุล (Wudthapoom Intharajukul)¹ ประมุข โอศิริ (Pramuk Osiri)²อัมรินทร์ คงทวีเลิศ (Amarin Kongthaweeleert)³ วรกมล บุญยโยธิน (Vorakamol Boonyayothin)⁴

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) การพัฒนาต้นแบบชุดควบคุมฝุ่นในขั้นเตรียมการของระบบผลิตน้ำประปา (2) ศึกษาประสิทธิภาพของระบบควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีในแผนกผสมสารเคมีของระบบผลิตน้ำประปา การศึกษาครั้งนี้เริ่มจากการตรวจสอบขั้นตอนการเตรียมสารเคมีในสถานีผลิตน้ำประปาพบว่าเกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีขึ้นอย่างมาก จึงตัดสินใจออกแบบและสร้างระบบควบคุมฝุ่นสารเคมีที่ฟุ้งกระจายของแผนกผสมสารเคมีในระบบผลิตน้ำประปา ระบบควบคุมฝุ่นสารเคมีมีองค์ประกอบที่สำคัญคือถังพลาสติกทรงกระบอกทำมาจากพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวเท่ากับ 58.8 และ 93 เซนติเมตร ต่อท่อส่งน้ำเข้าสู่หัวฉีดสเปรย์น้ำไว้ด้านบนถึง จำนวนทั้งสิ้น 4 ชั้น แต่ละชั้นมีจำนวนหัวฉีดสเปรย์น้ำจำนวน 5 ตัว สามารถปรับอัตราการไหลของน้ำได้ 4 ระดับ ได้แก่ 25, 102, 156 และ 194 ลิตร/นาที่ ระบบที่สร้างขึ้นถูกทดสอบประสิทธิภาพโดยทดลองเทสารเคมีลงในบ่อผสมสารเคมี โดยติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมีซึ่งเป็นขั้นตอนการทำงานที่มีการปฏิบัติงานเป็นประจำวัน โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นสารเคมีในขณะที่มีการเทสารเคมี ทำการทดสอบเก็บตัวอย่างโดยศึกษาอัตราการไหลของน้ำที่แตกต่างกันจำนวน 4 ระดับ เพื่อดูค่าเฉลี่ยน้ำหนักของฝุ่นสารเคมี ผลการวิจัยระบบควบคุมฝุ่นถูกออกแบบและสร้างขึ้นจากวัสดุที่มีความทนทานและมีอยู่ในท้องถิ่นด้วยราคาที่ต่ำ มีความเหมาะสมกับการผสมสารเคมีในระบบน้ำประปา ประสิทธิภาพของระบบควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีแต่ละระดับอัตราการไหลของน้ำทั้ง 4 ระดับตามลำดับ ดังนี้ 22.21 %, 71.59 %, 75.93 %, 96.68 % ดังนั้นระบบที่ออกแบบและสร้างในการศึกษานี้จึงมีความเหมาะสมและสามารถควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเตรียมสารเคมีในระบบผลิตน้ำประปาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ ต้นแบบชุดควบคุมฝุ่น ระบบผลิตน้ำประปา ระบบควบคุมฝุ่นแบบเปียก

¹ นักศึกษาหลักสูตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล wudthapoom.in@gmail.com

² รองศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล phposa@gmail.com

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล amarin.kon@mahidol.com

⁴ อาจารย์ ประจำสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล vorakamon.boon@mahidol.ac.th



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9

The 9th STOU National Research Conference

Abstract

The objective of this experimental research were: (1) to development of a dust control unit prototype in the pre – treatment process of water supply system. (2) to study the efficiency of the dust control system in chemical mixing department. This study started with observed chemical mixing process; those results were considered for the design and construction of the dust control system to control chemical dispersion in chemical mixing process. The dust control system, which is the most important part, was composed of cylindrical plastic and water spray system. The cylindrical plastic was designed from high density polyethylene with a 93 cm length and a 58.8 cm diameter connected pipeline inject water inlet spray nozzle installed inside cylinder for 4 layers and installed spray nozzle each layer, each 5 pieces. The adjustment showed 4 levels namely 25, 102, 156, and 194 liter/min respectively. The system was tested for efficiency while pouring powdered chemical into tank was performed with dust control system which a worker would normally be performing the task. The samples were collected by studying 4 different water flow rates to determine the mean weight of chemical dust. The dust control system was designed and constructed from tolerate and local available materials, with low prices and suitable for chemical preparation in the water supply system. The measured were 22.21%, 71.59%, 75.93%, and 96.68% respectively. Therefore, the system suitable, could control chemical dust efficiently and could be an effective tool for chemical mixing department of water supply system.

Keywords: Dust control unit prototype, Water supply system, Wet spray system



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9

The 9th STOU National Research Conference

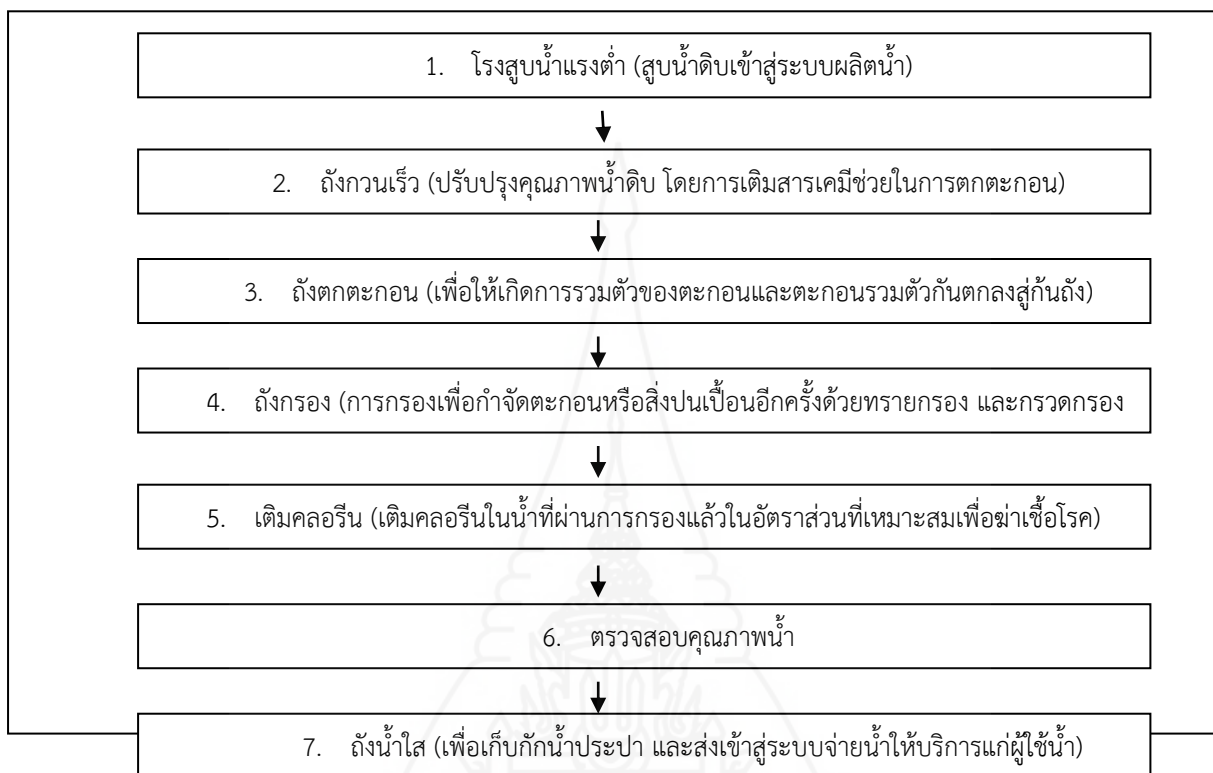
บทนำ

การผลิตน้ำประปาคือการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบเพื่อให้ได้คุณภาพน้ำประปาตามมาตรฐานของแต่ละหน่วยงานที่กำหนด ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา (ภาพที่ 1) มีการใช้สารเคมีในการช่วยให้เกิดการตกตะกอน และสารเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค โดยเฉพาะสารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการตกตะกอนที่นิยมใช้ได้แก่ สาร Poly aluminium Chloride (PACl) ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด (Powdered) (ภาพที่ 2) ก่อนการเติมสารเคมีต้องมีการผสมสารเคมีแบบผงโดยเทลงบ่อผสมสารเคมีละลายกับน้ำ ในขั้นตอนการเทสารเคมีลงบ่อผสมสารเคมีก่อให้เกิดปัญหาการฟุ้งกระจายของสารเคมี สัมผัสกับพนักงานได้โดยตรง ฟุ้งกระจายสู่บรรยากาศในที่ทำงาน สิ่งแวดล้อมและชุมชนใกล้เคียง หากพนักงานได้รับสัมผัสสารเคมีก็จะเกิดการระคายเคืองต่อร่างกาย ผิวหนัง ดวงตา และระบบทางเดินหายใจ หากได้รับการสัมผัสในระยะยาวก็อาจส่งผลกระทบต่อความเป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจได้ ข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาหนึ่งคือการควบคุมไม่ให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีในระบบปิดและอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล หน่วยงานได้ดำเนินการควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมีด้วยวิธีการต่างๆ แล้ว ได้แก่ การเทสารเคมีลงบนผืนน้ำ การเทสารเคมีโดยจุ่มให้ปากถุงสารเคมีอยู่ในน้ำ ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ การติดตั้งระบบสเปรย์น้ำบริเวณขอบบ่อผสมสารเคมี ติดตั้งฝาปิดบ่อผสมสารเคมี (ภาพที่ 3) แต่ทุกวิธีดังกล่าวไม่สามารถแก้ปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการสรุปผลแบบสอบถามการฟุ้งกระจายของการใช้สารเคมีในขั้นตอนการผลิตน้ำพบว่าสาร Polyaluminium chloride (PACl) ชนิดผงมียังมีการฟุ้งกระจายมากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยเล็งเห็นปัญหาและพยายามที่จะหาแนวทางในการลดปัญหาดังกล่าวให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ยังคงใช้รูปแบบของสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผงและไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของระบบการผสมสารเคมีเดิม โดยการออกแบบและสร้างระบบควบคุมการฟุ้งกระจายจากฝุ่นสารเคมีแผนกผสมสารเคมีในระบบผลิตน้ำประปาด้วยระบบควบคุมฝุ่นแบบเปียก (Wet scrubber) หลักการควบคุมฝุ่นด้วยระบบเปียกโดยการฉีดพ่นสเปรย์น้ำทำให้เป็นม่านน้ำเพื่อให้จับกับอนุภาคฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศใช้ควบคุมฝุ่นละอองไม่ให้กระจายตัวสู่บรรยากาศในการทำงาน ระบบสร้างขึ้นโดยการติดตั้งหัวฉีดสเปรย์น้ำไว้ด้านในถังจำนวน 4 ชั้น เมื่ออนุภาคฝุ่นเคลื่อนที่เข้าใกล้ละอองหรือหยดน้ำจะสัมผัสกับหยดน้ำในชั้นบนสุดและไหลลงจนถึงชั้นล่างสุดระหว่างนั้นเกิดกลไกในการดักจับอนุภาคที่สำคัญ 3 กลไก คือ การกระทบเนื่องจากความเฉื่อย การสกัดกั้นโดยตรง และการแพร่ (กลไกที่สำคัญที่สุดคือกลไกกระทบเนื่องจากความเฉื่อย) ทำให้อนุภาคถูกดักจับโดยน้ำ หลังจากนั้นอนุภาคฝุ่นสารเคมีถูกน้ำละลายกลายเป็นสารละลายแล้วไหลลงสู่บ่อผสมสารเคมี การออกแบบระบบควบคุมฝุ่นโดยเลือกถังพลาสติกทรงกระบอก ระบบท่อส่งน้ำ หัวฉีดสเปรย์ จากวัสดุที่หาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่น ราคาต่ำ มีความยืดหยุ่น ทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี บำรุงรักษาได้ง่าย



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9

The 9th STOU National Research Conference



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปาแบบ Conventional surface Water Treatment



ภาพที่ 2 ลักษณะของสาร Polyaluminium chloride (PACl) ชนิดผง



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9

The 9th STOU National Research Conference



การทดสอบเคมีลงบนผิวน้ำ



การทดสอบเคมีโดยจุ่มให้ปากถุงสารเคมีอยู่ในน้ำ



ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ



การติดตั้งระบบสเปรย์น้ำบริเวณขอบบ่อผสมสารเคมี



ติดตั้งฝาปิดบ่อผสมสารเคมี

ภาพที่ 3 มาตรการควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมี

วัตถุประสงค์

1. สร้างระบบควบคุมฝุ่นสำหรับควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีในแผนกผสมสารเคมีของระบบผลิตน้ำประปา
2. ศึกษาประสิทธิภาพของระบบควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีในแผนกผสมสารเคมีของระบบผลิตน้ำประปา

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบทดลองศึกษาในแผนกผสมสารเคมีในระบบผลิตน้ำประปา โดยการออกแบบและติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมี (ภาพที่ 4) ศึกษาประสิทธิภาพของการควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีโดยการเก็บตัวอย่างอากาศแบบกราวิเมตริก (Gravimetric) ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศพร้อมด้วยกระดาษกรองเก็บตัวอย่างฝุ่นสารเคมี หาน้ำหนักของฝุ่นสารเคมีที่ฟุ้งกระจายในขณะที่ทดลองทดสอบเคมีอยู่ภายในชุดโดยการติดตั้งชุดครอบขอบบ่อผสมสารเคมีไม่ให้ฟุ้งกระจายสู่บรรยากาศภายนอกเปรียบเทียบกับน้ำหนักของฝุ่นสารเคมีที่เก็บได้จากกระดาษกรองด้วยเครื่องซึ่งโดยมีเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบและขั้นตอนทดสอบประสิทธิภาพดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1.1 สารเคมี Poly aluminium chloride ชนิดผง ยี่ห้อ Water Doctor Co., Ltd, lot number 170701, Mfg date 01/01/18, and Exp.Date 01/01/20. บรรจุน้ำหนักถุงละ 25 กิโลกรัม



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9

The 9th STOU National Research Conference

1.2 รถเข็น

1.3 ระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมี

1.4 บ่อผสมสารเคมี ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร

1.5 ฮูด

1.6 เทปใส

1.7 ชุดเก็บตัวอย่างอากาศ

- 1) มอเตอร์สำหรับดูดอากาศให้ไหลผ่านกระดาศกรอง
- 2) ท่อต่อขนาด 100 mm.
- 3) Filter holder
- 4) เครื่องวัดความเร็วลมในเส้นท่อสำหรับดูดอากาศให้ไหลผ่านกระดาศกรอง
- 5) นาฬิกาจับเวลา

1.8 เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

- 1) เครื่องชั่ง (Balance) ที่มีความละเอียด 0.1 มิลลิกรัม
- 2) ตู้ดูดความชื้น
- 3) คีมคิปปากแบน (Forcep)
- 4) ถังมือไวนิล
- 5) ถังพลาสติกซีป สำหรับบรรจุกระดาศกรอง
- 6) ซองกระดาศสีน้ำตาล สำหรับบรรจุกระดาศกรอง โดยมีรายละเอียดสำหรับบันทึกข้อมูลภาคสนาม

1.9) กระดาศกรองใยแก้ว (Glass fiber filter) ขนาด 8 X 10 นิ้ว

1.10) การเตรียมกระดาศกรอง

1) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของกระดาศกรองใยแก้ว (Glass fiber filter) ขนาด 8 X 10 นิ้ว ตรวจสอบความไม่สมบูรณ์ของกระดาศกรอง เช่น รอยฉีกขาด รูพรุน สีของกระดาศกรองที่เปลี่ยนไป และกระดาศกรองไม่เรียบเสมอกัน เป็นต้น หากพบว่ากระดาศกรองมีความบกพร่องดังกล่าว จะไม่นำมาใช้เก็บตัวอย่าง

2) การอบกระดาศกรองก่อนเก็บตัวอย่าง

- 2.1) ก่อนอบกระดาศกรอง ให้ทำความสะอาดตู้ดูดความชื้นทุกครั้ง
- 2.2) วางกระดาศกรองบนชั้นวางของตู้ดูดความชื้นโดยหงายด้านที่ใช้เก็บตัวอย่างขึ้น
- 2.3) อบกระดาศกรองอย่างน้อย 24 ชั่วโมง
- 2.4) เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ใส่กระดาศกรองในถุงซีป และเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้นอีก 2-3 ชั่วโมง เพื่อให้มีการดูดความชื้นในถุงซีปอีกครั้ง

3) การชั่งน้ำหนักกระดาศกรองก่อนเก็บตัวอย่าง

- 3.1) เปิดเครื่องชั่งทิ้งไว้ อย่างน้อย 2 ชั่วโมง
- 3.2) ปรับเครื่องชั่งให้เป็น 0.0000 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
- 3.3) ปรับเทียบเครื่องชั่งด้วยตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9

The 9th STOU National Research Conference

3.4) นำกระดาษกรองที่ผ่านการอบแล้วมาชั่งน้ำหนัก

3.5) บันทึกน้ำหนักกระดาษกรองและใส่ในถุงซิปล็อค และซองกระดาษสีน้ำตาลด้วยปากกา เพื่อเตรียมสำหรับเก็บตัวอย่างภาคสนามต่อไป

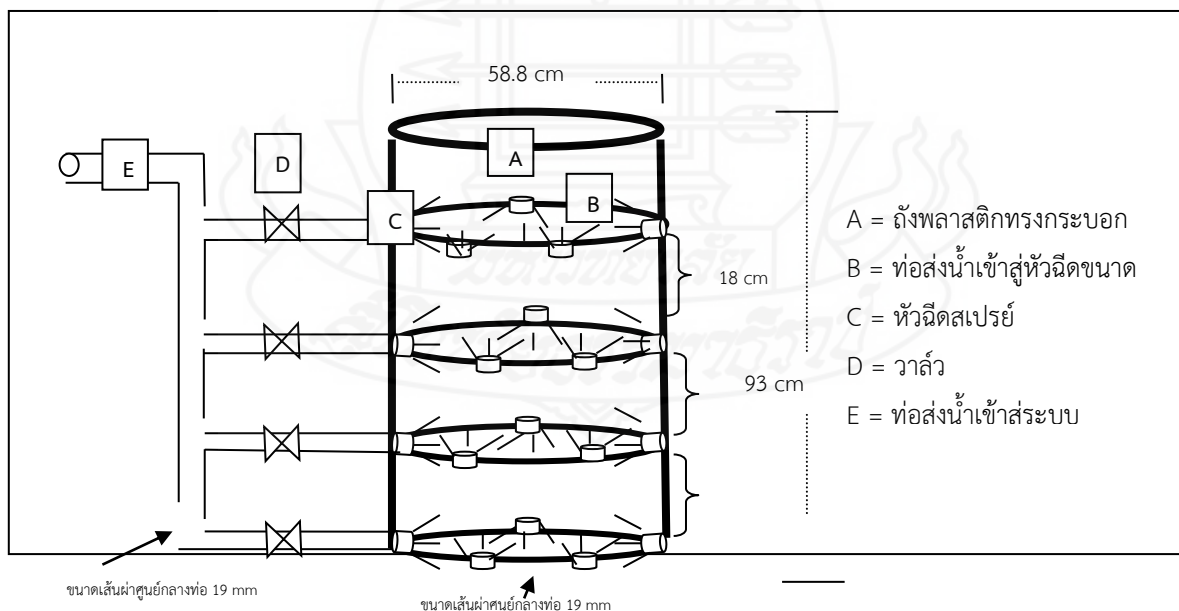
2. วิธีการทดลองกำหนดให้มี 2 เงื่อนไข เงื่อนไขที่ 1 ให้มีการทดลองทดสอบเคมีลงในบ่อผสมสารเคมีโดยไม่ไดติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมีกำหนดให้เป็น C_1 (ภาพที่ 5) และเงื่อนไขที่ 2 ให้มีการทดลองทดสอบเคมีลงในบ่อผสมสารเคมีโดยติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมีกำหนดให้เป็น C_2 (ภาพที่ 6) โดยศึกษาอัตราการไหลของน้ำในระบบที่ 4 ระดับทดลองซ้ำ 3 ครั้งใน 1 ตัวแปร เพื่อค่าเฉลี่ย เพื่อทราบความเข้มข้นของฝุ่นสารเคมีในอากาศจากน้ำหนักฝุ่นที่ฟุ้งกระจายอยู่ภายในชุด วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง น้ำหนักของฝุ่นสารเคมีวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา หาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสมการประสิทธิภาพการควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมี ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมี (\%)} = \frac{(C_1 - C_2) \times 100 \%}{C_1}$$

กำหนดให้

C_1 (g) = คำน้ำหนักของฝุ่นสารเคมีจากตัวอย่างอากาศที่ไม่ได้ติดตั้งระบบการควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมี

C_2 (g) = คำน้ำหนักของฝุ่นสารเคมีจากตัวอย่างอากาศที่ติดตั้งระบบการควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีเป็นการทดลองภายใต้สภาพแวดล้อมในการทำงานที่เหมือนกัน



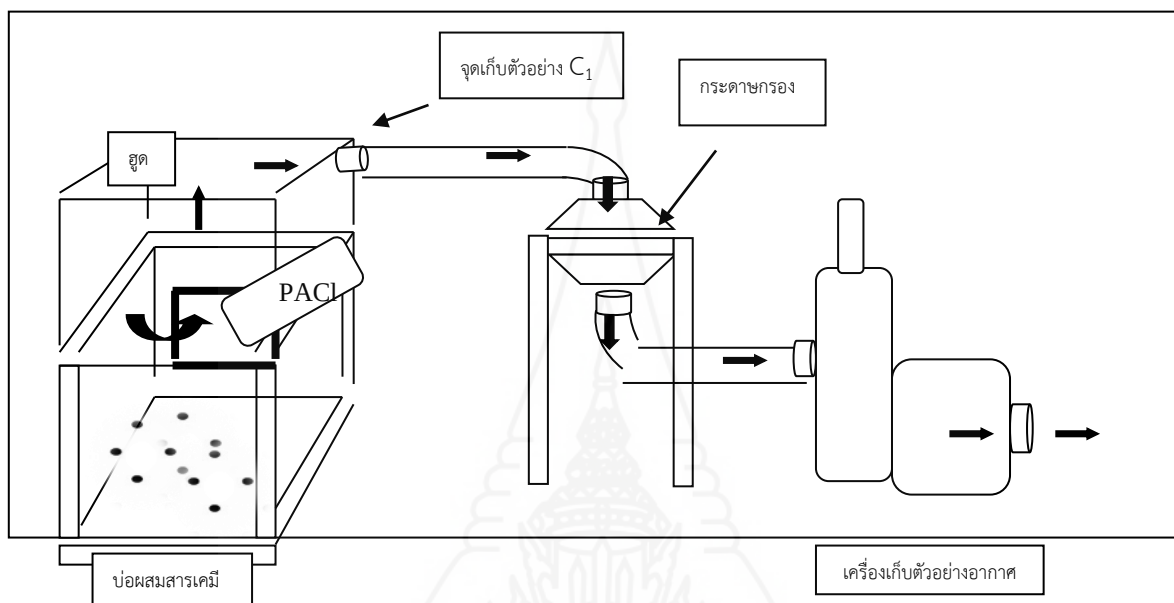
ภาพที่ 4 การออกแบบระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมี



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9

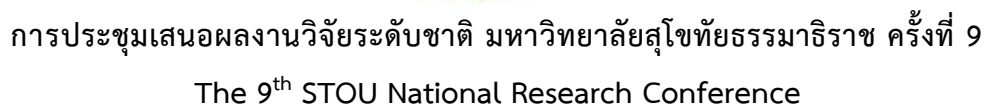
The 9th STOU National Research Conference

2.1) ขั้นตอนการทดลองทดสอบการปล่อยสารเคมีลงในบ่อผสมสารเคมีโดยไม่ได้ติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมี กำหนดให้เป็น C_1 ตามภาพที่ 5 ดังนี้



ภาพที่ 5 การเก็บตัวอย่างอากาศที่ไม่ได้ติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมี

1. ติดตั้งชุดครอบปากบ่อผสมสารเคมีโดยเจาะช่องเพื่อทดสอบสารเคมีขนาด กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร
2. กำหนดจุดเก็บอากาศที่ด้านบนสุดของชุด
3. ติดตั้งชุดเก็บตัวอย่างอากาศบนพื้นที่มั่นคงแข็งแรง
4. ใส่กระดาศกรองในชุดเก็บกระดาศกรองโดยหงายกระดาศกรองขึ้น ตรวจสอบรอยรั่วพันด้วยเทปใสบริเวณที่เป็นจุดรอยต่อ
5. เปิดปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศโดยเปิดความเร็วลมสูงสุด วัดอัตราการไหลของอากาศในท่อนก่อนและระหว่างการเก็บตัวอย่างอากาศทุกครั้ง เริ่มบันทึกเวลา
6. ทดสอบสารเคมีจำนวน 2 ถุงลงไปในบ่อผสมสารเคมีโดยเทให้หมดภายใน 2 นาที
7. เวลาในการเก็บตัวอย่าง 7 นาที ครบกำหนดแล้วปิดปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศนำกระดาศกรองใส่ในถุงซิปลงและนำใส่ช่องกระดาศกรองน้ำตาเพื่อนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการต่อไป (การกำหนดเวลา 7 นาที อ้างอิงจากการทดลองทดสอบสารเคมี 1 ถุงลงในบ่อผสมสารเคมีจับเวลาตั้งแต่ที่สารเคมีเริ่มฟุ้งกระจายจนถึงฝุ่นที่ฟุ้งอยู่หมดในเวลา 4 นาที อีก 2 นาทีเก็บต่อเพื่อความแน่ใจว่าปั๊มได้ดูดอากาศที่มีสารเคมีที่ฟุ้งกระจายออกจนหมด)
8. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 4-7 เป็นจำนวน 3 ครั้ง (ในการทดลองแต่ละครั้งเช็ดทำความสะอาดชุดและฉีดน้ำล้างทำความสะอาดบ่อผสมสารเคมีเพื่อมั่นใจว่าไม่มีฝุ่นสารเคมีที่ฟุ้งกระจายอยู่)



- น้ำหนักของฝุ่นสารเคมี (กรัม) $C_1 = (W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)$

B₁ = น้ำหนักกระดาศกรองของ field blank ก่อนเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

2. กำหนดจุดเก็บอากาศที่ด้านบนสุดของฮูด
3. ติดตั้งชุดเก็บตัวอย่างอากาศบนพื้นที่ยื่นออกแข็งแรง



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9

The 9th STOU National Research Conference

4. ติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีโดยวางเอียงที่ 35 องศาจากแนวระนาบ ปรับอัตราการไหลของน้ำโดยเริ่มต้นที่ระดับต่ำสุด
5. ใส่กระดาษกรองในชุดเก็บกระดาษกรองโดยหยาบกระดาษกรองขึ้น ตรวจสอบรอยรั่วพันด้วยเทปใสบริเวณที่เป็นจุดรอยต่อ
6. เปิดปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศโดยเปิดความเร็วลมสูงสุด วัดอัตราการไหลของอากาศในท่อนก่อนและระหว่างการเก็บตัวอย่างอากาศทุกครั้ง เริ่มบันทึกเวลา
7. เทสารเคมีจำนวน 2 ถุงลงไปในบ่อผสมสารเคมีโดยเทผ่านระบบควบคุมฝุ่นให้หมดภายใน 2 นาที
8. เวลาในการเก็บตัวอย่าง 7 นาที ครบกำหนดแล้วปิดปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศนำกระดาษกรองใส่ในถุงซิปลเพื่อนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการต่อไป (การกำหนดเวลา 7 นาที อ้างอิงจากการทดลองเทสารเคมี 1 ถุงลงในบ่อผสมสารเคมีจับเวลาตั้งแต่ที่สารเคมีเริ่มฟุ้งกระจายจนถึงฝุ่นที่ฟุ้งอยู่หมดในเวลา 4 นาที อีก 2 นาทีเก็บต่อเพื่อความแน่ใจว่าปั๊มได้ดูดอากาศที่มีสารเคมีที่ฟุ้งกระจายออกจนหมด)
9. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 4-8 โดยปรับอัตราการไหลของน้ำทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 25, 102, 156, 194 ลิตรต่อนาที ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง ในแต่ละระดับอัตราการไหล (ในการทดลองแต่ละครั้งเช็คทำความสะอาดชุดและฉีดน้ำล้างทำความสะอาดบ่อผสมสารเคมีเพื่อมั่นใจว่าไม่มีฝุ่นสารเคมีที่ฟุ้งกระจายอยู่)
10. ซั่งกระดาษกรองทุกแผ่นรวมถึง field blanks จัดบันทึกน้ำหนักหลังเก็บตัวอย่าง เป็นค่า C_2
11. การคำนวณน้ำหนักของฝุ่นสารเคมี

$$\text{น้ำหนักของฝุ่นสารเคมี (กรัม)} \quad C_2 = (W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)$$

เมื่อ

W_2 = น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

W_1 = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

B_2 = น้ำหนักกระดาษกรองของ field blank หลังเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

B_1 = น้ำหนักกระดาษกรองของ field blank ก่อนเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองค่าน้ำหนักเฉลี่ยของฝุ่นจะถูกวิเคราะห์โดยสถิติพรรณนาเพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1. ระบบควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีที่ถูกสร้างขึ้นประกอบด้วย 5 ส่วนประกอบ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ภาชนะบรรจุ containment section จุดเทสารเคมีและให้เกิดการผสมกัน เลือกใช้ถังพลาสติกทรงกระบอกทำมาจากพลาสติกชนิด high density polyethylene (HDPE) ที่มีความยาว 93 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 58.8 เซนติเมตร สามารถติดตั้งหัวฉีดสเปรย์ไว้ด้านในถังได้จำนวน 4 ชั้น



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9

The 9th STOU National Research Conference

ส่วนที่ 2 ท่อส่งน้ำเข้าสู่ระบบ เลือกใช้ท่อชนิด Polyvinyl chloride มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร ติดตั้งไว้ด้านนอกของถังพลาสติก

ส่วนที่ 3 ท่อส่งน้ำเข้าสู่หัวฉีดสเปรย์ เลือกใช้ท่อชนิด Low density polyethylene (LDPE) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร สามารถดัดโค้งเป็นวงกลมติดตั้งไว้ด้านในถังพลาสติกจำนวน 4 ชั้น

ส่วนที่ 4 วาล์วปรับอัตราการไหลของน้ำ เลือกใช้ประเภทบอลวาล์ว ชนิด polyvinyl chloride ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร สามารถปรับอัตราการไหลของน้ำได้ โดยติดตั้งไว้ด้านนอกของถังพลาสติก

ส่วนที่ 5 หัวฉีดสเปรย์น้ำ เลือกใช้หัวฉีดสเปรย์น้ำประเภท Polyethylene (PE) ให้มุมการแผ่กระจายช่วง 150-180 องศา ติดตั้งไว้ด้านในถังพลาสติกจำนวน 20 ตัว (จำนวน 4 ชั้นๆละ 5 ตัว)

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมี

1. น้ำหนักเฉลี่ยของฝุ่นจากการเก็บตัวอย่างอากาศโดยไม่ได้ติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมี (C_1) ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักฝุ่นสารเคมี เท่ากับ 2.8575 g และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.2030 g.

2. น้ำหนักเฉลี่ยของฝุ่นจากการเก็บตัวอย่างอากาศโดยติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมี อัตราการไหลของน้ำระดับที่ 1 เท่ากับ 25 ลิตรต่อนาที (C_{2-1}) ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักฝุ่นสารเคมี เท่ากับ 2.2256 g และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.8688 g.

3. น้ำหนักเฉลี่ยของฝุ่นจากการเก็บตัวอย่างอากาศโดยติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมี อัตราการไหลของน้ำระดับที่ 2 เท่ากับ 102 ลิตรต่อนาที (C_{2-2}) ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักฝุ่นสารเคมี เท่ากับ 0.8210 g และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.2206 g.

4. น้ำหนักเฉลี่ยของฝุ่นจากการเก็บตัวอย่างอากาศโดยติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมี อัตราการไหลของน้ำระดับที่ 3 เท่ากับ 156 ลิตรต่อนาที (C_{2-3}) ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักฝุ่นสารเคมี เท่ากับ 0.6977 g และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.1259 g.

5. น้ำหนักเฉลี่ยของฝุ่นจากการเก็บตัวอย่างอากาศโดยติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมี อัตราการไหลของน้ำระดับที่ 4 เท่ากับ 194 ลิตรต่อนาที (C_{2-4}) ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักฝุ่นสารเคมี เท่ากับ 0.1073 g และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.0468 g.

6. ประสิทธิภาพการควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีของระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมี ที่อัตราการไหลของน้ำระดับที่ 1 เท่ากับ 22% ที่อัตราการไหลของน้ำระดับที่ 2 เท่ากับ 71% ที่อัตราการไหลของน้ำระดับที่ 3 เท่ากับ 75% ที่อัตราการไหลของน้ำระดับที่ 4 เท่ากับ 96% ดังแสดงในตารางที่ 1



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9
The 9th STOU National Research Conference

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีของระบบควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมี

ลำดับ	น้ำหนักฝุ่น (กรัม)					ประสิทธิภาพของระบบ ควบคุมการฟุ้งกระจาย สารเคมี (%)
	ไม่ได้ติดตั้ง	ติดตั้งระบบ	ติดตั้งระบบ	ติดตั้งระบบ	ติดตั้งระบบ	
	ระบบ (C ₁)	อัตราการไหล ของน้ำระดับ ที่ 1 (C ₂₋₁)	อัตราการไหล ของน้ำระดับ ที่ 2 (C ₂₋₂)	อัตราการไหล ของน้ำระดับ ที่ 3 (C ₂₋₃)	อัตราการไหล ของน้ำระดับ ที่ 4 (C ₂₋₄)	
1	2.8575	2.2256				22.21
2	2.8575		0.8210			71.59
3	2.8575			0.6977		75.93
4	2.8575				0.1073	96.68

อภิปรายผลการวิจัย

1. การสร้างระบบควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมี

1.1 ภาชนะบรรจุ containment section

ตามคำแนะนำของ Daniel and Paula (2002) ปัจจัยที่ทำให้ระบบสเปรย์น้ำมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่ง residence time ซึ่งหากมีการเพิ่มความยาวของภาชนะบรรจุจะทำให้เพิ่มระยะเวลาในการสัมผัสกันระหว่างอนุภาคและหยดน้ำมากขึ้นทำให้เกิดประสิทธิภาพของการเกิดกลไกการดักจับมากขึ้น

การสร้างจริงเลือกใช้ภาชนะบรรจุ containment section ถึงพลาสติกทรงกระบอกที่มีราคาต่ำ หาซื้อได้ง่าย มีความยืดหยุ่น ทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี มีขนาดความกว้างเพียงพอสามารถที่ใส่สารเคมีลงได้ มีความยาวเพียงพอที่สามารถติดตั้งหัวฉีดสเปรย์ไว้ภายในได้ถึงทั้งหมด 4 ชั้น แต่ละชั้นห่างกัน 18 เซนติเมตร และเมื่อมีการวางถังพลาสติกเอียงที่ระดับ 35 องศาจากแนวระนาบทำให้เพิ่มระยะเวลาของการสัมผัสกันมากขึ้นโดยอนุภาคของฝุ่นจะค่อยไหลลงเข้าสู่สัมผัสกับหยดน้ำที่อยู่ในแต่ละชั้นในชั้นบนสุดและไหลลงจนถึงชั้นล่างสุดระหว่างนั้นเกิดกลไกในการดักจับอนุภาคที่สำคัญ 3 กลไก คือ การกระทบเนื่องจากความเฉื่อย การสกัดกั้นโดยตรง และการแพร่

1.2 หัวฉีดสเปรย์

ตามคำแนะนำของ Daniel and Paula (2002) ปัจจัยที่ทำให้ระบบสเปรย์น้ำมีประสิทธิภาพ คือ ขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคและหยดน้ำเป็นการกำหนดกลไกของการดักจับได้แก่ การกระทบเนื่องจากความเฉื่อย การสกัดกั้นโดยตรง และการแพร่ และคำแนะนำของ Jon Roberts et al. (2017) ตำแหน่งของการติดตั้งหัวฉีดน้ำสเปรย์ต้องครอบคลุมพื้นที่ของการฟุ้งกระจาย

การสร้างจริงเลือกใช้หัวฉีดสเปรย์น้ำชนิดทำมาจาก Polyethylene ที่มีราคาต่ำ หาซื้อได้ง่าย มีความทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ซึ่งการฉีดน้ำทุกครั้งจะทำให้เกิดเป็นม่านน้ำที่บรรจบกันในทุกๆชั้น จำนวน 4 ชั้น เมื่อทำการทดลองทดสอบ PACI ลงไปสัมผัสกับม่านน้ำในแต่ละชั้นพบว่าสาร PACI ถูกหยดน้ำดักจับกลายเป็นสารละลายตกลงสู่บ่อผสมสารเคมี



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9

The 9th STOU National Research Conference

สรุปว่าขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคฝุ่นและหยดน้ำมีความเหมาะสมกัน และการติดตั้งหัวฉีด จำนวน 4 ชั้นๆละ 5 จุด นั้นสามารถครอบคลุมพื้นที่การฟุ้งกระจายของสารเคมีได้ทำให้สารเคมีฟุ้งกระจายออกมาได้น้อยมาก

2.3 การส่งน้ำเข้าสู่ระบบควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมี โดยใช้น้ำในหอถังสูงในระบบผลิตน้ำประปาที่ ไหลย้อนลงมาเพื่อเติมลงในบ่อผสมสารเคมีอยู่แล้ว

2. การทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีโดยการทดลองทดสอบสารเคมีผ่านระบบ ควบคุมการฟุ้งกระจายฝุ่นสารเคมี พบว่าในขณะที่ทดสอบสารเคมีโดยไม่ได้อัดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจาย ของฝุ่นทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีสู่บรรยากาศในห้องผสมสารเคมีอย่างมาก หลังจากที่ได้ติดตั้งระบบควบคุมการ ฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีและทำการทดลองทดสอบสารเคมีแล้วสามารถควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีได้ ลดการฟุ้ง กระจายลงมากมีฝุ่นที่ฟุ้งกระจายออกมาได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตามผลที่แสดงประสิทธิภาพของระบบควบคุมการฟุ้งกระจาย ของฝุ่นสารเคมีสูงที่สุด 96% ตามรายละเอียด ดังนี้ อัตราการไหลของน้ำทั้ง 4 ระดับที่ 25, 102, 156, และ 194 ลิตรต่อนาที ประสิทธิภาพการควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมี เท่ากับ 22%, 71%, 75% และ 96% ตามลำดับ

ประสิทธิภาพการควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังนี้ 1. อัตราการไหลของน้ำ อัตราการไหล ของน้ำที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เพราะทำให้เกิดความ หนาแน่นของม่านน้ำและการกระจายของน้ำในแต่ละชั้นมากขึ้นเป็นการเพิ่มโอกาสในการสัมผัสระหว่างอนุภาคของฝุ่นกับหยด น้ำมากขึ้นเกิดกลไกของการดักจับมากขึ้น ซึ่งกลไกที่สำคัญที่เกิดขึ้นส่วนมากเป็นลักษณะ impaction ทำให้สารเคมีชนตลงตก กระแทกกับม่านน้ำถูกละลายกลายเป็นของเหลวและไหลตกลงสู่บ่อผสมสารเคมี สอดคล้องกับการศึกษาของ ศศิธร สนขำ (2550) ที่พบว่าประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นละอองที่ระบายจากปล่องโรงสีข้าวจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอัตราการไหลของ น้ำต่ออัตราการไหลของอากาศ 2. ขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคและหยดน้ำ ตามข้อเสนอแนะของ Daniel and Paula (2002) ที่ว่าขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคและหยดน้ำเป็นตัวกำหนดกลไกของการดักจับ ได้แก่ Impaction Interception และ diffusion โดยประสิทธิภาพที่ดีของการเกิดกลไกดักจับคือขนาดของอนุภาคฝุ่นกับขนาดของหยดน้ำที่ เหมาะสมโดยแนะนำให้ทดลองทดสอบสารเคมีลงในขนาดหยดน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งได้ทดลองทดสอบสารเคมีลงในม่านน้ำแล้วได้ผล สารเคมีถูกหยดน้ำดักจับและทำให้เป็นสารละลายตกลงบ่อผสมสารเคมีสรุปได้ว่าขนาดของอนุภาคและขนาดของหยดน้ำมี ความเหมาะสมกัน 3.จำนวนและตำแหน่งการติดตั้งหัวฉีดสเปรย์ต้องเพียงพอและตำแหน่งที่ติดตั้งจะต้องครอบคลุมพื้นที่ บริเวณที่ฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีมากที่สุดตามข้อเสนอแนะของ Jon Roberts et al. (2017) ซึ่งการทดลองได้ติดตั้งจำนวน หัวฉีดไว้จำนวน 4 ชั้นๆละ 5 จุด เพียงพอทำให้ม่านน้ำแต่ละชั้นแผ่ออกบรรจบกันในทุกๆชั้นและการติดตั้งหัวฉีดจำนวน 4 ชั้น ส่งผลให้สเปรย์น้ำครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดที่มีการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมี 4. การวางถังถังถังที่ระดับ 35 องศาจากแนว ราบ ทำให้สารเคมีค่อยไหลลงภายในถังทำให้เพิ่มระยะเวลาในการสัมผัสกันเกิดกลไกการดักจับกันระหว่างอนุภาคของ สารเคมีและหยดน้ำมากขึ้น



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9

The 9th STOU National Research Conference

ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการทดลองติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีในแผนกผสมสารเคมีในระบบผลิตน้ำประปา ประสิทธิภาพสามารถควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีได้ร้อยละ 96 ดังนั้น จึงควรติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีในแผนกผสมสารเคมีอื่นที่มีการใช้สารเคมีที่เป็นชนิดผงเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีเป็นการป้องกันอันตรายที่มีผลกระทบต่อพนักงานหากในขณะที่ปฏิบัติงานได้รับสัมผัสกับสารเคมีอันตราย
2. การทดลองนี้ทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีโดยทดสอบกับสาร PACl เนื่องจากขนาดอนุภาคของสาร PACl ในแต่ละยี่ห้อมีความแตกต่างกัน ดังนั้น การทดสอบการใช้งานของระบบควรจะทดสอบว่าจะใช้กับระบบนี้ได้หรือไม่ และถ้าหากจะนำไปทดสอบกับสารเคมีชนิดผงประเภทอื่นๆที่มีการใช้งานในระบบผลิตน้ำประปา เช่น ปูนขาว ผงปูนคลอรีน และสารส้ม ที่มีขนาดอนุภาคที่แตกต่างก็ต้องทดสอบว่าใช้กับระบบนี้ได้หรือไม่
3. การติดตั้งระบบควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นสารเคมีนี้สามารถยกเคลื่อนย้ายไปติดตั้งในบ่อผสมสารเคมีอื่นๆ ได้ เพื่อให้เกิดความสะดวกและลดการกระแทกเสียหายจากการติดตั้งระบบ ดังนั้น จึงควรมีการอุปกรณ์ในการช่วยยกเคลื่อนย้ายที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- ศศิธร สนขำ. (2550). ศึกษาการออกแบบระบบบำบัดฝุ่นที่ระบายจากปล่องโรงสีข้าวโดยการดักจับด้วยหยดน้ำ (วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- Daniel, M. & Paula, H. (2002, July). Particle Matter control, Wet scrubber for particle matter: Washington D.C. united states Environmental Protection Agency. 19-200. Retrieved from: <https://www3.epa.gov/ttn/ecas/docs/cs6ch3.pdf>.
- Roberts J. (2017). Improving the Efficiency of water spraying airborne dust suppression techniques in the Iron Industry. Retrieved November 3, 2017, Retrieved from: http://www.ironore.ausimm.com.au/Media/Orchard_CMS_ironore/presentations/1650_Roberts.Pdf.