บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะในการวิจัยเพิ่มเติม

6.1 สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งด้วยการฉีดหยดละอองน้ำ โดยเปรียบเทียบผลการประเมินค่าประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกับข้อมูลจริงจากเอกสารอ้างอิง(กลม ธนะนพวรรณ, 2540 และ กรมควบคุมมลพิษ, 2540 และ 2541)ของอุปกรณ์หรือแหล่งกำเนิดฝุ่นของโรงโม่หิน 2 แห่งซึ่งได้มีการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นโดยการฉีดหยดละอองน้ำแล้ว พบว่าแบบจำลองดังกล่าวมีค่าผิดพลาดสัมพัทธ์สูงสุดเพียง 7.17% ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำแบบจำลองดังกล่าวนี้มาใช้สำหรับการประเมินหาประสิทธิภาพการจับฝุ่นโดยการฉีดหยดละอองน้ำในที่เปิดโล่ง และศึกษาผลกระทบเนื่องจากปัจจัยต่างๆ อันได้แก่ การกระจายขนาดของหยดละอองน้ำและอนุภาคฝุ่น ความเร็วและทิศทางของลมจากสิ่งแวดล้อมที่พัดผ่านระบบ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นแบบจำลองดังกล่าวจะสามารถใช้ได้ดีในช่วงที่กลไกการจับฝุ่นด้วยหยดละอองน้ำเกิดจากกลไกการกระทบด้วยแรงเฉื่อยเป็นสำคัญ

ส่วนแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณหาเส้นโคจรของหยดละอองน้ำที่ได้นำเสนอไปในบทที่ 3 สามารถช่วยการคำนวณหาพื้นที่หัวฉีด 1 หัวสามารถครอบคลุมได้ในกรณีที่มีการติดตั้งหัวฉีดที่ระดับความสูงวัดจากพื้นที่กำเนิดฝุ่นเป็นระยะ L_w โดยใช้สมมติฐานว่าพื้นที่ที่หยดละอองน้ำถูกฉีดออกจากหัวฉีดมีลักษณะเป็นวงกลม ซึ่งได้ทดสอบความถูกต้องโดยใช้แบบจำลองดังกล่าวคำนวณค่าความเร็วปั้นปลายของหยดละอองน้ำ(ความเร็วการเคลื่อนที่ของหยดละอองน้ำในแนวแกน y เมื่อหยดละอองน้ำตกลงมาด้วยความเร็วคงที่)เทียบกับค่าความเร็วปั้นปลายที่ได้จากคำนวณโดยใช้สมการ(3.18-20) ผลปรากฏว่าค่าความเร็วปั้นปลายที่ได้มีค่าตรงกัน และจากการทดสอบความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณหาเส้นโคจรของหยดละอองน้ำโดยใช้แบบจำลองดังกล่าวกับข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง(วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, 2539) ผลปรากฏว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก คือ มีความผิดพลาดสัมพัทธ์อยู่ในช่วง $\pm 3.45\%$ ส่วนการเปรียบเทียบผลกับข้อมูลจริงไม่สามารถกระทำได้เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายด้าน อาทิเช่น การควบคุมความเร็วลมจากสิ่งแวดล้อมกระทำได้ยาก ประกอบกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีราคาแพง

จากผลการนำแบบจำลองของแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งด้วยการฉีดหยดละอองน้ำมาศึกษาผลกระทบเนื่องจากปัจจัยต่างๆอันได้แก่ การกระจายขนาดของหยดละอองน้ำและอนุภาคฝุ่น โดยในกรณีของระบบควบคุมฝุ่นในโรงโม่หิน อนุภาคฝุ่นที่สนใจอยู่ในช่วง 0.5 – 10 ไมครอน ซึ่งความเร็วบั้นปลายในอากาศอยู่ในช่วง 1.97×10^{-5} - 7.86×10^{-3} เมตร/วินาที และหยดละอองน้ำขนาด 80 – 1000 ไมครอน ซึ่งความเร็วบั้นปลายในอากาศอยู่ในช่วง 0.193 – 4.18 เมตร/วินาที ดังนั้นการศึกษาอิทธิพลของทิศทางความเร็วและของลมจากสิ่งแวดล้อมที่พัดผ่านระบบ จึงมีค่า 0 – 2 เมตร/วินาที ได้ข้อสรุปดังนี้

- พิจารณากรณีหัวฉีดฉีดหยดละอองน้ำขนาดเดียวกันจับอนุภาคฝุ่นขนาดแตกต่างกันพบว่าประสิทธิภาพการจับฝุ่นด้วยการฉีดหยดละอองน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออนุภาคฝุ่นมีขนาดใหญ่ขึ้น หรือกล่าวได้ว่าหยดละอองน้ำจับอนุภาคฝุ่นขนาดใหญ่ได้ดีกว่าอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก แต่ประสิทธิภาพการจับฝุ่นจะเริ่มมีค่าคงที่เมื่ออนุภาคฝุ่นมีขนาดประมาณ 7 – 10 ไมครอน

- พิจารณากรณีอนุภาคฝุ่นขนาดเดียวกันแต่หยดละอองน้ำที่ใช้ในการจับฝุ่นมีขนาดแตกต่างกันและอัตราการไหลของหยดละอองน้ำที่ถูกฉีดออกจากหัวฉีดมีค่าคงที่พบว่า เมื่ออนุภาคฝุ่นมีขนาด 7 – 10 ไมครอน ประสิทธิภาพการจับฝุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อหยดละอองน้ำมีขนาดเล็กลง แต่เมื่ออนุภาคฝุ่นมีขนาด 0.5 – 6 ไมครอน หยดละอองน้ำขนาด 100 ไมครอนจะให้ประสิทธิภาพสูงสุด

- ประสิทธิภาพรวมการจับฝุ่นด้วยการฉีดหยดละอองน้ำจะมีค่าสูงเมื่อค่าพารามิเตอร์การสกัดกั้น ($R = D_p/D_w$)มีค่าประมาณ 0.1 แต่อนุภาคฝุ่นที่พิจารณาต้องมีขนาดตั้งแต่ 4 ไมครอนขึ้นไป

- พิจารณาค่าพารามิเตอร์การสกัดกั้น ($R = D_p/D_w$) คงที่ จะพบว่าถ้าอนุภาคฝุ่นและหยดละอองน้ำมีขนาดใหญ่ขึ้นกลไกการกระทบด้วยแรงเฉื่อยจะมีผลต่อการกำจัดอนุภาคฝุ่นด้วยหยดละอองน้ำลดลง

- การประเมินประสิทธิภาพรวมการจับฝุ่นด้วยการฉีดหยดละอองน้ำ หากใช้ข้อมูลการกระจายขนาดของหยดละอองน้ำและอนุภาคฝุ่นจะให้ผลที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่าการใช้ขนาดเฉลี่ย แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นประสิทธิภาพรวมการกำจัดฝุ่นด้วยการฉีดหยดละอองน้ำที่ประเมินได้จะมีความถูกต้องเพียงใดขึ้นกับข้อมูลการกระจายขนาดว่ามีความถูกต้องแม่นยำเพียงใดเช่นกัน

- ค่าความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างหยดละอองน้ำและอนุภาคฝุ่น (U_R) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสลมจากสิ่งแวดล้อม (U_{amb}) เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของค่าความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างหยดละอองน้ำและอนุภาคฝุ่นมีผลทำให้ประสิทธิภาพรวมการจับฝุ่นด้วยการฉีดหยดละอองน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่เนื่อง

จาก U_{amb} ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นในระบบก่อนการติดตั้งหัวฉีดมีค่าลดลงอยู่แล้วเมื่อมีกระแสลมจากสิ่งแวดล้อมพัดผ่าน ดังนั้นจึงทำให้อัตราการจับอนุภาคฝุ่นด้วยหยดละอองน้ำมีค่าลดลง และประสิทธิภาพการจับฝุ่นด้วยการฉีดหยดละอองน้ำ (η_{total}) มีค่าลดลงเช่นกัน อนึ่งถ้าค่าความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างหยดละอองน้ำและอนุภาคฝุ่นเทียบกับความเร็วลมจากสิ่งแวดล้อมหากมีค่าใกล้เคียงหนึ่งมากๆ แสดงว่าหยดละอองน้ำเคลื่อนที่ไปกับกระแสลม

- การติดตั้งหัวฉีดควรติดตั้งหัวฉีดให้มีพื้นที่ในทิศทางตั้งฉากกับกระแสลมจากสิ่งแวดล้อมให้มากที่สุด

- ตัวแปรควบคุมที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการจับฝุ่นด้วยหยดละอองน้ำในที่เปิดโล่ง ได้แก่ ขนาดขนาดของอนุภาคฝุ่น (โดยเฉพาะอนุภาคฝุ่นที่มีขนาด < 6 ไมครอน) ขนาดของหยดละอองน้ำ และความสูงของลำสเปรย์ ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นฝุ่นที่ฟุ้งขึ้นมาจากแหล่งกำเนิด และความเร็วลมจากสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญน้อย

6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยเพิ่มเติม

เนื่องจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดหยดละอองน้ำที่นำเสนอเป็นแบบจำลองที่มีสมมติฐาน คือ ระบบอยู่ในสภาวะคงที่(steady state) การกระจายตัวของหยดละอองน้ำ และอนุภาคฝุ่นสม่ำเสมอ รูปแบบกลไกการจับฝุ่นด้วยหยดละอองน้ำที่สำคัญ คือ การกระทบด้วยแรงเฉื่อย(Inertial impaction) ซึ่งในความเป็นจริงในระบบเปิดโล่งจะมีกระแสลมจากสิ่งแวดล้อมที่มีความเร็วลมไม่คงที่พัดผ่านระบบตลอดเวลา ประกอบกับลมจากสิ่งแวดล้อมนี้อาจส่งผลกระทบต่อเส้นโคจรของหยดละอองน้ำ ซึ่งมีผลทำให้พื้นที่ที่หัวฉีดครอบคลุมแหล่งกำเนิดฝุ่น และปริมาณหยดละอองน้ำในระบบมีค่าแปรเปลี่ยนไปตลอดเวลาเช่นกัน ขณะเดียวกันเมื่อหยดละอองน้ำเคลื่อนที่ลงมาก็อาจมีการระเหย หรือการรวมตัวของหยดละอองน้ำเกิดขึ้นทำให้การกระจายขนาดของหยดละอองน้ำเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นหากสามารถศึกษาระบบที่เป็นแบบไม่คงที่ (unsteady state) ลักษณะรูปแบบการฟุ้งของอนุภาคฝุ่นที่ฟุ้งขึ้นมาจากแหล่งกำเนิด พิจารณากลไกการจับฝุ่นรูปแบบอื่น และผลจากการระเหยและการรวมตัวของหยดละอองน้ำที่ถูกฉีดออกจากหัวฉีดประกอบด้วย จะช่วยให้แบบจำลองสามารถประเมินผลได้ใกล้เคียงความจริงมากขึ้น

นอกจากนี้ในการติดตั้งหัวฉีดเพื่อจับฝุ่นในอุตสาหกรรมลักษณะการติดตั้งหัวฉีดบ่อยครั้งไม่ได้ติดตั้งเหนือแหล่งกำเนิดฝุ่นในลักษณะตั้งฉากกับแหล่งกำเนิดฝุ่น แต่อาจมีการติดตั้งแบบทำมุม

ต่างๆ เพื่อความสะดวกในการติดตั้ง ดังนั้นหากพิจารณาลักษณะการติดตั้งหัวฉีดประกอบด้วยก็จะทำให้แบบจำลองนี้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย