

การวิเคราะห์การระบายอากาศในโรงงานด้วยแบบจำลองคู่ควบ

ANALYSIS OF AIR VENTILATION IN FACTORY VIA COUPLED MODELS

อัครรัฐ สุวรรณพุ่ม

นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
E-mail : oxmon@hotmail.com

รองศาสตราจารย์ ดร.ภูริต ธนะกิจเกษม

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Email : purit.tha@kmutt.ac.th

รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐ กาศยปนนท์

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Email : nat.kas@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบระบายความร้อนภายในโรงงานที่ไม่มีระบบปรับอากาศ ด้วยแบบจำลองที่รวมวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) และการถ่ายโอนความร้อน ซึ่งนำมาออกแบบจำนวนช่องระบายอากาศและหาขนาดที่เหมาะสมของช่องเปิดภายในโรงงาน โดยใช้อุณหภูมิภายในโรงงานที่ได้รับการระบายความร้อนออกเป็นตัวชี้วัด โดยทำการจำลองโรงงานเป็น 2 มิติ ใช้เอลิเมนต์รูปสามเหลี่ยม ผนังเป็นแบบไม่ไถล จำลองที่สภาวะคงตัว ความหนาแน่นของอากาศแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิทำให้เกิดแรงลอยตัว จำนวนของช่องระบายอากาศที่ใช้ในการศึกษาคือ 4 และ 6 ช่อง ขนาดของช่องระบายอากาศด้านบนคือ 0.25 และ 0.315 เมตร และช่องเปิดด้านล่างมีขนาด 0.25 และ 0.35 เมตร โดยกำหนดให้มีความร้อนที่ได้รับจากหลังคาและความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารมีเท่ากัน จากผลการจำลองพบว่าโรงงานที่มีช่องเปิดด้านบนขนาด 0.25 เมตร จำนวน 6 ช่อง ขนาดช่องเปิดด้านล่าง 0.35 เมตร จะสามารถระบายความร้อนออกจากโรงงานได้มากที่สุด อีกทั้งยังส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงงานมีค่าต่ำกว่า โรงงานที่มีช่องเปิดด้านบน 4 ช่อง

คำสำคัญ : การระบายอากาศ, พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ, การถ่ายโอนความร้อน, แบบจำลองคู่ควบ

ABSTRACT

The objective of this research was to study the ventilation system in factory without air conditioning using coupled models that combined computational fluid dynamics (CFD) with heat transfer to design the number of ventilators in factory and find the appropriate size of ventilators in the factory. The temperature within the ventilated factory was used as the indicator. The model of factory was two-dimensional, using free triangular elements of mesh, which operated with no slip wall, at steady state, with density of air in direct variation with the temperature resulting in uplifting of hot air. The numbers of ventilators used in this study were 4 and 6. The sizes of top ventilators (V) were

0.25 meter and 0.315 meter; while the sizes of side ventilators (L) were 0.25 meter and 0.35 meter. The heat received from the roof and that occurred within the factory were determined to be equal. The research findings showed that a factory with six top ventilators with the size of 0.25 meter and the size of side ventilator of 0.35 meter could remove heat from within the factory better than the factory with four top ventilators as shown by the average temperature within the factory with six top ventilators being lower than that within the factory with four top ventilators.

KEYWORDS : Air ventilation, Computational fluid dynamics, Heat transfer, Coupled model

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

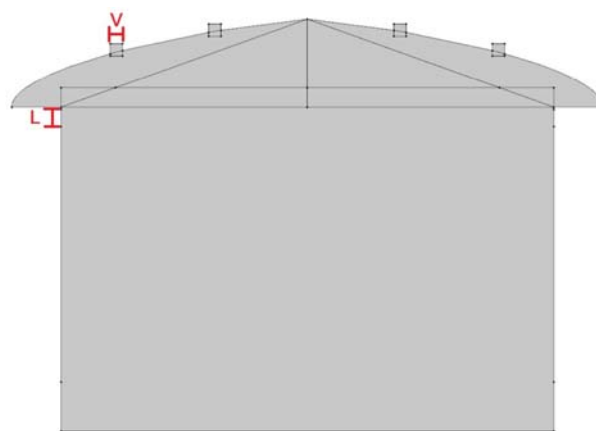
เนื่องจากโลกในปัจจุบันได้ประสบปัญหาสภาวะเรือนกระจกส่งผลให้โลกร้อนขึ้นและมีแนวโน้มว่าจะร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้โรงงานต่างประสบปัญหาเรื่องอุณหภูมิที่สูงขึ้นมากกว่าแต่ก่อนจึงได้มีการออกแบบระบบระบายความร้อนในโรงงานเกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นระบบระบายความร้อนโดยใช้เครื่องปรับอากาศ หรือระบบระบายความร้อนแบบเปิด ซึ่งระบบระบายความร้อน โดยใช้เครื่องปรับอากาศนั้นที่ต้นทุนสูงและมีการใช้พลังงานอย่างมาก อีกทั้งยังไม่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมบางรูปแบบ ส่วนระบบระบายอากาศแบบเปิดในปัจจุบันมีทั้งแบบช่องเปิด (ธรรมชาติ) (Olsen and Chen, 2003) และพัดลม (บังคับ) ซึ่งระบบระบายความร้อนส่วนใหญ่ที่นั้นยังทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากขาดการออกแบบอย่างถูกต้องและเหมาะสมจึงทำให้ระบบระบายความร้อนนั้นทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งงานวิจัยนี้ จะเน้นเพื่อศึกษา ระบบระบายความร้อนแบบเปิด คือ การถ่ายเทความร้อนแบบธรรมชาติ โดยศึกษาถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากการออกแบบของระบบระบายความร้อนที่มีขนาดของช่องเปิด (Straw, Baker and Robertson, 2000) จำนวนของช่องเปิดแตกต่างกันว่ามีผลต่อการระบายความร้อนมากน้อยเพียงใดเพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์ได้ว่าโรงงาน ควรจะมีการติดตั้งระบบระบายความร้อนอย่างไรจึงจะมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยจะทำการศึกษาด้วย วิธีจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) (Ramponi and Blocken, 2012a) ที่สภาวะ steady state ของไหลอัดตัวไม่ได้ และกำแพงเป็นแบบ no slip โดยจะวิเคราะห์จากอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงงาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษารูปแบบการไหลและการถ่ายเทความร้อนของอากาศในกรณีการพาความร้อนแบบธรรมชาติภายในโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่มีระบบปรับอากาศ
2. เพื่อศึกษาผลของ ขนาดของช่องเปิด จำนวนของช่องเปิด ขนาดของอาคาร ว่ามีผลต่อการระบายความร้อนมากน้อยเพียงใด

วิธีดำเนินงานวิจัย

1. ทำการสร้างแบบจำลองของโรงงานดังแสดงในภาพที่ 1 โดยกำหนดให้ V คือ ขนาดของช่องระบายอากาศด้านบนหลังคา (ขนาดที่นำมาใช้อ้างอิงจากขนาดของพัดลมดูดอากาศที่มีขายตามท้องตลาด)
- L คือ ขนาดของช่องเปิดด้านข้างของหลังคา



ภาพที่ 1 แสดงรูปโรงงานที่ใช้ในการสร้างโมเดล

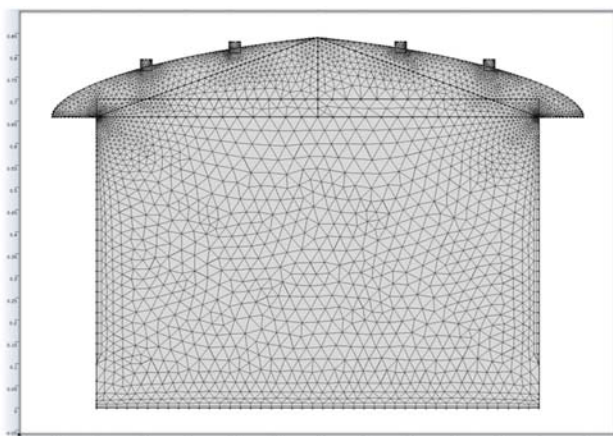
2. ทำการจำลองโดยการปรับขนาดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงขนาดของช่องเปิดที่ใช้ในแบบจำลอง

กรณี	ขนาดช่องเปิด		จำนวนช่องเปิดด้านบน
	บน (m)	ข้าง (m)	
1	0.25	0.25	4
2	0.25	0.35	4
3	0.315	0.25	4
4	0.315	0.35	4
5	0.25	0.25	6
6	0.25	0.35	6
7	0.315	0.25	6
8	0.315	0.35	6

3. ศึกษารูปแบบการไหลของอากาศ ที่เกิดขึ้นภายในอาคาร (Ramponi and Blocken, 2012b) และเปรียบเทียบโดยคิดจากอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงงาน ด้วยโปรแกรมคำนวณทางพลศาสตร์การไหล

4. กำหนดให้การจำลองเป็นแบบอัตโนมัติ ที่สภาวะคงตัว อุณหภูมิของหลังคาเท่ากับ 70 °C อุณหภูมิของอากาศเท่ากับ 29 °C ผนังเป็นแบบ no slip wall และ mesh เป็นแบบ free triangular ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดง mesh ที่ใช้ในการจำลอง

ผลการวิจัย

1. ผลกระทบที่เกิดจากจำนวนช่องเปิด

ตารางที่ 2 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของกรณีต่างๆ (อ้างอิงกรณีต่างๆ ตามตารางที่ 1)

กรณี	อุณหภูมิเฉลี่ย °C
1	43.546
2	43.367
3	43.561
4	43.382
5	42.389
6	42.110
7	42.620
8	42.268

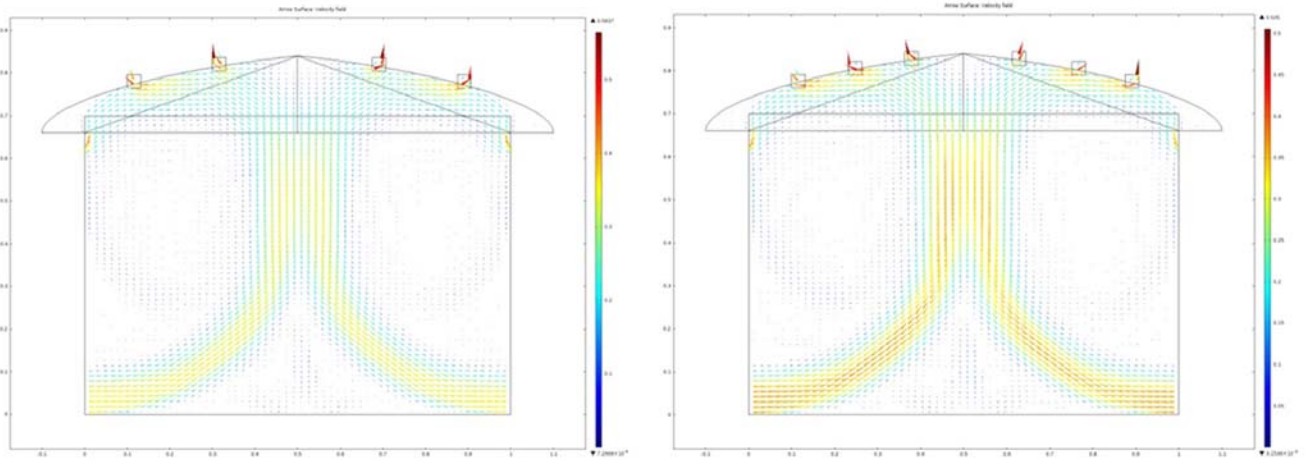
จากผลการจำลองทางพลศาสตร์การไหลพบว่า เมื่อแบบจำลองมีจำนวนช่องเปิดระบายอากาศบนหลังคาเพิ่มมากขึ้นคือ จาก 4 ช่อง เป็น 6 ช่อง จะส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงงานลดลง 2.89% ซึ่งแสดงในตารางที่ 2 สาเหตุที่อุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงงานลดลง เป็นผลอันเนื่องมาจาก เมื่อโรงงานมีจำนวนช่องระบายอากาศมากขึ้นส่งผลให้อากาศภายในโรงงานนั้นไหลเร็วขึ้นซึ่งแสดงในภาพที่ 3 ทำให้โรงงานสามารถระบายความร้อนออกจากโรงงานมากขึ้นจึงส่งผลให้อุณหภูมิภายในโรงงานลดลง

2. ผลกระทบที่เกิดจากขนาดของช่องเปิด

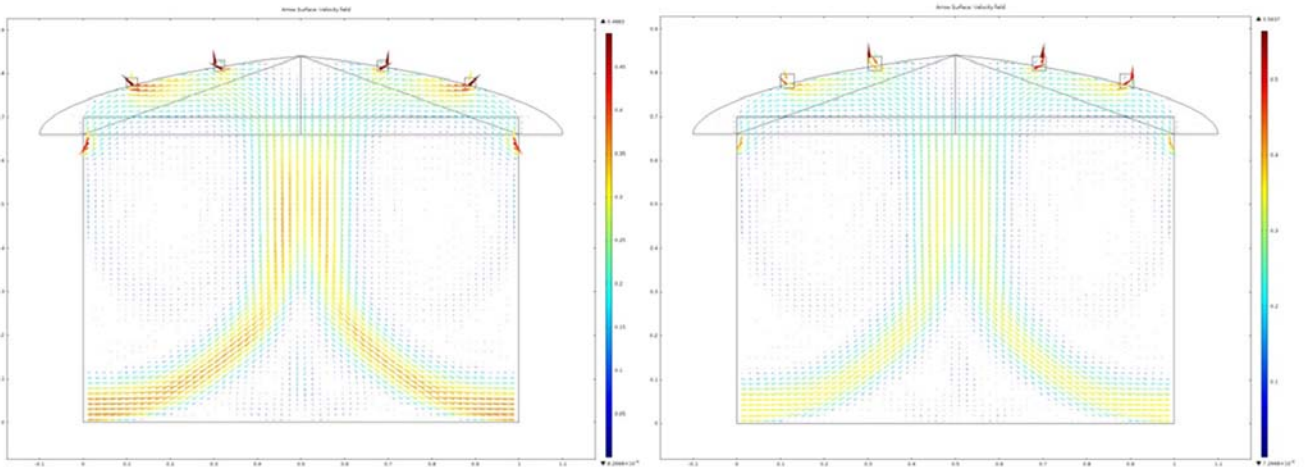
2.1 ผลกระทบอันเนื่องมาจากขนาดของช่องเปิดด้านบน

จากผลการจำลองทางพลศาสตร์ของไหลพบว่า เมื่อทำการเพิ่มขนาดของช่องเปิดบนหลังคา จาก 0.25 m เป็น 0.315 m จะส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงงานสูงขึ้น 0.03% ซึ่งแสดงในตารางที่ 2

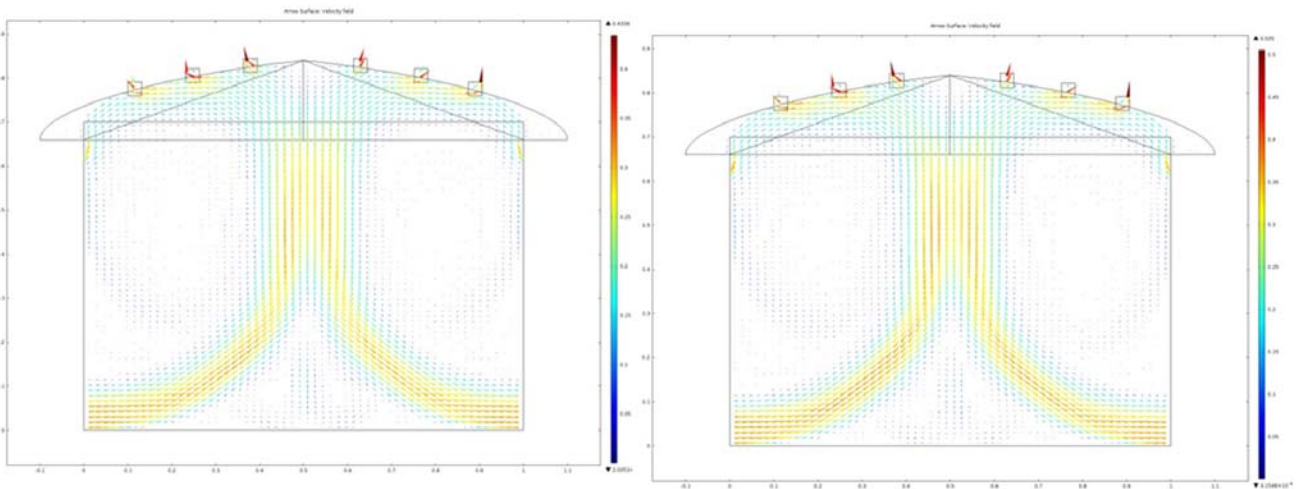
จากภาพที่ 4 จะเห็นว่าการไหลของอากาศในแบบจำลองที่มีช่องเปิดด้านบนขนาด 0.25 m อากาศภายในโรงงานจะไหลเร็วกว่าแบบจำลองที่มีช่องเปิดด้านบนขนาด 0.315 m เมื่ออากาศไหลเร็วกว่าส่งผลให้สามารถระบายความร้อนออกจากอาคารได้มากกว่า ดังนั้น แบบจำลองที่มีช่องเปิดด้านบน



ภาพที่ 3 แสดงการไหลของอากาศภายในโรงงานที่มีช่องเปิดบนหลังคา 4 ช่อง และ 6 ช่อง



ภาพที่ 4 แสดงการไหลของอากาศภายในโรงงานที่มีช่องเปิดด้านบน 4 ช่อง ขนาด 0.25m และ 0.315 m



ภาพที่ 5 แสดงการไหลของอากาศภายในโรงงานที่มีจำนวนช่องเปิดด้านบนเท่ากัน ช่องเปิดด้านข้างมีขนาด 0.25m และ 0.35m

ขนาด 0.25 m จึงมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าแบบจำลองที่ช่องเปิดด้านบนมีขนาด 0.315 m

2.2 ผลกระทบอันเนื่องมาจากขนาดของช่องเปิดด้านข้าง

จากผลการจำลองทางพลศาสตร์การไหลพบว่า เมื่อช่องเปิดด้านข้าง มีขนาดใหญ่ขึ้นจาก 0.25 m เป็น 0.35 m จะส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศภายในโรงงาน มีค่าลดลง 0.826% ซึ่งแสดงในตารางที่ 2

จากภาพที่ 5 จะเห็นว่า การไหลของอากาศในแบบจำลองที่ด้านข้างมีขนาด 0.25 m อากาศภายในโรงงาน จะไหลเร็วกว่าแบบจำลองที่ช่องเปิดด้านข้างมีขนาด 0.35 m เมื่ออากาศไหลเร็วกว่าส่งผลให้สามารถระบายความร้อนออกจากอาคารได้มากกว่า ดังนั้น แบบจำลองที่ช่องเปิดด้านข้างขนาด 0.25 m จึงมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า แบบจำลองที่ช่องเปิดด้านข้างมีขนาด 0.35 m

อภิปรายผล

การระบายอากาศและการลดอุณหภูมิภายในโรงงานที่เป็นโรงงานแบบเปิด (ไม่มีระบบปรับอากาศ) นั้นจากผลการจำลองทางพลศาสตร์การไหลจะเห็นว่า การที่เปิดช่องเปิดให้มีขนาดใหญ่ขึ้นไม่ได้ส่งผลดีเสมอไป (จากกรณีของการเพิ่มขนาดของช่องเปิดด้านบน) ส่วนการเพิ่มจำนวนช่องเปิดด้านบนและขนาดของช่องเปิดด้านข้างนั้น ส่งผลให้สามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงงานได้ นอกจากนี้ยังพบว่า กรณีที่มีช่องเปิด 6 ช่อง ที่ขนาด 0.25m และมีช่องเปิดด้านข้าง 0.35m นั้นสามารถระบายความร้อนออกจากโรงงานได้ดีที่สุด

ข้อเสนอแนะ

การระบายอากาศและการลดอุณหภูมิภายในโรงงานนั้น เป็นเรื่องที่ซับซ้อนและมีปัจจัยต่างที่ส่งผลกระทบต่อรูปแบบมากมาย ควรศึกษาถึงผลกระทบข้อดีข้อเสียต่างๆ ที่เหมาะสมตามความต้องการ และการศึกษาค้นคว้าว่า ควรที่จะต้องมี การศึกษาเพิ่มเติม ถึงขนาดของช่องเปิดเพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (สนพ.) ประจำปีงบประมาณ 2557 โครงการเรื่อง "การวิเคราะห์การระบายอากาศในโรงงาน ด้วยแบบจำลองคู่ควบ Analysis of Air Ventilation in Factory via Coupled Models"

เอกสารอ้างอิง

- Olsen, E. and Chen, Q. 2003. "Energy consumption and comfort analysis for different low energy cooling systems in a mild climate." *Energy & Buildings*, 35, 561-571.
- Straw, M.P., Baker, C.J. and Robertson, A.P. 2000. "Experimental measurements and computation of the wind induced ventilation of a cubic structure." *Journal of Wind Engineering and Industrial Dynamics*. 88, 213-230.
- Ramponi, R. and Blocken, B. 2012a. "CFD simulation of cross-ventilation for a generic isolated building: Impact of computational parameters." *Building and Environment*. 53: 34-48.
- Ramponi, R. and Blocken, B. 2012b. "CFD simulation of cross-ventilation flow for different isolated building configurations: Validation with wind tunnel measurements and analysis of physical and numerical diffusion effects." *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 104-106.



>> **ดร.รัฐ สุวรรณพุ่ม**

สำเร็จการศึกษา ปริญญาโท (วศ.ม.) สาขาเทคโนโลยีพลังงาน พ.ศ. 2557 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมเคมี พ.ศ. 2554 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปัจจุบัน ทำงานในตำแหน่ง Engineer ที่บริษัท Energy saving product



>> **รองศาสตราจารย์ ดร. รุ่งริต ธนะกิจเกษม**

สำเร็จการศึกษา ปริญญาเอก (Ph.D.) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2548 Northwestern University, USA ปริญญาโท (วศ.ม.) วิศวกรรมโรงงาน พ.ศ. 2543 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) วิศวกรรมโรงงาน พ.ศ. 2541 จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยี วัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



>> **รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฐฐ์ กาศยปนนันท์**

สำเร็จการศึกษา ปริญญาเอก (Ph.D.) สาขาเทคโนโลยีอุณหภาพ พ.ศ. 2546 ปริญญาโท (วศ.ม.) วิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2543 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) วิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2540 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยี พลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี