การใช้ UVGI ในระบบปรับอากาศ

ธวัชชัย เสถียรรัตนกุล

CAFS/ National Air Filtration Association

บริษัท 3วี เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด

H/P: 089-202-5525, tavatchai_s@3vesco.com

บทนำ

คุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นสิ่งสำคัญที่เราต้องพิจารณา เพราะว่ามากกว่า 90% คนเราใช้ชีวิตส่วนใหญ่อยู่ในอาคาร โดยทั่วไป กรองอากาศในเครื่องส่งลมเย็นตั้งแต่ 1,000 ลิตรต่อวินาที (2,119 CFM) ขึ้นไปตามมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ วสท 3003 ต้องมีแผ่นกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพอย่างน้อย MERV 7 (มาตรฐาน ASHRAE Standard 52.2) หรืออย่างน้อย 25-30% มาตรฐาน ASHRAE 52.1 dust spot efficiency หรือมีประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ISO16890 หรือมาตรฐานอื่นที่มีความน่าเชื่อถือเทียบเท่า ดูข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ http://www.eit.or.th อย่างไรก็ตาม ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน พื้นที่ใช้สอยต่างๆในอาคาร โรงงาน ในปัจจุบัน มีการใช้หลอดยูวี ในระบบปรับอากาศเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศ

Ultraviolet Light (UV Light) หรือ ยูวี เป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับระบบกรองอากาศ ใช้ในการกำจัดสารปนเปื้อนทางเคมีและ ทางชีววิทยา

Ultraviolet (UV) light เป็น การแผ่รังสีของคลื่นทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีช่วงความยาวคลื่นยาวกว่ารังสีเอ็กซ์เรย์ที่ใช้ในวงการแพทย์ ในช่วง 10 นาโนเมตร ถึง 400 นาโนเมตร มีการประยุกต์ใช้งานยูวีในหลายๆ อุตสาหกรรม เช่น

1. ใช้ในกระบวนการเคลือบ เพื่อป้องกันการปลอมแปลงเอกสารเช่น passport, VISA, ธนบัตร ฯลฯ

2. ใช้ฆ่าสิ่งปนเปื้อนเชื้อโรค ในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอาหาร

3. ใช้ในระบบฟอกอากาศเพื่อกำจัดกลิ่น และกำจัดเชื้อรา แบคทีเรีย ฯลฯ

4. ใช้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำดื่ม ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำดื่ม

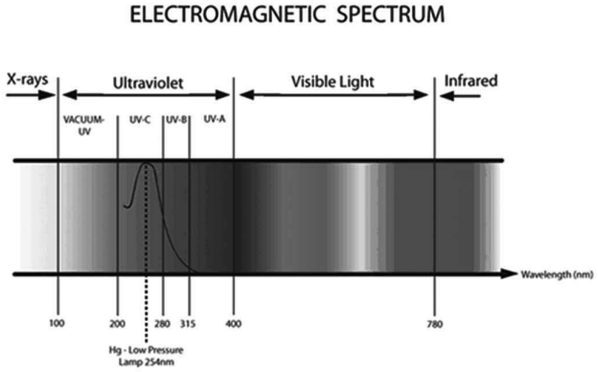
5. ใช้การตรวจสอบวัตถุโบราณ ผลงานด้านศิลปะที่มีมูลค่าสูง ตรวจสอบว่าเป็นของจริงหรือปลอม

6. ยังมีการประยุกต์ใช้ในอีกหลากหลาย เช่น การตรวจสอบโครงสร้างแร่หรืออัญมณี การ Sterilization, การตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นฉนวนทางไฟฟ้า เป็นต้น

ในบทความนี้ เราจะกล่าวถึงประสิทธิผลของการใช้รังสียูวีในการลดเชื้อราและแบคทีเรีย ในระบบปรับอากาศ ทั้งนี้ เพื่อคุณภาพอากาศที่ดีและการประหยัดพลังงานเนื่องจากเชื้อราที่สะสมในแผงคอยล์เย็นจะไปลดอัตราการถ่ายเทความร้อน

เนื้อหา

การเกิด และการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรีย มักเกิดขึ้นในสภาวะอุณหภูมิที่ต่ำและความชื้นที่สูง ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในคอยล์เย็นในระบบปรับอากาศ การใช้ยูวีมักใช้คู่กับแผ่นกรองอากาศ เนื่องจากยูวีไม่สามารถกรองฝุ่นได้ มี 2 ประเภทที่มักนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย คือ UVGI และ PCO (Photo Catalytic Oxidation) ในการฆ่าเชื้อโรคในอากาศ มักใช้ UV ประเภท UVC ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นช่วง 200-280 นาโนเมตร ดูรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความยาวคลื่นต่างๆของรังสี UV

การใช้ยูวีถูกใช้มาตั้งแต่ปี คศ. 1800 ใช้ในการกำจัดเชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส และยีสต์ โดย Neils Ryberg Finsen เป็นคนแรกที่คิดค้น UVGI (UV Germicidal Irradiation) ในก่อนปี คศ. 1900 ได้มีการนำมาใช้ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ และมีการคิดค้นหลอดยูวีในปี คศ.1930

รังสี ยูวีแบ่งเป็นหลายความยาวคลื่น UVA หรือที่เรียกว่า รังสีดำ (Black light) UVB ใช้ในเครื่องอาบผิวหนังในให้เป็นสีแทน UVC ซึ่งความยาวคลื่นที่ 265 นาโนเมตร ความยาวคลื่นของรังสี UV ในช่วง 100-240 นาโนเมตรจะก่อให้เกิดโอโซนที่ 185 นาโนเมตรจะเกิดโอโซนมากที่สุด ซึ่งไม่ได้หมายความว่าหลอดยูวีทุกชนิดจะผลิตโอโซน

ในปีคศ. 1950 มีการใช้หลอดยูวีในโรงพยาบาล ซึ่งประสบความสำเร็จในการควบคุมวัณโรค โดยการติดตั้งในระบบท่อลมจ่ายในระบบระบายอากาศ ในช่วงแรกหลอดยูวีและบัลลาสต์ไม่สามารถใช้ได้ในอุณหภูมิต่ำ แต่ปัจจุบันสามารถใช้ได้ดีในระบบปรับอากาศโดยติดตั้งหลังคอยล์เย็น

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิผลของยูวี คือ ปริมาณของแสงหรือรังสียูวี ระยะห่างของแสงยูวี เวลาที่ใช้ หรือความเร็วลมที่ใช้ อุณหภูมิอากาศ และความสะท้อนแสงของพื้นผิวสัมผัส โดยทั่วไปจะใช้ได้ดีที่ความเร็วลมต่ำๆ เพิ่มเวลาในการสัมผัสของแสงยูวีและพื้นที่ผิวสัมผัสคอยล์ และชนิดของหลอดยูวี ยังได้มีการนำระบบคอมพิวเตอร์ซอฟแวร์มาใช้เพื่อใช้คำนวณเพื่อทำนายอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อโรคหลายๆ ชนิด ดูรูปที่ 2

การนำ UV มาใช้ในการสร้าง Photo Catalytic Oxidation หรือ PCO หรือเรียกว่า โฟโตคาตาลิสต์ (photocatalyst) เป็นคำที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ “โฟโต” (photo) ที่ใช้นำหน้าคำที่แสงมาเกี่ยวข้องด้วย และ “คาตาลิสต์” (catalyst) ที่เป็นกระบวนการที่อนุภาคของสารมีส่วนร่วมในการทำให้เกิดอัตราการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยที่ตัวเองไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อสิ้นสุด

Microorganism	Type	UV Dose (mJ/cm²) per Log Reduction of:						
		1	2	3	4	5	6	7
Aeromonas hydrophila ATCC7966	Bacteria	1.1	2.6	3.9	5	6.7	8.6	
Campylobacter jejuni ATCC 43429	Bacteria	1.6	3.4	4	4.6	5.9		
Escherichia coli ATCC 11229	Bacteria	2.5	3	3.5	5	10	15	
Legionella pneumophila ATCC 43660	Bacteria	3.1	5	6.9	9.4			
Salmonella anatum (from human feces)	Bacteria	7.5	12	15				
Shigella sonnei ATCC9290	Bacteria	3.2	4.9	6.5	8.2			
Staphylococcus aureus ATCC25923	Bacteria	3.9	5.4	6.5	10.4			
Streptococcus faecalis ATCC29212	Bacteria	6.6	8.8	9.9	11.2			
Bacillus subtilis spores ATCC 6633	Spores	29	40	51				
B40-8 Phage	Phage	12	18	23	28			
Adenovirus 41 ATCC TAK	Virus	22.4	49.5	80.2				
Coxsackievirus B5	Virus	6.9	13.7	20.6				
Reovirus-3	Virus	11.2	22.4					
Rotavirus SA-11	Virus	7.6	15.3	23				

รูปที่ 2 ปริมาณแสงที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อโรคชนิดต่างๆ

กระบวนการและเรียกสารที่เพิ่ม อัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยการลดพลังงานกระตุ้น (the activation energy) ว่าสารเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (photocatalyst) การเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงคือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการ ใช้แสงไปกระตุ้นสสารที่เปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยที่ไม่เกี่ยวข้องกับตัวมันเอง เราสามารถใช้แสงยูวีที่มีความยาวคลื่นต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการสร้าง PCO เช่น UV-A range 400 to 315 nm, UV-C range 280 to 200 nm หรือแสงความยาวคลื่นสั้นที่ก่อให้เกิดโอโซน <200 nm.เป็นต้น ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO2) เป็นสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ประเภท N-type ที่นิยมนำมาใช้กับ PCO ซึ่งมีคุณสมบัติฆ่าเชื้อโรคในรูปอนุภาคนาโนโดยกระบวนการใช้แสงอัลตราไวโอเลต (แสงยูวี) ฉายลงไปยังไททาเนียมไดออกไซด์จะเกิดปฏิกิริยาโฟโตคาตาลิติก (photocatalytic) ที่สามารถใช้กำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำหรืออากาศที่สัมผัสกับพื้นผิวของไททาเนียมไดออกไซด์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (photocatalyst) ได้ ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเข้มข้นของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์อุณหภูมิปริมาณออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen) ระยะเวลาคงอยู่ (residence time) และความเข้มของแสง (light Intensity)

เทคโนโลยี PCO มีใช้กันมากกว่า 30 ปี ในปี 1930 ในงานอุตสาหกรรมสี ซึ่งใช้แยกสารละลายอินทรีย์ (Organic Solvents) ในปี 1960 ได้นำมาใช้ในและการแยกอะตอมของน้ำให้ได้ไฮโดรเจนและอ็อกซิเจน และในปี1980 ที่ผ่านมามีการนำ PCO ในการกำจัดแก๊สเอธิลีน เพื่อรักษาความสด สะอาดของผัก ผลไม้ และใช้ในการกำจัดกลิ่น สารระเหยในกระแสอากาศ เพื่อคุณภาพอากาศที่ดีในอาคาร

ส่วนประกอบโดยทั่วไป ของระบบ PCO ประกอบไปด้วย

หลอด UV มักจะใช้หลอดประเภทความดันไอปรอทต่ำ ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร และ 365 นาโนเมตร

บัลลาสก์ ปัจจุบันมักใช้แบบบัลลาสก์อิเล็คโทรนิกส์

แผ่นสะท้อนแสง ใช้เพื่อกระจายแสงเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ PCO

หน้าต่างหรือ พอร์ต (View Ports and Windows) มักใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงต่ำ หรือไม่สะท้อนแสง เช่น กระจกหรือพลาสติก เพื่อใช้ตรวจสอบจากด้านนอก

แคตตาลิสต์ (Catalyst) วัสดุซึ่งใช้ในการรับแสงเพื่อให้เกิดปฏิกริยา Photocatalytic ซึ่งมีการใช้หลายวัสดุ เช่น ตะแกรงโลหะหรือแผ่นโลหะ, ไททาเนียมไดอ็อกไซด์ โดยทั่วไปจะมีอายุการใช้งาน ประมาณ 2 ปี โดยทั่วไปมักจะใช้ Pre Filters MERV 13 เพื่อป้องกัน

ฝุ่นที่จะไปเกาะผิวแคตตาลิสต์ที่จะลดประสิทธิภาพของ PCO

ระบบความปลอดภัย เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษ เพื่อป้องกันอันตรายต่อผู้ใช้งานและช่างบำรุงรักษา โดยทั่วไปมักติดป้ายเตือนและติดตั้งระบบ Safety Switch ที่ประตูบริการ

อะไรคือระบบ UVGI

"UVGI" ย่อมาจาก Ultraviolet Germicidal Irradiation หมายถึงระบบการใช้แสงยูวีที่มีความเข้มข้นสูงพิเศษ (Germicidal Range) เพื่อฆ่าและทำลายเชื้อโรคต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Virus Bacteria Fungi และ Yeast & Mold ที่อยู่บนพื้นผิวและในอากาศ หากเชื้อโรคต่างๆได้รับปริมาณแสงยูวีที่ช่วงความยาวคลื่นของแสง UVC และระยะเวลาที่เพียงพอ (Dosing) แสงยูวีนี้สามารถทะลุทะลวงเข้าในระบบสืบพันธุ์ (DNA) และทำให้เชื้อโรคเหล่านั้นตายในที่สุดได้

หากระบบ UVGI ได้รับการคำนวณออกแบบอย่างถูกต้องและเหมาะสม แสงเหล่านี้จะช่วยลดปริมาณเชื้อโรคในอากาศ (Microbial Content) ป้องกันการเกิดโรคติดต่อทางระบบหายใจ (Respiratory Airborne Diseases) อาทิเช่น ไข้หวัด2009 (H1N1) ไข้หวัดนก (H5N1) วัณโรค (Tuberculosis) แม้กระทั่ง Anthrax และอาการภูมิแพ้ หอบหืดจากสารจำพวก Allergens รวมทั้งยกระดับคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality) ได้ด้วยการลงทุนไม่มากนัก

แสงยูวีจัดอยู่ในช่วงแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Invisible Light Wavelength) ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นกว่าช่วงที่แสงที่มองเห็นได้ (Visible Light Wavelength) แต่ยาวกว่ารังสี X-Rays คุณสมบัติพิเศษของแสงยูวีคือมีพลังงานสูงเป็นพิเศษทำให้มีความสามารถในการส่องทะลุผ่านผิววัตถุได้ง่ายกว่าแสงที่เห็นทั่วๆไป

แสงยูวีสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทตามช่วงความยาวคลื่น ได้แก่ UVA (320-400 nm) UVB (280-320 nm) และ UVC (200-280 nm) โดยแสงยูวีประเภท UVC จะมีความยาวคลื่นน้อยสุดส่งผลให้มีพลังงานสูงสุดในกลุ่มตามไปด้วย

แสงยูวีประเภท UVA; มีความยาวคลื่นมาก มักรู้จักกันในนาม "Black Light" ถูกใช้ในการทำ Skin Tanning และการรักษาโรคที่เกี่ยวกับความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับผิวหนัง

แสงยูวีประเภท UVB; มีความยาวคลื่นระดับกลาง สามารถส่งผลอันตรายต่อผิวหนังและตาได้ โดยมากจะดูดซับไว้โดยชั้นโอโซนของโลก

แสงยูวีประเภท UVC; มีความยาวคลื่นสั้นที่สุด มักถูกนำไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการฆ่าเชื้อโรคในอากาศ พื้นผิวและน้ำ ระดับความยาวคลื่นที่ 253.7 nm จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อมีมากที่สุด อย่างไรก็ตามแสงยูวีประเภทนี้มีอันตรายต่อผิวหนังและตามากที่สุดในกลุ่มสภาพมลภาวะทางอากาศในปัจจุบันและการใช้ระบบ UVGI

ปัจจุบันมลพิษทางอากาศกำลังเป็นปัญหาใหญ่ จำนวนเชื้อโรคที่อยู่ในอากาศมีมากมายไม่ว่าจะเป็น Virus Bacteria Fungi Yeast & Mold โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อที่สามารถติดต่อกันได้ทางระบบหายใจ (Respiratory Airborne Diseases) เช่น ไข้หวัด2009 (H1N1) ไข้หวัดนก (H5N1) SARS และเชื้อวัณโรค (Tuberculosis) เป็นต้น รวมทั้งปัญหาเรื่องภูมิแพ้ หอบหืด อันเกิดมาจากสภาพอากาศภายในอาคารบ้านเรือน (Indoor Air Pollution)

การออกแบบอาคาร บ้านเรือนให้เป็นระบบปิด (Closed System) เพื่อรักษาพลังงาน ไม่ว่าจะเป็นความร้อนหรือความเย็นจากระบบปรับอากาศ ไม่ให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย เป็นอีกหนึ่งปัจจัยหลักทำให้เชื้อโรคเหล่านี้ถูกเก็บสะสมอยู่ภายในอาคาร ก่อให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บต่างๆในระยะยาวโดยไม่รู้ตัว (Sick Building Syndrome; SBS)

ปัญหาเหล่านี้ครอบคลุมหมด ไม่ว่าจะเป็นบ้านเรือนที่อยู่อาศัย (Residential Building) จนไปถึงอาคารพาณิชย์ (Commercial Building) ทุกๆที่ โดยเฉพาะ โรงพยาบาลโรงแรม โรงภาพยนตร์ ห้างสรรพสินค้า รวมทั้งโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและยา ที่ให้ความสำคัญของปริมาณเชื้อโรคในอากาศเป็นพิเศษ (Microbial Content) นอกจากสภาพพื้นที่ปิด (Closed System) ที่ส่งผลให้ระบบการถ่ายเทอากาศ (Ventilation) ไม่ดีเท่าภายนอกแล้ว ระบบปรับอากาศภายในอาคารก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยหลักโดยสามารถเปรียบเครื่องปรับอากาศเหล่านี้ได้เหมือนกับตู้ฟักเชื้อโรค (Incubator) เนื่องจากภายใน Cooling Coil และ Air Duct มักจะมีระดับความชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโรค เมื่อเชื้อโรคถูกดูดเข้ามาพร้อมอากาศจากภายนอก เพิ่มปริมาณภายในระบบปรับอากาศ ถึงระยะเวลาที่เหมาะสมมันก็จะออกมากับอากาศสร้างปัญหาให้กับผู้อยู่อาศัย ประสิทธิภาพของ UVGI สามารถลดการติดเชื้อได้ โดยสามารถคำนวณอัตราการฆ่าเชื้อโรค จากปริมาณที่ dose, เวลาสัมผัส และ ความรุนแรงความเป็นพิษของเชื้อโรคชนิดนั้นๆ

Microorganism Kill Effectiveness

= UV Dose × Time / Virulence

ASHRAE 2016 Handbook แนะนำความเข้มข้นของรังสี UV สำหรับใช้ในระบบปรับอากาศ 50 to 100 microwatt/cm2

แต่อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของ UV ก็ขึ้นอยู่กับการติดตั้งหลอดยูวีที่ถูกต้อง ลักษณะใช้งานฆ่าเชื้อโรคด้วยหลอดรังสีเหนือม่วง การฆ่าเชื้อโรคในอากาศ (Air Disinfection) ทำได้ 4 วิธีคือ

1. ติดตั้งหลอด UV ไว้ที่คอยล์เย็นของระบบปรับอากาศ ลดการสะสมของเชื้อโรค และฝุ่นบนผิวคอยล์เย็น

2. ติดหลอดUV ไว้บนเพดาน (Ceiling-mounted UV Lamp) รังสีกระจายทั่วไป ใช้ในเวลาปลอดคน

3. ฉายรังสีสู่อากาศด้านบนของห้อง (Upper-Air Irradiation) โดยใช้โคมหันขึ้น ไม่ส่องลงมาสู่ตาคน

4. ฉายรังสีใส่อากาศที่พื้นห้อง (Floor-Zone Irradiation) ด้วยโคมชนิดหันลง เพื่อฉายรังสีใส่อากาศที่พื้น

5. ในท่ออากาศหรือท่อลม (Air-Ducts) เหมาะสำหรับสถานที่มีระบบปรับอากาศ(Air Conditioning System)

ประโยชน์ของการใช้หลอดยูวี

1. ใช้ฆ่าเชื้อโรคในอากาศ เพื่อลดการติดเชื้อทางอากาศ เหมาะสำหรับ โรงพยาบาล โรงงานอาหาร โรงงานผลิตยา โรงภาพยนตร์ ศูนย์แสดงสินค้า อาคารสำนักงานทั่วไป ฯลฯ

2. เพื่อทำให้ประหยัดพลังงาน โดยการลดการสะสมของฝุ่นในคอยล์เย็นเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน ลดค่าใช้จ่ายในการล้างคอยล์

การติดตั้งระบบยูวี สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน ดังได้กล่าวข้างต้น เราสามารถแบ่งการประยุกต์ใช้งานระบบยูวี ได้สองประเภทคือ

แบบ Static Application และ Dynamic Application ซึ่งจะอธิบายสั้นๆ ดังนี้

1. แบบ Static Application คือการใช้ระบบยูวีเมื่อ Target ฝุ่นหรือเชื้อโรคอยู่กับที่ เช่นการติดตั้งยูวีก่อนหรือหลังคอยล์เย็น และถาดน้ำทิ้ง ซึ่งมีพื้นผิวอยู่กับที่ เพื่อลดการสะสมฝุ่นบนคอยล์เย็นและฆ่าเชื้อโรค ซึ่งโดยทั่วไปความเข้มของหลอดยูวีไม่มากเท่าแบบ Dynamic Application

ปัจจัยการเลือกใช้ขึ้นอยู่กับ ความกว้าง ยาว ลึกของคอยล์, ตำแหน่งการติดตั้งหลอดกับพื้นผิวที่ยูวีตกกระทบ, ความเข้มและชนิดของหลอดยูวี ปริมาณลมหรือความเร็วลมที่เหมาะสมประมาณ 2 เมตรต่อ

วินาทีและระยะเวลาคงอยู่ ทั้งนี้ หลังจากติดตั้งควรตรวจวัดความเข้มของแสงหรือรังสียูวีที่ตกกระทบตาม ASHRAE Guideline ดูรูปที่ 7 รูปการติดตั้ง UV ที่หน้าคอยล์ แบบ Static Application และแผ่นสะท้อนแสง

2. แบบ Dynamic Application คือการใช้ระบบยูวี เมื่อ Target ฝุ่นหรือเชื้อโรค เคลื่อนที่มากับกระแสอากาศ ควรคำนึงถึงระยะเวลาคงอยู่ (residence time) ในการเลือก เช่น การติดตั้งหลอดยูวีในท่อลมจ่ายหรือท่อลมกลับ ปัจจัยในการเลือกใช้จะค่อนข้างยุ่งยากกว่าแบบ Static Application ขึ้นอยู่กับ

- ความกว้าง สูง และความยาวของท่อลม
- ความเร็วลม
- อุณหภูมิของอากาศ
- อิทธิพลของอุณหภูมิของหลอดยูวีและความเร็วลม
- ความสกปรกของผิวหลอดยูวี จะลดประสิทธิภาพของหลอดยูวี
- ความคงทนของเชื้อโรค (K-Sensitivity Value)
- ประสิทธิภาพที่เราต้องการฆ่าเชื้อโรค
- อายุของหลอด
- ชนิดของไฟที่จ่ายให้หลอดยูวี
- ความสะท้อนแสงของผิววัสดุท่อลม
- ตำแหน่งของหลอดที่ติดตั้งกับแนวท่อลม
- ความชื้นในอากาศไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของยูวี แต่จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโรค โดยเฉพาะความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 70% ASHRAE แนะนำให้ติดตั้งระบบยูวีที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ากว่า 60% เพื่อคุณภาพอากาศที่ดี แต่กรณีติดตั้งท่อลมที่พบมักจะมีความชื้นสูงๆ มากกว่า 60% ดังนั้นในการเลือกควรติดตั้งระบบยูวีที่มีความเข้ม หรือมีจำนวนหลอดมากขึ้นเพื่อชดเชย อัตราการเติบโตของเชื้อโรค การติดตั้งสามารถติดตั้งได้หลายๆรูปแบบเช่น
- แบบตั้งฉากกับกระแสอากาศ
- แบบขนานกับกระแสอากาศติดตั้งจากด้านในฉายสู่ด้านนอก
- แบบขนานกับกระแสอากาศติดตั้งจากด้านนอกฉายสู่ด้านใน

ดูรูปที่ 8 รูปการติดตั้งที่คอยล์เพื่อใช้ทั้งแบบ Static และ Dynamic Application โดยไม่มีแผ่นสะท้อนแสง เพื่อฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวคอยล์และกระแสอากาศ

การติดตั้งทั้งสองแบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อกระจายแสงยูวีบนพื้นผิววัสดุหรือกระแสอากาศ เพื่อยับยั้งสิ่งปนเปื้อนประเภทเชื้อโรคต่างๆ ลดการติดเชื้อในอากาศและลดการสะสมบนคอยล์เย็น อย่างไรก็ตาม โปรดอย่าลืมเรื่องความปลอดภัยในการใช้งาน การบำรุงรักษา ควรติดตั้งระบบป้องกัน เช่น Limit/Safety Switch ที่ประตูบริการ และควรติดป้ายเตือนดังข้างล่างนี้

รูปที่ 3 ป้ายเตือนความปลอดภัย

ส่วนประกอบของระบบยูวี

หลอดยูวี ปัจจุบันมีหลากหลายแบบ หลายขนาดทั้งความยาวและขนาดหลอด โดยส่วนใหญ่จะเป็นแบบหลอดไอปรอทความดันต่ำ (Low Pressure Mercury Vapors Lamps) มีความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร อายุการใช้งาน อยู่ระหว่าง 9,000 ถึง 17,000 ชั่วโมง การตั้งเวลาเปิดๆ ปิดๆ หลอด มักจะทำให้อายุการใช้งานหลอดสั้นลง เมื่อเทียบกับเปิดตลอด 24 ชั่วโมง ตามที่ผู้ผลิตแนะนำ อายุการใช้งานอยู่ระหว่าง 1-2 ปี

บัลลาสก์ มี 2 แบบ แบบแม่เหล็กและแบบอิเล็คโทรนิกส์

แบบแม่เหล็ก เป็นแบบยุคต้นๆ มีความคงทนแข็งแรง มีพาวเวอร์แฟคเตอร์ต่ำ หมายถึงประสิทธิภาพต่ำ ต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้

แบบอิเล็คโทรนิกส์ ปัจจุบันนิยมใช้เนื่องจากมีพาวเวอร์แฟคเตอร์สูง ประสิทธิภาพสูง น้ำหนักเบา

แผ่นสะท้อนแสง (Reflector) มักใช้แผ่นอะลูมิเนียม ซึ่งมีผิวมันเงา สะท้อนแสงได้ดี ค่าการสะท้อนแสง มากกว่า 88% ในบางการใช้งานที่อากาศมีสภาวะกัดกร่อนสูง มักใช้แผ่นสเตนเลส ค่ากระท้อนแสงอยู่ในช่วง 20-30%

ลิมิตสวิตซ์ (Limit Switch หรือ Safety Switches) ทั้งระบบ UV และ PCO จะต้องติดตั้งเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน

หน้าต่างหรือ พอร์ตสำหรับตรวจสอบ (View Ports and Windows) ควรติดตั้งช่องกระจกหรือพลาสติก เพื่อใช้ตรวจสอบ

อุปกรณ์ความปลอดภัยของผู้ใช้งาน (Personal Safety) เช่นแว่นตา ถุงมือ เพื่อหลีกเลี่ยงการสัมผัสลำแสงโดยตรง

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์เสริม UV Radiometer เพื่อวัดความเข้มแสง (microwatt/cm2) และ BMS (Building Management System) เพื่อดูสถานะการทำงานของระบบยูวี

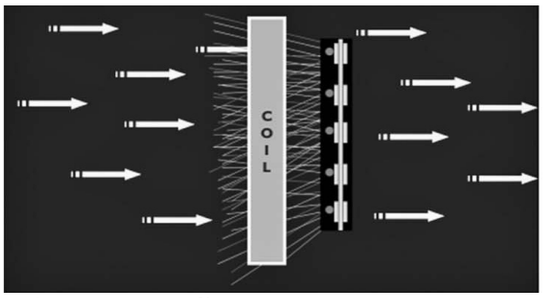
การเลือกอุปกรณ์ UV ให้เหมาะสมกับระบบปรับอากาศและความต้องการของผู้ใช้ โดยทั่วไปควรใช้ Pre filter ก่อนระบบยูวีอย่างน้อย MERV 8 ขึ้นไป

รูปที่ 4 รูปการติดตังระบบยูวีแนวตั้ง

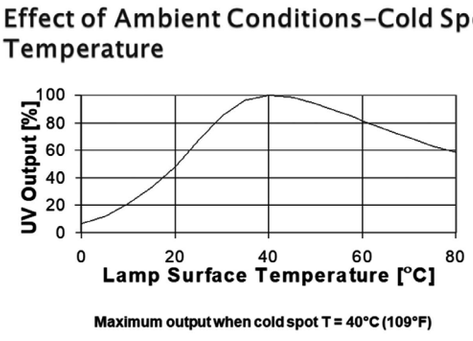
URV	Average intensity, μW/cm²	Exposure time, s						
		0.1	0.2	0.25	0.35	0.5	0.75	1
		Kill rate of TB bacilli, %						
8	125	3	5	6	9	12	18	23
9	250	5	10	12	17	23	33	41
10	500	10	19	23	31	41	55	66
11	1000	19	35	41	53	66	80	88
12	1500	27	47	55	67	80	91	96
13	2000	35	57	66	78	88	96	99
14	3000	47	72	80	89	96	99	100
15	4000	57	82	88	95	99	100	100

รูปที่ 5 ตารางแสดงอัตราการฆ่าเชื้อโรคต่อความเข้มของแสงยูวี (UVR หรือ UVGI Rating Value)

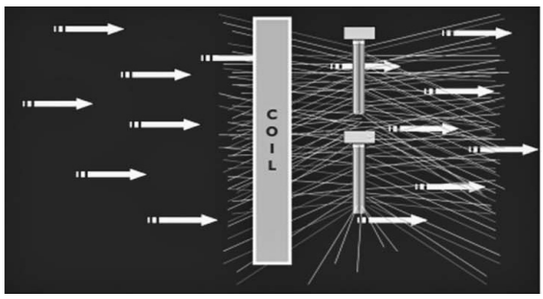
รูปที่ 6 รูปการติดตังระบบยูวีในแนวนอน



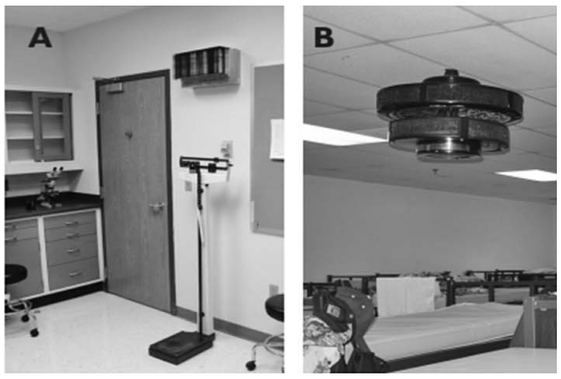
รูปที่ 7 รูปการติดตั้ง UV ที่หน้าคอยล์ แบบ Static Application และแผ่นสะท้อนแสง



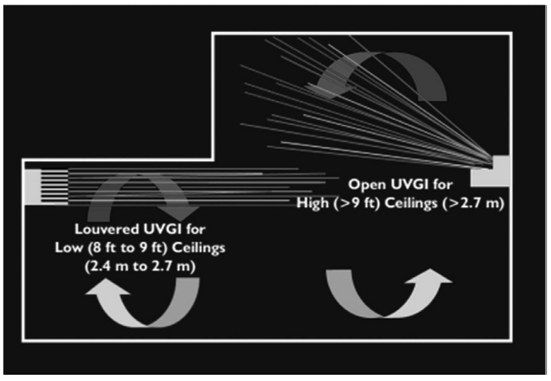
รูปที่ 8 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของหลอดยูวี



รูปที่ 9 รูปการติดตั้งที่คอยล์เพื่อใช้ทั้งแบบ Static และ Dynamic Application โดยไม่มีแผ่นสะท้อนแสง เพื่อฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวคอยล์และกระแสอากาศ



รูปที่ 10 รูปการติดตั้ง UV บนผนังและบนเพดานในโรงพยาบาลและที่บ้านพักอาศัย



รูปที่ 11 รูปการติดตั้ง UV บนผนังที่มีระดับความสูงของพื้นกับเพดานที่ระยะ 2.4 ถึง 2.7 เมตรและความสูงมากกว่า 2.7 เมตร สังเกตุแนวลำแสงที่ยูวีฉายในระดับที่พ้นสายตา พ้นระดับที่สัมผัสกับผู้ใช้งาน

อีก 2 เรื่องที่น่าสนใจคือการคำนวณหาค่าพลังงานที่ประหยัดได้ก่อนและหลังการติดตั้งระบบยูวี เราสามารถคำนวณได้จากประสิทธิภาพพลังงานที่ประหยัดได้จากการลดความเร็วรอบพัดลม และการใช้ Software Mathematic Modeling เพื่อหาตำแหน่งติดตั้งระบบยูวีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ดูรูปที่ 12 ท่านสามารถหาอ่าน ศึกษาเพิ่มเติมได้จากกรณีศึกษาต่างๆ ของผู้ผลิตยูวีต่างๆ สุดท้ายขอกล่าวถึงประวัติการใช้งานของระบบยูวีในอดีตถึงปัจจุบัน

ประวัติการใช้งานระบบ UVGI

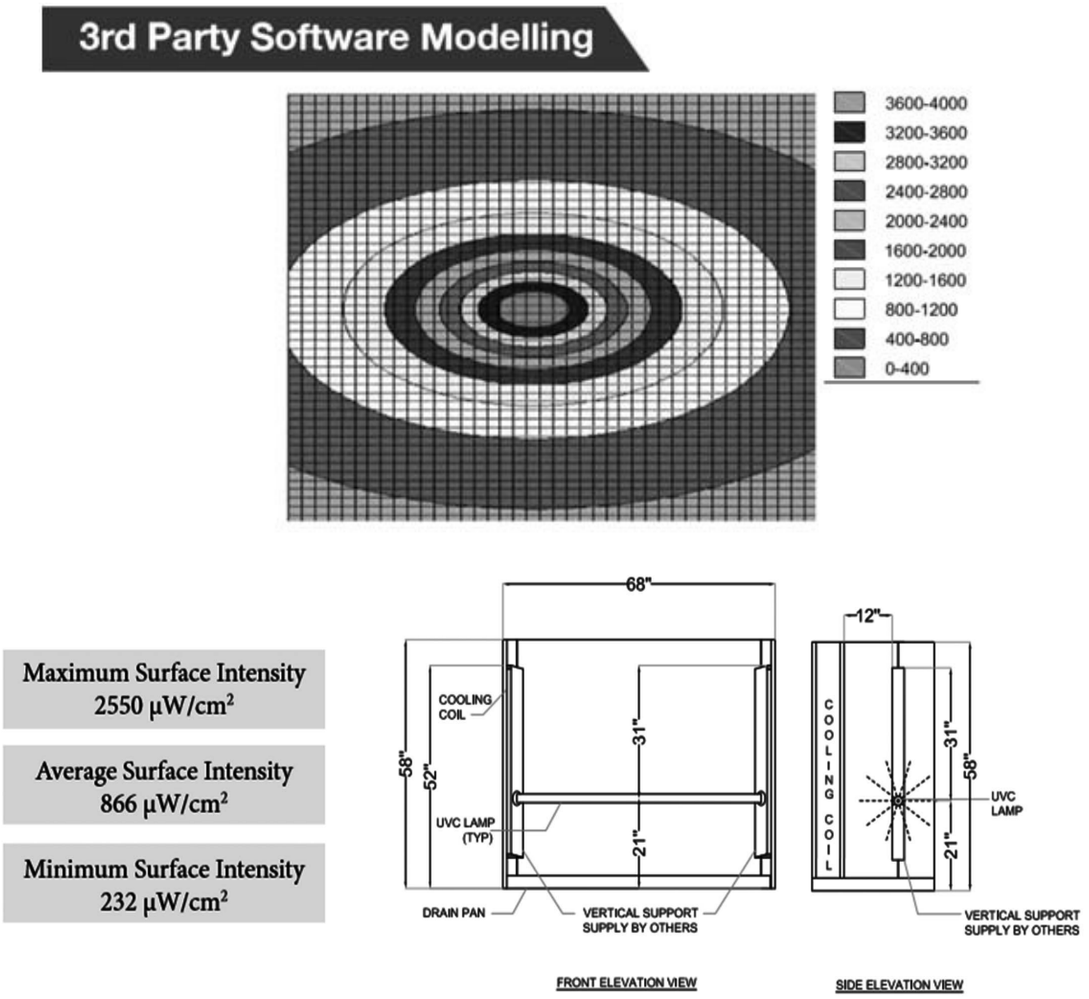
การริเริ่มนำพลังงานจากแสงอัลตร้าไวโอเล็ทมาใช้ในทำลาย กำจัดเชื้อโรคนั้นมีมานานแล้ว โดยเริ่มจากการนำไปใช้กำจัดเชื้อในน้ำก่อน แล้วจึงพัฒนามาใช้กับอากาศในภายหลัง ปัจจุบันหน่วยงานต่างๆได้ออกมารองรับในประสิทธิการกำจัดเชื้อโรคด้วยระบบ UVGI นี้ อาทิเช่น CDC (Centers for Disease Control and Prevention) กับการแนะนำให้ใช้ในโรงพยาบาล ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) กับการแนะนำให้ใช้ในระบบปรับอากาศในอาคาร รวมทั้ง WHO (World Health Organization) ที่แนะนำให้ใช้ระบบ UVGI เพื่อควบคุมการแพร่กระจายของวัณโรค (Tuberculosis)

Year	Event	Reference
1892	พบว่าส่วนของแสงยูวีในแสงแดด มีคุณสมบัติในการกำจัดเชื้อโรค	Ward (1892)
1904	หลอดประเภท Quartz Lamp ถูกพัฒนาครั้งแรกเพื่อสังเคราะห์แสงยูวี	Lorch (1987)
1906	แสงยูวีอยู่นำไปใช้กำจัดเชื้อโรคในน้ำเป็นครั้งแรก (Water Disinfection)	Recklinghausen (1914)
1909	ประเทศในยุโรปเริ่มประยุกต์ใช้แสงยูวีในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ	AWWA (1971)
1916	ประเทศสหรัฐอเมริกาเริ่มประยุกต์ใช้แสงยูวีในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ	AWWA (1971)
1932	แสงยูวี ที่ระดับ 253.7 nm ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคถูกสังเคราะห์ได้ครั้งแรก	Ehrismann (1932)
1936	ระบบ UV ที่ติดเหนือหัว (Upper Air UV) ถูกนำมาใช้ในโรงพยาบาลเป็นครั้งแรก	Wells and Wells (1936)
1937	ระบบ UV ที่ติดเหนือหัว (Upper Air UV) ถูกนำมาใช้ในโรงเรียนเป็นครั้งแรก	Wells (1938)
1954	ระบบ UV ถูกนำมาใช้ร่วมกับระบบปรับอากาศ	MRC (1954)
1994	CDC ยอมรับและแนะนำการใช้ระบบ UVGI เพื่อกำจัดวัณโรค (TB)	CDC (2005)
1999	WHO ยอมรับและแนะนำการใช้ระบบ UVGI เพื่อกำจัดวัณโรค (TB)	WHO (1999)
2003	CDC แนะนำระบบ UVGI สำหรับโรงพยาบาลอย่างเป็นทางการ	CDC (2003)
2003	ASHRAE แต่งตั้งหน่วยงานเพื่อรองรับระบบ UVGI สำหรับการกำจัดเชื้อโรคในอากาศและพื้นผิวโดยเฉพาะ	Martin et al. (2008)
2005	รัฐบาลของประเทศสหรัฐอเมริการะบุให้ใช้ระบบ UVGI ในการกำจัดเชื้อโรคที่ระบบปรับอากาศ (Cooling Coil Disinfection)	GSA (2003)

ท้ายที่สุด ผมในฐานะผู้แปลและรวบรวมบทความเรื่องนี้ ต้องขอขอบพระคุณแหล่งที่มาอ้างอิงตามด้านล่างนี้ วัตถุประสงค์หลักผมต้องการเผยแพร่ความรู้ในเรื่องระบบยูวี การนำระบบยูวีไปใช้งานเพื่อให้เป็นประโยชน์ในวงการปรับอากาศต่อไป

แหล่งที่มาอ้างอิง (Reference)

1. Chapter 14, NAFA Guide to Air Filtration Fourth Edition, 2007
2. Chapter 13, IOM NAFA, Fourth Edition 2012
3. Daniel Jones, UV Resources, USA, How Ultraviolet-C Energy Improves HVAC/R Efficiency,
4. 2015 ASHRAE Handbook-HVAC Applications -HVAC Systems and Equipment. ASHRAE. Chapter 60: “Ultraviolet Air and Surface Treatment.”
5. ASHRAE Position Document on Filtration and Air Cleaning, 2.4 Air Cleaners Using Ultraviolet Germicidal Energy (UV-C) January 29, 2015
6. William P. Bahnfleth, PhD, PE, FASHRAE The Pennsylvania State University, Fundamentals of Ultraviolet Germicidal Irradiation for Air and Surface Disinfection
7. Stephen B. Martin Jr., Chuck Dunn, ASHRAE Member; James D. Freihaut, Member ASHRAE; William P. Bahnfleth, Fellow ASHRAE; Josephine Lau, Student Member ASHRAE; and Ana Nedeljkovic-Davidovic, Student Member ASHRAE, Ultraviolet germicidal irradiation Current Best Practices
8. Kowalski, W.J. 2009 Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook: UVGI for Air and Surface Disinfection. New York: Springer.
9. Immune Building Systems Technology, Wladyslaw Jan Kowalski, P.E., Ph.D., Department of Architectural Engineering The Pennsylvania State University



รูปที่ 12 การใช้ Software mathematical modeling ในการจำลองความเข้มของลำแสงที่ตกกระทบในตำแหน่งและระยะต่างเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งระบบยูวี สำหรับคอยล์เย็นขนาด 68” x 52”, 24.5 ตารางฟุตกับหลอดยูวีขนาด 61” ตาม ASHRAE Guideline 50-100 microwatt/cm2, โดยใช้ 3rd party mathematical modeling by Prof Wally Kowalski of Penn State University and author of UVGI Handbook, Courtesy by UV Resources