

ĐÁNH GIÁ HOẠT ĐỘNG CỦA CÁC MÁY LÀM SẠCH KHÔNG KHÍ THEO PHƯƠNG PHÁP ION HÓA

Hà Xuân Giáp¹, Lê Việt Anh¹

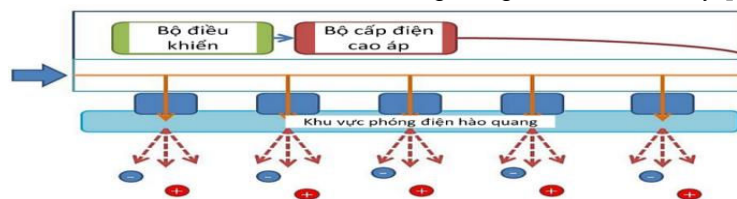
TÓM TẮT

Các máy ion hóa không khí có xu hướng được sử dụng ngày càng nhiều vì có thể loại bỏ các khí độc hại và hấp thụ các hạt lơ lửng trong không khí, đặc biệt là các loại vi khuẩn và vi rút. Báo cáo này nghiên cứu bản chất và nguyên lý hoạt động của một số loại máy ion hóa không khí và thảo luận về ứng dụng của chúng trong môi trường trong nhà và bảo vệ sự phơi nhiễm của con người. Thử nghiệm phát thải ôzôn, tốc độ loại bỏ hạt và tốc độ phân phối không khí sạch được sử dụng để phân tích hiệu quả của bốn thiết bị ion hóa không khí đã chọn. Kết quả cho thấy bốn thiết bị có khả năng làm sạch không khí khác nhau và cần được lưu ý ở mức độ phát thải ôzôn. Báo cáo cũng xác định các tác dụng phụ và tư vấn thêm các nghiên cứu sâu hơn về máy ion hóa không khí trước khi đưa chúng vào sử dụng trong cuộc sống hàng ngày.

Từ khóa: Lọc bụi, tĩnh điện, ion hóa, khí độc, bụi mịn.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

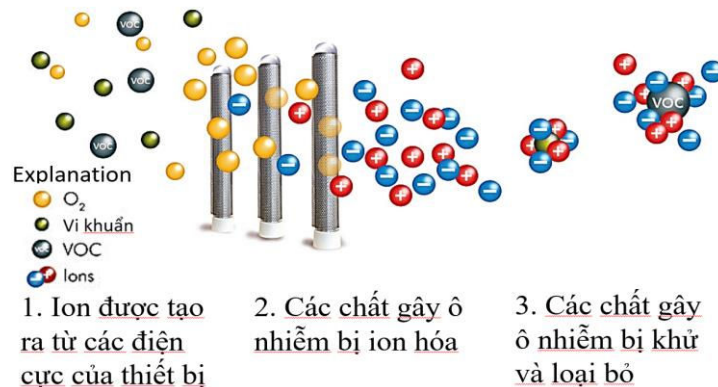
Ô nhiễm không khí càng trở nên trầm trọng hơn khi quá trình công nghiệp hóa tiến triển. Các nhà nghiên cứu đã tìm thấy nhiều hóa chất độc hại có trong không khí ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe như trong xi măng, sơn, sơn mài, đồ nội thất, các hoạt động sưởi ấm và nấu nướng. Việc sử dụng máy làm sạch không khí di động theo cơ chế ion hóa ngày càng trở nên phổ biến nhờ khả năng loại bỏ các chất gây ô nhiễm không khí trong nhà không chỉ bao gồm các hạt lơ lửng (PM) mà còn cả một số loại khí và hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOCs). Nguyên tắc hoạt động của máy lọc không khí ion là phát ion thông qua phóng điện hào quang từ một trường tĩnh điện cao tạo ra từ điện áp cao một chiều (cỡ vài kV). Các ion dương và âm nhanh chóng đạt được nồng độ ở trạng thái ổn định. Quá trình tái kết hợp ion-ion và ion-electron sẽ tạo ra các ion có phạm vi từ 10^5 đến 10^6 hạt trên cm^3 [1]. Các ion đơn cực sau đó tích điện cho các hạt trong không khí, khiến chúng đẩy nhau hoặc lắng đọng trên các bề mặt lân cận thông qua các điện tích hình ảnh hoặc sự nhiễm điện tĩnh (hình 1). Ngoài ra, một số máy lọc không khí ion hoạt động như bộ lọc tĩnh điện; dòng ion định hướng tạo ra luồng gió mang các hạt chảy qua các tấm kết tủa và các hạt được tích điện và lắng đọng trên các tấm này [1].



Hình 1. Cấu tạo của một thiết bị ion hóa không khí điển hình

¹ Khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Hồng Đức; Email: haxuangiap@hdu.edu.vn

Hệ thống ion hóa không khí ® Air Ionization System (Luftqualität Inc., Thụy Sĩ) (hình 2) được sử dụng để minh họa ứng dụng của máy ion hóa không khí trong môi trường trong nhà. Hệ thống có thể hoạt động ở nhiều vị trí khác nhau, trong không gian kín và đóng vai trò là bộ xử lý không khí trung tâm (AHU). Không khí thoát ra có thể được dẫn trực tiếp vào khí quyển, hoặc nó có thể được kết hợp với không khí bên ngoài trước khi quay trở lại không gian thử nghiệm [2]. Ngoài ra còn có các cảm biến để giám sát chất lượng không khí (VOCs và PM), giám sát điện tử các ion không khí, và các mô-đun ion hóa tạo ra các ion theo yêu cầu. Người dùng có thể điều chỉnh vị trí của thiết bị ion hóa không khí tùy thuộc vào nguồn và mức độ nghiêm trọng của VOCs và PM. Thiết bị ion hóa không khí có thể được gắn trực tiếp trên thiết bị HVAC (hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí) trung tâm để xử lý toàn bộ luồng không khí. Bộ phận kiểm soát quá trình được đặt ở trung tâm. Các đầu vào có thể được cấu hình thủ công dựa trên các thông số thiết kế tình huống hoặc tự động tùy thuộc vào việc giám sát các yếu tố yêu cầu. Ba đầu vào thủ công cho phép điều chỉnh mức cường độ ion mong muốn, công suất nguồn và khu vực luồng không khí. Ngoài ra, bốn đầu vào điện cho phép đo luồng không khí, độ ẩm, chất lượng không khí và ôzôn [2].



Hình 2. Giải đồ quá trình ion hóa và làm sạch không khí [2]

Một số nghiên cứu được thực hiện để kiểm tra khả năng máy lọc không khí ion loại bỏ các hạt từ không khí [2-7]. Những nghiên cứu này phát hiện và định lượng sự giảm lớn của các hạt vật chất trong không khí do sự hiện diện của các ion đơn cực. Grabarczyk (2001) nhận thấy rằng các hạt có nồng độ từ 0,4 đến 2,5 μm đã giảm 20 lần sau một giờ ion hóa trong một buồng trống có thể tích 50 m^3 . Nghiên cứu kiểm tra thiết bị ion hóa được Grinshpun và cộng sự (2001) tiến hành cho thấy hiệu suất loại bỏ hạt của thiết bị ion hóa là 80% sau 30 phút và 100% sau 1,5 giờ trong một buồng 2 m^3 . Trong một nghiên cứu sau đó, Grinshpun và cộng sự (2005) đã thử nghiệm máy làm sạch không khí ion có bán trên thị trường trong một buồng 2,6 m^3 và phát hiện ra rằng thiết bị tạo ra nhiều ion nhất đã chứng minh khả năng loại bỏ 100% vật chất dạng hạt trong vòng 10 đến 12 phút đối với kích thước hạt từ 0,3 đến 3,0 μm . Lee và cộng sự (2004) đã thử nghiệm các máy lọc không khí ion có sẵn trên thị trường trong một buồng thử nghiệm 24,3 m^3 và nhận thấy rằng thiết bị hoạt động trong 30 phút, tạo ra nhiều ion nhất, dẫn đến loại bỏ khoảng 95% trong số các hạt 1,0 μm từ không khí bên trên, nằm ngoài tốc độ phân rã, do sự lắng xuống của các hạt. Những nghiên

cứu này chỉ ra rõ ràng rằng các ion có thể tạo điều kiện giảm thiểu các hạt vật chất trong không khí. Mặc dù mang lại nhiều lợi ích trong việc làm sạch không khí, các máy ion hóa cũng tạo ra sản phẩm phụ là khí ôzôn - loại khí cần được giới hạn nồng độ để đảm bảo sức khỏe cho người dùng. Vì vậy, việc đưa một thiết bị lọc bụi theo phương pháp ion hóa không khí vào sử dụng cần dựa trên các tiêu chí cơ bản là khả năng lọc bụi và mức ôzôn tạo ra.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Tuy được đánh giá tích cực, việc so sánh tổng thể và đề xuất phương pháp lựa chọn thiết bị lọc bụi ion hóa tối ưu cho văn phòng và hộ gia đình vẫn còn rất hạn chế và đôi khi gây tranh cãi. Nhằm góp phần giải quyết vấn đề này, thứ nhất, bài báo sẽ thảo luận về bản chất và hoạt động của các máy ion hóa không khí thông qua một số ví dụ và giải thích về cách công nghệ ion hóa không khí trong lọc không khí, việc xử lý VOCs và PM giúp giảm thiểu sự phơi nhiễm của con người. Thứ hai, nghiên cứu này đưa ra ba phương pháp để xác định hiệu quả của máy ion hóa không khí thể hiện qua việc so sánh bốn thiết bị ion hóa không khí thông dụng. Máy làm sạch không khí bằng phương pháp ion hoá được nghiên cứu phù hợp với điều kiện Việt Nam. Cách tiếp cận này cho phép so sánh trực tiếp kết quả giữa các nghiên cứu trước đây với nghiên cứu của tác giả.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Kết quả của quá trình ion hóa và phát thải ôzôn, loại bỏ hạt và khí hữu cơ thứ cấp, và tốc độ phân phối không khí sạch là các chỉ số để xác định hiệu quả của máy ion hóa không khí.

Bảng 1 so sánh tính hiệu quả của bốn loại máy ion hóa không khí (Air Ionizer - AI) dựa trên ba phương pháp kể trên.

Bảng 1. Đặc điểm của bốn thiết bị ion hóa không khí được lựa chọn [10]

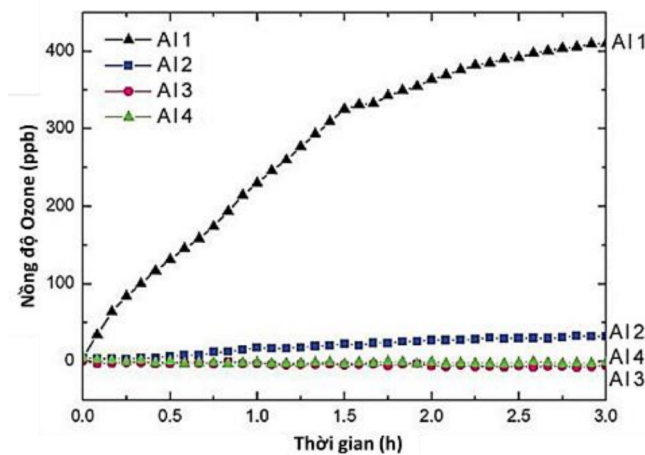
Máy ion hóa không khí	Mô tả của nhà sản xuất	Mô tả	Kích thước (cm)	Trọng lượng (g)
AI 1 (xuất xứ từ Hàn Quốc)	Không khí sạch hơn được hướng vào hệ hô hấp nhờ sử dụng động cơ đẩy điện tử.	Bộ chuyển đổi động năng điện tử tạo ra các luồng khí ion âm bằng cách phóng hào quang (điện hóa) sử dụng cực âm kim loại. Không có quạt và bộ lọc hạt.	11.4 x 8.4 x 3.8	86
AI 2 (xuất xứ từ Hoa Kỳ)	Máy lọc không khí ion cá nhân Mate tạo ra các ion và 0,028 ppm ozon. Vi rút, vi trùng, mùi hôi, các chất ô nhiễm hóa học và bụi đều là mục tiêu.	Phóng điện hào quang với cực âm kim loại tạo ra các ion âm. Một lưới kim loại mang điện tích dương loại bỏ hạt mang điện tích âm. Không có quạt hoặc bộ lọc hạt.	6.4 x 3.8 x 2.0	81
AI 3 (xuất xứ từ Đức)	Máy lọc không khí Neck: Phát ra các ion âm. Mục tiêu: mùi, vi rút, hạt.	Các ion âm được tạo ra thông qua phóng điện hào quang cao áp bằng cách sử dụng các cực âm kim loại. Không có quạt hoặc bộ lọc hạt.	6.1 x 3.8 x 3.3	54

AI 4 (xuất xứ từ Nhật Bản)	Máy lọc không khí dành cho du lịch phát ra một luồng ion âm ổn định. Virus, vi khuẩn, phấn hoa, bụi và các vi sinh vật khác nằm trong số các mục tiêu.	Phóng điện hào quang bằng cách sử dụng cực âm sợi carbon tạo ra các ion âm. Một vòng kim loại tích điện dương thu các hạt mang điện tích âm. Không có quạt hoặc bộ lọc hạt	7.6 x 3.3 x 2.8	50
----------------------------	--	--	-----------------------	----

Các so sánh và đánh giá chi tiết được trình bày trong mục từ 3.1 đến 3.3.

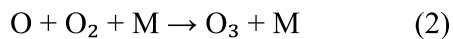
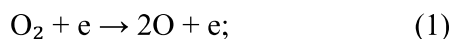
3.1. Mức độ phát thải ôzôn

Nồng độ ôzôn trong nhà với các thiết bị ion hóa không khí chỉ định được mô tả trong hình 3. Nồng độ ôzôn trong nhà ở AI 3 và AI 4 vẫn ở mức nền 0 ppb sau ba giờ hoạt động. Tuy nhiên, khi AI 1 và AI 2 hoạt động, nồng độ ôzôn trong nhà tăng lên lần lượt là 410 ppb và 32 ppb. Khám phá này cho thấy AI 1 và AI 2 tạo ra một lượng đáng kể ôzôn. Các nhà nghiên cứu có thể tính toán lượng phát thải ôzôn từ các máy lọc không khí ion hóa gia dụng bằng cách sử dụng nồng độ ôzôn ở trạng thái ổn định theo một nghiên cứu trước đó [10]. Tuy nhiên, ngay cả sau 10 giờ hoạt động, nồng độ ôzôn ở trạng thái ổn định trong phòng vẫn chưa đạt được đối với AI 1 và AI 2.



Hình 3. Nồng độ ôzôn trong buồng với một máy ion hóa không khí đang hoạt động [11]

Sạc hào quang là một phương pháp sạc ion hóa tiêu chuẩn tạo ra ôzôn như một sản phẩm phụ [12]. Hai giai đoạn sau có thể được sử dụng để mô tả quá trình sản xuất ôzôn:

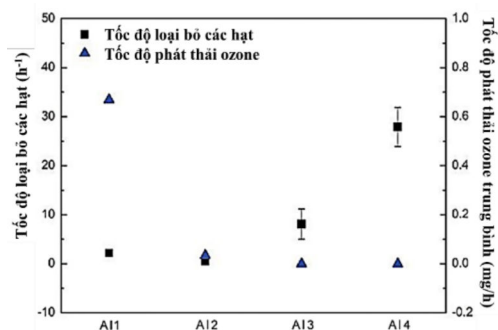


Tốc độ phản ứng trong phương trình (1) tỉ lệ thuận với cường độ của dòng điện tử, trong đó M có thể là phân tử O_2 hoặc N_2 . Khi bề mặt của đường hào quang nóng lên, nhiệt độ không khí tăng lên và nhiệt độ không khí xung quanh tăng lên, tốc độ phản ứng trong phương trình (2) giảm xuống. Kết quả là, cường độ dòng điện tử và nhiệt độ của bề mặt đường hào quang sẽ ảnh hưởng đến tốc độ phát xạ ôzôn. Cường độ tạo ôzôn không chỉ được xác định bởi vật liệu làm catốt [13] mà còn bởi các yếu tố thiết kế máy phát ion khác như điện áp đặt vào và đường kính catốt [18]. Trong thí nghiệm này, AI1 và AI2 sử dụng phóng điện hào quang kim loại để

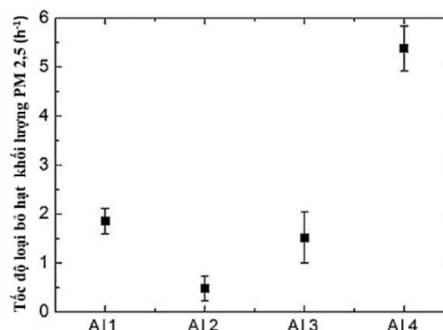
tạo ra ion, trong khi AI3 và AI4 sử dụng bộ tạo ion sợi carbon. Cơ chế phóng hào quang bằng kim loại có thể tạo ra lượng ozon đáng kể. Điều này có thể giải thích mức độ ôzôn cao được phát hiện trong AI1 và AI2 trong nghiên cứu này. Máy phát ion sợi carbon thường yêu cầu điện áp thấp hơn so với cực âm kim loại để phóng hào quang để đạt được cùng một lượng ion hóa, vì đường kính của sợi carbon nhỏ hơn đáng kể so với cực âm kim loại (5 mm - 10 mm). Như đã chứng minh trong phương trình (1) và (2), điện áp thấp hơn được cung cấp cho sợi carbon là đủ để bắt đầu ion hóa ở đầu cực âm sợi carbon; tuy nhiên, điện trường được tạo ra bởi điện áp đặt vào không đủ để bắt đầu các phản ứng ôzôn không mong muốn. Điều này có thể giải thích cho việc phát thải ôzôn thấp của AI3 và AI4.

3.2. Tốc độ loại bỏ hạt

Hình 4 cho thấy tốc độ loại bỏ số lượng hạt tổng thể (h^{-1}) đối với bốn bộ ion hóa không khí đã chọn được thử nghiệm trong dải kích thước từ 18,1 nm đến 289 nm. AI4 có tốc độ loại bỏ tổng số hạt hiệu quả nhất là $27,9 h^{-1}$ trong phạm vi kích thước đo được trong số bốn bộ ion hóa không khí được thử nghiệm, trong khi AI2 có giá trị thấp nhất là $0,52 h^{-1}$. Hình 5 cho thấy tốc độ loại bỏ khối lượng của bốn bộ ion hóa không khí được chọn cho PM_{2,5} (hạt có kích cỡ 2,5 nm). AI1, AI2, AI3 và AI4 có tốc độ loại bỏ PM_{2,5} tương ứng là $1,85 h^{-1}$, $0,48 h^{-1}$, $1,52 h^{-1}$ và $5,37 h^{-1}$.



Hình 4. Tốc độ loại bỏ các hạt và tốc độ phát thải ôzôn trung bình theo thời gian của bốn bộ ion hóa không khí trong phạm vi kích thước đo được [11]



Hình 5. Tốc độ loại bỏ hạt khối lượng PM_{2,5} bằng bốn bộ ion hóa không khí [11]

3.3. Tốc độ cung cấp không khí sạch

Tốc độ phân phối không khí sạch (CADR) có thể được tính trực tiếp từ tốc độ loại bỏ hạt thu được bằng máy ion hóa không khí không phát ra ôzôn:

$$CADR = ACH \times V \quad (3)$$

ACH - số lần không khí được luân chuyển trong phòng trong một giờ (lần - h^{-1})

V - thể tích của buồng (m^3).

Các nhà nghiên cứu đã so sánh CADR của bốn thiết bị ion hóa không khí được chọn với CADR của các thiết bị ion hóa không khí khác trong nghiên cứu trước đây trong bảng 2. CADR đối với nồng độ khối lượng PM_{2,5} thấp hơn đáng kể so với CADR của các thiết bị ion hóa không khí được đánh giá bởi Chan và Cheng (2006). Khi nói đến tốc độ loại bỏ tích lũy của nồng độ số hạt được phân giải theo kích thước trong dải đo, AI4 có khả năng loại bỏ cao hơn đáng kể so với AI3.

Bảng 2. So sánh CADR và tốc độ phát thải ôzôn giữa các thiết bị ion hóa không khí đã chọn và các thiết bị ion hóa không khí khác từ tài liệu tham khảo [11]

Máy ion hóa không khí	CADR cho kích thước-nồng độ số phân giải của hạt siêu mịn ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	CADR cho nồng độ khối lượng của các hạt mịn ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	Tốc độ phát thải ôzôn ($\text{mg} \cdot \text{h}^{-1}$)
AI 1	-	-	0.669
AI 2	-	-	0.034
AI 3	1.09 - 5.20	0.70	0.00
AI 4	2.24 - 19.7	2.47	0.00
Phillips và cộng sự, 1999 [17]	-	-	0.102 - 0.114
Britigan và cộng sự, 2006 [18]	-	-	0.3 - 0.5
Chan và Cheng 2006 [8]	-	53.58	-
Mølgaard và cộng sự, 2014 [19]	46 - 119	-	-
Zuraimi và cộng sự, 2011 [20]	5 - 45	-	-
Waring và cộng sự, 2008 [13]	16 - 76	-	3.3 ± 0.2
Niu và cộng sự, 2001 [4]	-	-	0.065 - 2.76
Britigan và cộng sự, 2006 [18]	-	-	0.16 - 220

3.4. Các tác dụng phụ của Air Ionizers

Theo thời gian, công nghệ được cải tiến và các phương pháp thay thế làm sạch không khí không có bộ lọc truyền thống dần dần tăng lên. Ví dụ, các nhà sản xuất loại bỏ các bộ lọc thay thế để giảm chi phí và thời gian làm sạch, tần suất và thời gian tác động đến môi trường. Sự cải tiến này đã dẫn đến việc tạo ra máy lọc không khí có bộ lọc có thể cọ rửa được và tái sử dụng nhiều lần để làm sạch không khí. Bên cạnh đó, máy lọc không khí sử dụng chất ion hóa rất hiệu quả và có thể bắt giữ các sinh vật và các hạt có thể thoát ra khỏi các bộ lọc thông thường. Mặc dù vậy, người tiêu dùng vẫn đặt câu hỏi về mức độ an toàn của chất ion hóa và các tác dụng phụ có thể xảy ra đối với con người.

3.4.1. Làm sạch bụi bẩn

Nguyên lý hoạt động của máy ion hóa không khí, nó không hút không khí vào chính nó, và máy ion hóa hoạt động bằng cách giải phóng các ion tích điện vào bầu khí quyển để liên kết với các chất gây ô nhiễm có hại và khiến chúng quá nặng để trôi nổi. Nhờ vậy các chất bẩn nặng có hại sẽ được kéo xuống mặt đất hoặc bất cứ nơi nào gần đó. Những bề mặt cuối cùng sẽ được người dùng lau sạch. Nói cách khác, máy ion hóa không khí thường chỉ đánh bật các hạt ra khỏi bầu khí quyển. Tuy nhiên, những hạt này vẫn tồn tại trong môi trường xung quanh. Ví dụ, các ion mang điện tích sau khi được giải phóng vào không khí của căn phòng chứa các chất gây ô nhiễm, chúng sẽ rơi vào bề mặt của đồ đạc trong phòng đó. Để loại bỏ bụi bẩn,

người dùng cần làm sạch các bề mặt tiếp xúc các tấm sơn tĩnh điện. Nếu không, chất bẩn sẽ lưu thông trở lại bầu khí quyển. Vì vậy, hiệu quả của máy ion hóa không khí được sử dụng để loại bỏ các chất gây ô nhiễm trong không khí phụ thuộc vào thói quen dọn dẹp của người dùng.

3.4.2. Sự phát thải của ôzôn

Sự phát thải của ôzôn là một tác dụng phụ của máy ion hóa không khí. Chất oxy hóa mạnh có thể nguy hiểm cho sức khỏe nếu tiếp xúc lâu dài hoặc liều cao. Các yếu tố liên quan đến nồng độ ôzôn cao bao gồm thời gian tiếp xúc lâu hơn, tốc độ thất thoát năng lượng cao hơn và việc sử dụng các ion lưỡng cực. Các ion lưỡng cực có thể giải phóng tới 30 ppb ozon so với các ion đơn cực, có nồng độ ozon từ 2 - 10 ppb. Tiếp xúc với ôzôn là không đáng kể trong 2 giờ nhưng tăng đáng kể lên > 77 ppb sau 8 giờ tiếp xúc. Máy tạo ion có không gian quá chật có thể tạo ra nhiều nồng độ ôzôn hơn mức an toàn yêu cầu. Ôzôn là chất gây kích ứng phổi ở mức độ cao. Hít thở trong khí ôzôn có thể gây kích ứng cổ họng, khó chịu ở ngực và ho. Ôzôn cũng có thể làm trầm trọng thêm các triệu chứng của bệnh hen suyễn và viêm phế quản. Vậy nên máy ion hóa không khí nên được dùng ở những vị trí rộng rãi và thoáng gió, lý tưởng nhất là chỉ hoạt động khi không có người ở trong phòng.

4. KẾT LUẬN

Dựa trên các thử nghiệm có thể thấy rằng trong bốn thiết bị lọc không khí được nghiên cứu, AI4 có những chỉ số tốt nhất: trọng lượng nhẹ nhất, mức độ phát thải ôzôn thấp nhất, tốc độ loại bỏ hạt và tốc độ cung cấp không khí sạch cao nhất. Bên cạnh đó, AI3 cũng là một thiết bị có nhiều ưu điểm với các chỉ số gần với AI4. Ở hướng ngược lại, AI1 và AI2 có các chỉ số tốc độ loại bỏ hạt và tốc độ cung cấp không khí sạch thấp hơn mặc dù khối lượng của chúng lớn hơn AI3 và AI4. Hơn nữa, AI1 có mức độ phát thải ôzôn lớn gây tác dụng không tốt đối với sức khỏe người dùng. Tóm lại, thiết bị lọc không khí AI3 và AI4 có hiệu quả cao hơn và đáng lựa chọn hơn AI1 và AI2.

Bài báo này đã đánh giá hiệu quả của bốn hệ thống ion hóa không khí khác nhau về phát xạ ôzôn và loại bỏ các hạt. Hơn nữa, một số thiết bị ion hóa không khí có thể loại bỏ các khí độc hại và hấp thụ các hạt lơ lửng trong không khí, bao gồm cả vi trùng và vi rút. Máy ion hóa không khí sử dụng điện tích để tạo ra không khí sạch. Tuy nhiên, một vấn đề với máy ion hóa không khí vẫn tiếp tục là các ion tích điện chúng tạo ra không phù hợp với tất cả mọi người. Theo một số nghiên cứu, những hạt tích điện này có thể làm trầm trọng thêm các triệu chứng hen suyễn, như thế làm mất đi lợi ích của việc cải thiện chất lượng không khí trong gia đình. Tác giả gợi ý rằng nghiên cứu sâu hơn về các lợi ích khoa học và lâm sàng của máy ion hóa không khí và lựa chọn không gian lắp đặt cũng như chế độ hoạt động hợp lý trước khi đưa chúng vào cuộc sống hàng ngày của con người.

Qua kiểm nghiệm, phương pháp nghiên cứu thể hiện tính hiệu quả cao, có thể được sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo. Bên cạnh đó, một số hạn chế của các máy cũng được nêu ra giúp nâng cao việc lựa chọn thiết bị theo điều kiện sử dụng.

Giới hạn của nghiên cứu là sử dụng môi trường phòng không có người ở để đánh giá ảnh hưởng của các thiết bị lọc sử dụng ion đến chất lượng không khí. Trong không gian sống thực sự, các hạt trong không khí có thể được tạo ra liên tục bởi các hoạt động khác nhau của cư dân và sự xâm nhập của các hạt ngoài trời qua lớp vỏ của tòa nhà. Điều này cần những cuộc nghiên cứu quy mô và kỹ lưỡng hơn trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ardkapan SR, Afshari A, Bergsøe NC, Nielsen PV (2014), Evaluation of air cleaning technologies available on the Danish market: In-duct and laboratory testing, *Indoor and Built Environment*, (8):1177-86.
- [2] Grabarczyk, Z. (2001), The effect of cleaning indoor air with a halo ionizer, *J. Electrostat*, 51-52: 278-283.
- [3] Grinshpun, S.A., Mainelis, G., Reponen, T., Willeke, K., Trunov, M.A. and Adhikari, A. (2001), Effect of wearable ionizers on the concentration of airborne respirable particles and microorganisms, *J. Aerosol Science*, 32: 335-336.
- [4] Niu JL, Tung TC, Burnett J (2001), Quantification of the dust removal and ozone emission capacity of an ionizing air purifier by chamber test, *Journal of Electrostatics*, 51-52(1): 20-24.
- [5] Grinshpun, S.A., Adhikari, A., Lee, B.U., Trunov, M., Mainelis, G., Yermakov, M. and Reponen, T. (2004), Control indoor air pollution through ionization, *In Air Pollution: Modeling, Monitoring, and Managing Air Pollution, Brebbia, C.A. (Ed.)*, WIT Press, Southampton, UK, 01: 689-704.
- [6] Lee, B.U., Yermakov, M. and Grishpun, S.A. (2004), Removes fine and ultrafine particles from indoor air environment by unipolar ion emission, *Atmospheric Environment*, 38: 4815-4823.
- [7] Grinshpun, S.A., Mainelis, G., Trunov, M., Adhikari, A., Reponen, T. and Willeke, K. (2005), Review of Ionic Air Purifiers to reduce exposure to aerosols in confined indoor spaces, *Indoor air*, 15:235-245.
- [8] Chan, M., Cheng, B. N. (2006), Evaluation of the performance of the ionic type air purifier in the country, *Architectural Science Review*, 49(4): 357-362.
- [9] Hyun, J., Lee, S.-G., & Hwang, J. (2017), Application of air ions generated by corona discharge to filter aerosolized virus and inactivate filtered virus, *Journal of Aerosol Science*, 107: 31-40.
- [10] Berry, D., Mainelis, G., Fennell, D. (2007), Effect of ionic air purifiers on indoor/outdoor particle rates in residential environments, *Aerosol Science and Technology*, 41(3): 315-328.
- [11] Daniels, S. L. (2002), Air ionizer to eliminate toxic runoff (Ionize the air of the indoor environment to control particulate and volatile contaminants with airborne plasmas generated by electrical barrier discharges lip), *IEEE Transactions on Plasma Science*, 30(4): 1471-1481.
- [12] Kim, K.-H., Szulejko, J. E., Kumar, P., Kwon, E. E., Adelodun, A. A., Reddy, P. A. K. (2017), Air ionization as a technology to control the emission of volatile organic compounds, *Environmental pollution*, 225: 729-743.
- [13] Waring, M. S., Siegel, J. A., Corsi, R. L. (2008), Remove and create ultrafine particles with portable air cleaner, *Atmospheric Environment*, 42(20): 5003-5014.

- [14] Shi, S., Zhu, S., Lee, E. S., Zhao, B., Zhu, Y. (2016), Performance of the wearable ionizing air cleaner: Ozone emission and particle removal, *Aerosol Science and Technology*, 50(3): 211-221.
- [15] Yagi, S., Tanaka, M. (1979), Mechanism of ozone generation in an air ozonator, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 12(9): 1509-1520.
- [16] Boelter, K. J., Davidson, J. H. (1997), Create ozone with an indoor air purifier, static electricity, *Aerosol Science and Technology*, 27(6): 689-708.
- [17] Phillips, T. J., Bloudoff, D. P., Jenkins, P. L., and Stroud, K. R. (1999), Ozone emissions from “Personal Air Purifiers” 1, 2, *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.*, 9: 594-601.
- [18] Britigan, N., Alshawa, A., and Nizkorodov, S. A. (2006), Quantification of ozone concentrations in indoor environments produced by ionizing and ozonizing air purifiers, *J. Air. Waste. Manage.*, 56: 601-610.
- [19] Mølgaard B, Koivisto AJ, Hussein T, Hämeri K (2014), The new clean air delivery rate test was applied to five portable indoor air purifiers, *Aerosol Science and Technology*, 48(4): 409-17.
- [20] Zuraimi, M. S., Nilsson, G. J. and Magee, R. J. (2011), Removing indoor particles with portable air cleaners: Impact on residential disease transmission, *Build. Environ.*, 46: 2512-2519.

A CASE STUDY OF THE OPERATION OF AIR IONIZERS

Ha Xuan Giap, Le Viet Anh

ABSTRACT

Air ionizers tend to be used more and more because they can remove harmful gases and absorb airborne particles, especially bacteria and viruses. This report investigates the nature and operating principles of several types of air ionizers and discusses their application in indoor environments and human exposure protection. The ozone emission test, particle removal rate and clean air delivery rate were used to analyze the effectiveness of four selected air ionizers. The results show that the four devices have different air cleaning capabilities and need to be taken into account in terms of ozone emissions. The report also identifies side effects and recommends further studies on air ionizers before introducing them into everyday life use.

Keywords: *Air ionizer, electrostatic, ionizer, poison gas, fine dust.*

* Ngày nộp bài: 7/10/2022; Ngày gửi phản biện: 7/10/2022; Ngày duyệt đăng: 27/10/2022

* Bài báo này là kết quả nghiên cứu từ đề tài cấp cơ sở, Mã số đề tài ĐT-2021-25 của Trường Đại học Hồng Đức.