

Nghiên cứu đề xuất giải pháp giảm mức tiếng ồn khi vận hành máy nén khí trong hệ thống xử lý nước thải

Đỗ Khắc Uẩn¹, Nguyễn Mạnh Cường¹, Nguyễn Văn Tuyên², Trần Hùng Thuận², Chu Xuân Quang^{2*}

¹Viện Khoa học và Công nghệ Môi trường, Đại học Bách khoa Hà Nội, 1 Đại Cồ Việt, phường Bách Khoa, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

²Trung tâm Công nghệ Vật liệu, Viện Ứng dụng Công nghệ, C6, phường Thanh Xuân Bắc, quận Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 18/7/2023; ngày chuyển phản biện 21/7/2023; ngày nhận phản biện 7/8/2023; ngày chấp nhận đăng 10/8/2023

Tóm tắt:

Hiện nay, phương pháp sinh học hiếu khí được sử dụng để xử lý nước thải khá phổ biến. Khi xử lý nước thải, không khí được cấp cưỡng bức bằng máy nén khí vào bể xử lý sinh học với công suất cao nên quá trình vận hành hệ thống thường xảy ra hiện tượng ô nhiễm tiếng ồn, ảnh hưởng đến sức khỏe của công nhân, cán bộ cũng như dân cư xung quanh. Do đó, nghiên cứu và thiết kế bộ phận che chắn để giảm tiếng ồn cho máy nén khí nhưng không ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động của thiết bị là cần thiết. Kết quả khảo sát trong nghiên cứu này cho thấy, sau 30 phút hoạt động liên tục thì nhiệt độ xung quanh máy nén khí tăng 2,5°C (từ 29,5 lên 32,0°C). Khi sử dụng một lớp xốp polyurethane (PU) dày 5 cm thì mức giảm tiếng ồn là 4,0 dBA; nếu thay thế bằng lớp bông khoáng dày 5 cm thì mức giảm tiếng ồn là 14,0 dBA. Khi kết hợp lớp xốp PU dày 5 cm bên ngoài và lớp bông khoáng dày 5 cm bên trong thì mức giảm tiếng ồn là 17,0 dBA; nếu sử dụng 2 lớp bông khoáng (mỗi lớp dày 5 cm) tạo thành khối đồng nhất thì mức giảm tiếng ồn giảm tới 24,0 dBA. Như vậy, sử dụng vật liệu xốp kết hợp bông khoáng cho phép giảm mức tiếng ồn phù hợp ngưỡng quy định của QCVN 26:2010/BTNMT (70 dBA).

Từ khóa: hộp giảm mức tiếng ồn, máy nén khí, nước thải, tiếng ồn, vật liệu phổ thông.

Chỉ số phân loại: 2.7

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, phương pháp sinh học hiếu khí được sử dụng phổ biến để xử lý nhiều loại nước thải. Đặc điểm chung của nhóm phương pháp này là không khí được cấp cưỡng bức bằng máy nén khí qua hệ thống đường ống đi vào trong bể xử lý sinh học [1]. Khi vận hành máy nén khí thì gây ra mức tiếng ồn lớn, có thể trên 90 dBA. Tiếng ồn của máy nén khí khi hoạt động gây ảnh hưởng đến cán bộ, công nhân và người dân xung quanh. Trên thế giới, đã có công trình nghiên cứu về khả năng giảm mức tiếng ồn khi sử dụng những vật liệu xốp cuộn, cao su non, bông thủy tinh [2, 3]... Ảnh hưởng của nhiệt độ đến mức giảm năng lượng âm thanh của nguồn âm nhân tạo khi sử dụng tấm đục lỗ cũng đã được nghiên cứu [4] và ứng dụng sản xuất hộp giảm tiếng ồn cho máy phát điện [5]. Nhìn chung, việc cách âm, tiêu âm cho các thiết bị phát sinh tiếng ồn thường dựa vào nguyên lý hấp thụ năng lượng sóng âm và phản xạ năng lượng sóng âm của vật liệu [6]. Trong thực tế, để giảm năng lượng sóng âm trên đường truyền có thể sử dụng màn chắn, hộp giảm tiếng ồn hoặc sử dụng lò xo giảm chấn khi thiết bị có độ rung lớn [7-9]. Đối với các thiết bị gây ồn trong các phòng kín có nhiều người thường xuyên ra vào làm việc thì sử dụng hộp giảm tiếng ồn đồng nhất để giảm tiếng ồn sẽ phù hợp hơn so với việc sử dụng màn chắn đơn lẻ.

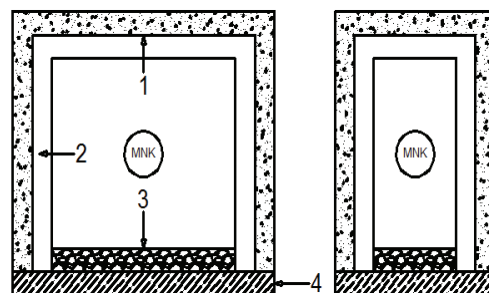
Việc nghiên cứu và thiết kế bộ phận che chắn giảm tiếng ồn cho máy nén khí vẫn chưa thực sự được quan tâm ở Việt Nam. Vì vậy, việc nghiên cứu bộ phận che chắn giảm tiếng ồn cho thiết bị này là rất cần thiết để đảm bảo hoạt động của máy nén khí không gây ảnh hưởng đến con người. Nghiên cứu này tiến hành kiểm chứng mức độ ô nhiễm tiếng ồn của máy nén khí thường dùng trong các trạm xử lý nước thải tại Việt Nam. Trên cơ sở đó, nghiên

cứ tiến hành đánh giá khả năng cách ồn của một số loại vật liệu và ảnh hưởng của kết cấu, cấu trúc bề mặt vật liệu tới hiệu quả cách ồn để lựa chọn được phương pháp giảm tiếng ồn hiệu quả cho quá trình vận hành máy nén khí.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Quá trình thí nghiệm

Nghiên cứu sử dụng máy nén khí loại XINGBAO 0,375 kW (Trung Quốc). Máy nén khí được đặt trong hộp thí nghiệm. Để giảm rung cho máy nén khí thì người thực hiện sử dụng xốp mềm đặt bên dưới để thiết bị (hình 1). Hộp giảm tiếng ồn được thiết kế thành khối đồng nhất, đảm bảo kín. Các khối xốp được lắp ráp bằng thanh gỗ nhỏ, dùng băng dính rộng 5 cm để bít kín. Đối với kết cấu nhiều lớp thì các lớp vật liệu sẽ được ép chặt với nhau bằng sợi dây nối có thanh ngang. Các tấm bên ngoài được lắp ráp bằng thanh gỗ nhỏ và dùng băng dính bít kín.



Hình 1. Mô hình lắp đặt hộp giảm tiếng ồn. 1: lớp vật liệu; 2: khoảng không khí; 3: lớp xốp chống rung; 4: nền gạch; MNK: máy nén khí.

*Tác giả liên hệ: Email: cxquang@most.gov.vn

Research on proposing solutions to reduce noise for the operation of air compressors in wastewater treatment system

Khac Uan Do¹, Manh Cuong Nguyen¹, Van Tuyen Nguyen²,
Hung Thuan Tran², Xuan Quang Chu^{2*}

¹School of Environmental Science and Technology, Hanoi University of Science and Technology,
1 Dai Co Viet Street, Bach Khoa Ward, Hai Ba Trung District, Hanoi, Vietnam

²Center for Advanced Materials and Environmental Technology, National Center for
Technological Progress, C6, Thanh Xuan Bac Ward, Thanh Xuan District, Hanoi, Vietnam

Received 18 July 2023; revised 7 August 2023; accepted 10 August 2023

Abstract:

Currently, aerobic biological methods are widely used for wastewater treatment. During the wastewater treatment process, air is forced by an air compressor into the biological treatment tank with high capacity, so, noise pollution often occurs during the system operation. This is affecting the health environment for workers, staff, and the surrounding population. Therefore, it is necessary to investigate and design a cover to reduce noise for the air compressor but not affect the operating efficiency of the device. The results in this study showed that after 30 minutes of continuous operation, the temperature around the air compressor increased by 2.5°C (from 29.5 to 32.0°C). The noise reduction is 4.0 dBA in case a polyurethane foam layer of 5 cm is used, and the noise reduction is 14.0 dBA if it is replaced with a mineral wool layer of 5 cm. The noise reduction is 17.0 dBA when combining the outer with a 5 cm polyurethane foam layer and the inner with a 5 cm mineral wool layer. Further, the noise reduction is reduced up to 24.0 dBA in case two layers of mineral wool (5 cm thick each) are used to form a homogeneous mass. Thus, using porous materials combined with mineral wool allows to reduce the noise level in accordance with the requirements of the QCVN 26:2010/BTNMT regulation (70 dBA).

Keywords: air compressor, noise, noise reduction box, popular material, wastewater.

Classification number: 2.7

Để nghiên cứu ảnh hưởng của kết cấu, cấu trúc bề mặt đến mức giảm tiếng ồn thì sử dụng xốp mòng PU2 (xốp PU dày 2 cm, khối lượng riêng 25 kg/m³), xốp PU3 (xốp PU dày 3 cm, khối lượng riêng 9,5 kg/m³) và xốp spong. Quá trình khảo sát bao gồm: kiểm chứng ảnh hưởng của nhiệt độ, ảnh hưởng của cấu trúc vật liệu đến hiệu quả giảm tiếng ồn trong thực tế của các kết cấu và khảo sát sự thay đổi mức tiếng ồn sau khi giảm rung.

Nghiên cứu lắp đặt hộp giảm tiếng ồn sử dụng bông khoáng, xốp PU4 (khối lượng riêng 25 kg/m³) để kiểm chứng mức giảm tiếng ồn thực tế. Thay đổi độ dày theo 3 mức: 50, 100 và 150 mm đối với mỗi loại vật liệu. Theo dõi mức giảm tiếng ồn sau thay đổi

độ dày. Kết hợp sử dụng bông khoáng 40 và xốp PU, tăng độ dày tổng theo 3 mức (50, 100 và 150 mm) và theo dõi mức giảm tiếng ồn khi thay đổi độ dày.

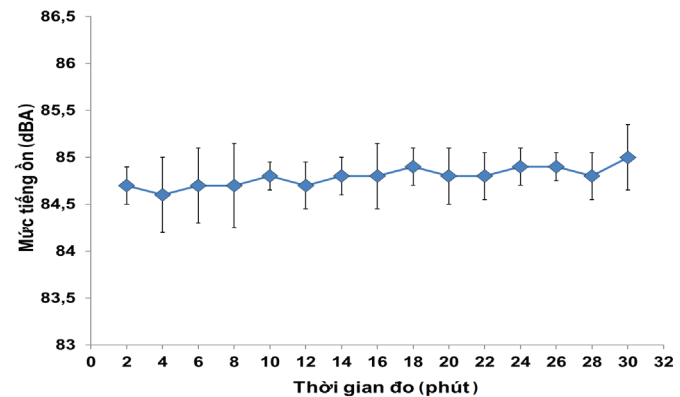
2.2. Đo mức tiếng ồn và phân tích dữ liệu

Thời gian thực hiện một chu trình hút - nén - xả liên tục của máy nén khí trong nghiên cứu này là 1,5-2 phút. Bật công tắc và để máy hoạt động ổn định khoảng 5 phút thì tiến hành đo nhiệt độ và mức tiếng ồn xung quanh với tần suất 2 phút/lần trong 30 phút. Ghi các thông số hiển thị vào phiếu kết quả. Phân tích mức tiếng ồn và xác định mức tiếng ồn lớn nhất mà máy nén khí có thể gây ra bằng thiết bị CENTER 320, Hãng CENTER, Đài Loan. Xác định mức giảm tiếng ồn cần thiết để đảm bảo QCVN 26:2010/BTNMT [10].

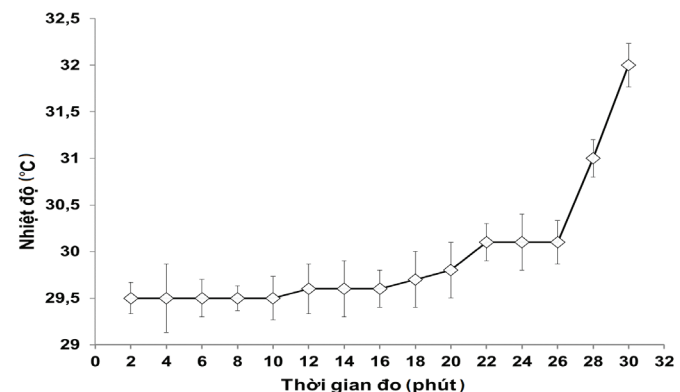
3. Kết quả và bàn luận

3.1. Mức tiếng ồn của máy nén khí

Tiếng ồn của máy nén khí hoạt động trước khi sử dụng hộp cách âm được thể hiện ở hình 2. Kết quả đo tiếng ồn trong 30 phút cho thấy, tiếng ồn dao động trong khoảng 84,5-85,1 dBA. Trong quá trình vận hành, lực hút của máy nén khí làm cho vận tốc không khí trước đầu lọc tăng đột ngột, ma sát giữa các chi tiết trong thiết bị, ma sát giữa không khí và các bề mặt làm cho nhiệt độ máy nén khí tăng lên [11, 12]. Trong 30 phút hoạt động liên tục thì nhiệt độ xung quanh sát máy nén khí tăng 2,5°C (hình 3). Vì vậy, để nhiệt độ máy nén khí không tăng quá cao làm giảm tuổi thọ thiết bị và gây ồn thì người sử dụng cần thay đổi phương thức vận hành, bảo dưỡng như giảm tần suất sử dụng bằng cách tăng thêm số lượng máy nén để thay phiên nhau hoạt động.



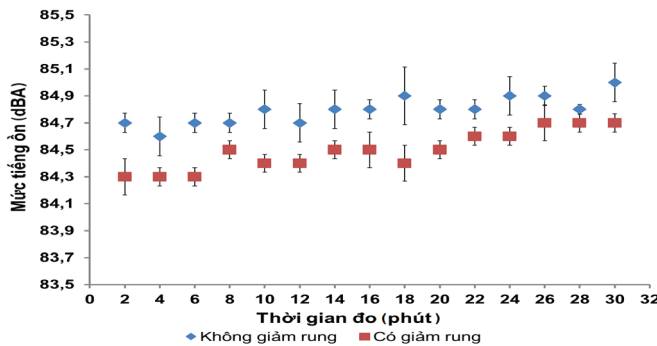
Hình 2. Biến thiên mức tiếng ồn máy nén khí khi hoạt động liên tục.



Hình 3. Nhiệt độ của máy nén khí khi hoạt động liên tục.

3.2. Ảnh hưởng của tấm đệm đến khả năng giảm tiếng ồn

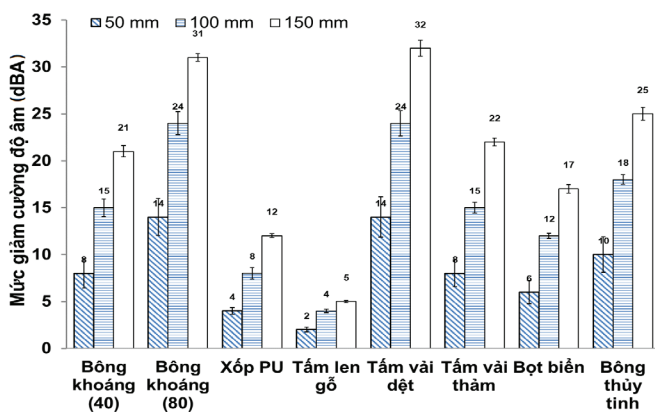
Rung động của máy nén khí sẽ gây nên va chạm giữa đế thiết bị và nền gạch, va chạm này sẽ tạo ra âm thanh và làm hao mòn đế, làm tăng mức tiếng ồn. Nghiên cứu theo dõi biến thiên mức tiếng ồn của máy nén khí trước và sau khi giảm rung. Khi sử dụng xốp lót mềm thì mức tiếng ồn máy nén khí giảm 0,1-0,4 dBA (hình 4). Vì vậy, chống rung cũng là một phương pháp giảm ồn, càng giảm rung tốt thì mức tiếng ồn của thiết bị càng thấp. Trong thực tế, có thể giảm rung bằng cách đặt bên dưới đế thiết bị một lớp xốp hoặc vật liệu mềm đủ dày để đế thiết bị không va chạm với sàn. Đối với các thiết bị có độ rung và khối lượng lớn thì có thể sử dụng lò xo giảm chấn.



Hình 4. Biến thiên mức tiếng ồn sau khi giảm rung cho máy nén khí.

3.3. Hiệu quả giảm tiếng ồn của các loại vật liệu

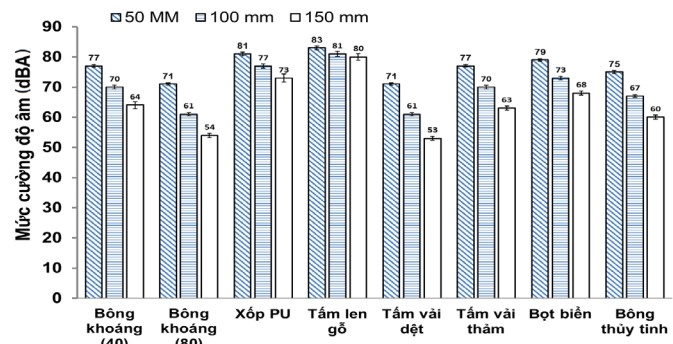
Khi tăng độ dày lớp vật liệu thì quãng đường sóng âm phải đi qua vật cản tăng, vận tốc sóng âm thay đổi và áp suất âm thanh trước, sau bề mặt vật liệu thay đổi [10]. Nếu áp suất âm thanh thấp hơn thì mức giảm tiếng ồn khi đi qua vật liệu giảm. Khi tăng độ dày theo 3 mức (50, 100 và 150 mm) thì mức giảm tiếng ồn không giảm tuyến tính mà thay đổi theo hình đường cong logarit (hình 5).



Hình 5. Mức giảm tiếng ồn của các loại vật liệu.

Mức tiếng ồn cao nhất máy nén khí trong nghiên cứu gây ra là 85 dBA và cần giảm 15 dBA để đảm bảo ngưỡng 70 dBA theo QCVN 26:2010/BTNMT. Kết quả mô hình cho thấy, sử dụng bông khoáng, bông thủy tinh hoặc tấm vải dệt là hiệu quả nhất (hình 6). Nếu độ dày vật liệu từ 100 mm trở lên thì hầu hết các loại vật liệu đều có khả năng giảm tiếng ồn đảm bảo quy chuẩn. Tuy nhiên, các

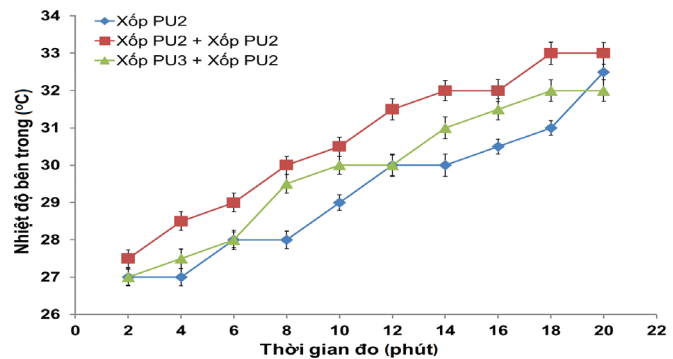
vật liệu như tấm vải dệt, tấm vải thảm, tấm len gỗ có giá thành cao và dạng mỏng nên để có độ dày mong muốn thì cần phải có biện pháp lắp ghép phức tạp, một số loại vật liệu khác như bông thủy tinh có khả năng gây độc... Trong khi đó, bông khoáng và xốp PU không mang những đặc điểm nêu trên. Chính vì vậy, nghiên cứu đã lựa chọn bông khoáng và xốp PU (dạng tấm và dạng sóng) để khảo sát các thí nghiệm tiếp theo.



Hình 6. Mức tiếng ồn bên ngoài hộp giảm tiếng ồn.

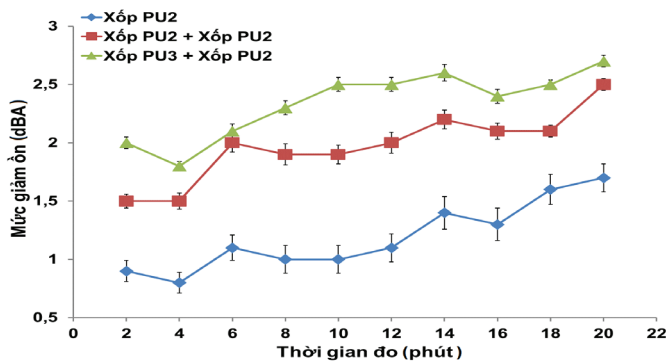
3.4. Ảnh hưởng của kết cấu, vật liệu đến nhiệt độ bên trong và mức giảm tiếng ồn

Khi sử dụng vật liệu là một lớp xốp PU2 (xốp PU dày 2 cm, khối lượng riêng 25 kg/m³) để giảm tiếng ồn thì nhiệt độ bên trong hộp nhỏ hơn so với việc sử dụng 2 lớp xốp PU2. Nếu thay thế một lớp xốp PU3 bên trong bằng một lớp xốp PU3 (xốp PU dày 3 cm, khối lượng riêng 9,5 kg/m³) thì nhiệt độ bên trong hộp nhỏ hơn (hình 7). Như vậy, khi sử dụng lớp vật liệu càng dày thì nhiệt độ bên trong hộp giảm tiếng ồn càng cao và khi sử dụng vật liệu càng xốp thì nhiệt độ bên trong hộp giảm tiếng ồn càng thấp.



Hình 7. Biến thiên nhiệt độ đối với từng dạng kết cấu.

Kết cấu hộp giảm tiếng ồn ảnh hưởng đến sự tăng nhiệt độ bên trong hộp giảm tiếng ồn. Nhiệt độ bên trong hộp là tổng tích lũy nhiệt lượng do biến đổi từ năng lượng sóng âm và nhiệt độ máy nén khí khuếch tán khi hoạt động. Giả thuyết, nhiệt độ máy nén khí tăng đồng đều và tương ứng trong mỗi điểm đo đối với từng dạng kết cấu. Nhiệt độ tích lũy do biến đổi năng lượng sóng âm càng thấp thì năng lượng sóng âm truyền qua kết cấu càng cao. Khi sử dụng 2 lớp vật liệu thì mức giảm tiếng ồn cao hơn so với 1 lớp nhưng không tăng tuyến tính. Kết cấu có độ xốp cao hơn thì năng lượng sóng âm truyền qua thấp hơn (hình 8).



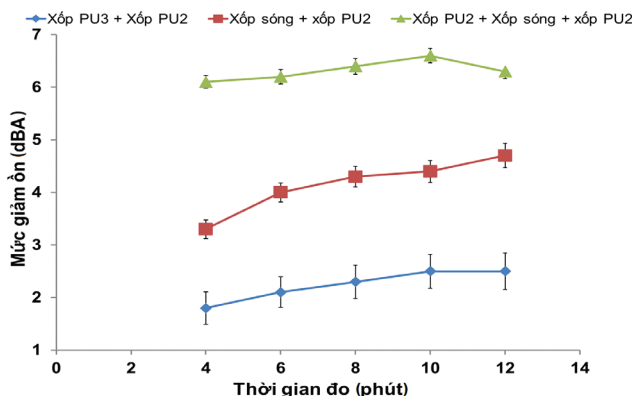
Hình 8. Ảnh hưởng của kết cấu đến mức giảm tiếng ồn.

Như vậy, độ dày càng lớn thì hiệu quả giảm tiếng ồn càng tốt nhưng hiệu quả tăng không tuyến tính theo độ dày [13, 14], khi sử dụng vật liệu nhiều lỗ xốp thì hiệu quả tiêu âm càng tốt nên trong nghiên cứu kết cấu cần tính toán đến tính kinh tế để công trình vừa có thể đảm bảo tính kỹ thuật, vừa có chi phí hợp lý.

3.5. Ảnh hưởng của cấu trúc bề mặt vật liệu đến mức giảm tiếng ồn

Khi năng lượng sóng âm tiếp xúc bề mặt vật liệu thì một phần năng lượng được phản xạ lại môi trường, một phần được hấp thụ và chuyển hóa thành nhiệt năng ở bên trong vật liệu và phần còn lại truyền qua lớp vật liệu, đây là phần năng lượng trực tiếp gây ra tiếng ồn. Khi tăng diện tích tiếp xúc của bề mặt năng lượng sóng âm với bề mặt kết cấu thì hiệu quả giảm năng lượng sóng âm cao hơn [15]. Khi góc tiếp xúc giữa sóng âm với bề mặt tăng thì xảy ra hiện tượng tán xạ âm làm cho thời gian tiếp xúc của các phân tử khí tăng và mức giảm năng lượng sóng âm phản xạ cao hơn so với góc tiếp xúc thấp.

Khi thay thế một lớp xốp phẳng bằng một lớp xốp sóng thì mức giảm tiếng ồn tăng lên 1,5 dBA (hình 9). Vì vậy, đối với những vật liệu xốp, có bề mặt dạng sóng hoặc xốp trùng thì có mức giảm tiếng ồn cao hơn so với các vật liệu xốp có bề mặt phẳng.



Hình 9. Ảnh hưởng của cấu trúc bề mặt vật liệu đến mức giảm tiếng ồn.

4. Kết luận

Kết quả khảo sát cho thấy, tiếng ồn của máy nén khí khi hoạt động đạt đến trên 85 dBA gây ảnh hưởng lớn đến người vận hành. Trong 30 phút hoạt động liên tục thì nhiệt độ xung quanh máy nén khí tăng lên. Nếu sử dụng vật liệu là tấm xốp PU dạng sóng thì mức

giảm tiếng ồn tăng 1,5 dBA so với tấm xốp PU dạng phẳng. Sử dụng vật liệu xốp, bông khoáng rất hiệu quả trong giảm mức tiếng ồn cho máy nén khí. Khi sử dụng kết hợp lớp xốp PU4 cố định bên ngoài và 2 lớp bông khoáng 40 ép chặt bên trong thì mức giảm tiếng ồn có thể đạt 15 dBA, đảm bảo QCVN 26:2010/BTNMT (70 dBA). Kết cấu này hoàn toàn có thể lắp đặt và ứng dụng trong thực tế. Dạng kết cấu và giá trị kiểm chứng trong nghiên cứu có thể được sử dụng làm giới hạn dưới để sản xuất hộp giảm tiếng ồn cho máy nén khí có mức tiếng ồn tương đương. Kết quả từ nghiên cứu này có thể cung cấp cơ sở để mở rộng nghiên cứu, sản xuất hộp giảm tiếng ồn cho các máy nén khí có công suất, mức tiếng ồn thấp hoặc cao hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T.V. Nhan, N.T. Nga (2002), *Textbook of Wastewater Treatment Technology*, Science and Technics Publishing House, 332pp (in Vietnamese).
- [2] A. Patnaika, M. Mvubu, S. Muniyasamy, et al. (2015), "Thermal and sound insulation materials from waste wool and recycled polyester fibers and their biodegradation studies", *Energy and Buildings*, **92**(2015), pp.161-169, DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.01.056.
- [3] A.K. Maria, C.J. James (2011), *Acoustic Absorption in Porous Materials*, Glenn Research Center, Cleveland, Ohio, 27pp.
- [4] L. Dong, L. Yadong (2010), "The effect of temperature gradient field inside sound absorbing materials and structures on their acoustical properties at normal incidence", *The 17th International Congress on Sound and Vibration*, International Institute of Acoustics and Vibration, pp.2155-2162.
- [5] R.O. Kuku, N.A. Raji, T. Bello (2012), "Development and performance evaluation of sound proof enclosure for portable generators", *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, **4**(16), pp.2600-2603.
- [6] J.C. Trevor, D.A. Peter (2004), *Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design, and Application*, Spon Press, 428pp.
- [7] A.B. David, H.H. Colin (2009), *Engineering Noise Control: Theory and Practice*, London Press, 768pp, DOI: 10.1201/9781315273464.
- [8] L.V. Istvan, L.B. Leo (1992), *Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications*, John Wiley & Sons, Inc., 966pp, DOI: 10.1002/9780470172568.
- [9] F.B. Randall (2001), *Industrial Noise Control and Acoustics*, Louisiana Tech University, USA, 556pp, DOI: 10.1201/9780203910085.
- [10] Ministry of Natural Resources and Environment (2010), *National technical regulation on noise - QCVN 26:2010/BTNMT* (in Vietnamese).
- [11] N. Bin (2004), *Processes and equipment in chemical and food technology*, Science and Engineering Publishing House, 262pp (in Vietnamese).
- [12] N.D. Y (2005), *Friction-wear-lubrication textbook*, Construction Publishing, 317pp (in Vietnamese).
- [13] P. Chetan, G. Ratnakar, A. Rajesh (2023), "Effect of air gap, thickness of polyurethane (PU) foam, and perforated panel on sound absorption coefficient for acoustic structures", *International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, Columbus, Ohio, USA, 10pp, DOI: 10.1115/IMECE2022-96880.
- [14] W. Juan, Z. Chenxiao, Y. Deng, et al. (2022), "A review of research on the effect of temperature on the properties of polyurethane foams", *Polymers*, **14**(21), DOI: 10.3390/polym14214586.
- [15] X. Jiang, Z. Wang, Z. Yang, et al. (2018), "Preparation and sound absorption properties of barium titanate/nitrile butadiene rubber-polyurethane foam composites with stratified structure", *RSC Advances*, **8**(37), pp.20968-20975, DOI: 10.1039/C8RA03330G.