ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG CÔNG NGHỆ SBR SỬ DỤNG GIẢI PHÁP TUẦN HOÀN KHÍ

EFFICIENCY EVALUATION OF DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT USING SBR TECHNOLOGY WITH AIR RECIRCULATION

Nguyễn Hoàng Vũ[1], Đỗ Khắc Uẩn[1,*]

DOI: https://doi.org/10.57001/huih5804.2026.066

TÓM TẮT

Nghiên cứu thực hiện đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt bằng công nghệ SBR (Sequencing Batch Reactor) tích hợp giải pháp tuần hoàn khí nhằm tối ưu hóa năng lượng vận hành. Hệ thống thực nghiệm có dung tích 2L được vận hành với nước thải khu dân cư Phú Thứ (Hà Nội) qua 4 chế độ sục khí khác nhau. Kết quả cho thấy chế độ vận hành luân phiên 5 phút sục khí/5 phút tuần hoàn là tối ưu nhất, đạt hiệu suất xử lý COD và amoni lần lượt là 71,6% và 90,3%. Tại chế độ này, tổng thể tích khí cấp giảm đáng kể (còn 663L) so với chế độ sục khí liên tục thông thường (1202L) trong khi nồng độ DO vẫn được duy trì ổn định ở mức 2,13 - 2,96mg/L. Việc tuần hoàn khí không chỉ giúp tiết kiệm năng lượng tiêu tốn cho máy thổi khí mà còn hỗ trợ kiểm soát mùi phát tán, nâng cao tính khả thi của hệ thống SBR trong thực tiễn.

Từ khóa: *Công nghệ SBR, năng lượng, nước thải, tuần hoàn, sục khí.*

ABSTRACT

This study evaluated the treatment efficiency of domestic wastewater using a Sequencing Batch Reactor (SBR) integrated with an air recirculation strategy to optimize operational energy consumption. A laboratory-scale system with a working volume of 2L was operated using domestic wastewater collected from the Phú Thứ residential area (Hà Nội) under four different aeration modes. The results indicated that the alternating operation mode of 5 minutes of aeration followed by 5 minutes of air recirculation was the most optimal, achieving COD and ammonium removal efficiencies of 71.6% and 90.3%, respectively. Under this operating mode, the total supplied air volume was significantly reduced (to 663L) compared with the conventional continuous aeration mode (1202L), while the dissolved oxygen (DO) concentration was stably maintained in the range of 2.13 - 2.96mg/L. Air recirculation not only contributed to energy savings associated with blower operation but also supported the control of odor emissions, thereby enhancing the practical feasibility of the SBR system.

Keywords: *SBR technology, energy, wastewater, recirculation, aeration.*

[1]Trường Hóa và Khoa học Sự sống, Đại học Bách khoa Hà Nội

[*]Email: uan.dokhac@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 05/9/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/01/2026

Ngày chấp nhận đăng: 30/3/2026

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước thải sinh hoạt phát sinh từ các hộ gia đình, các cơ sở kinh doanh dịch vụ và chợ không được thu gom, xử lý mà xả thải vào hệ thống thoát nước mưa hoặc thải trực tiếp ra nguồn tiếp nhận là sông, rạch. Đây là một trong những nguồn thải gây ô nhiễm môi trường nước của khu vực [1]. Hiện này có thể xử lý loại nước thải này bằng các công nghệ như AAO, AO, MBR,… [2, 3]. Chúng đều là các công nghệ xử lý liên tục, đối với nước thải phát sinh theo thời điểm và không liên tục thì để áp dụng các quy trình trên cần bể điều hòa. Điều này làm tốn thêm diện tích xây dựng và yêu cầu phải vận hành cấp nước liên tục.

SBR sử dụng một bể phản ứng theo mẻ thay vì xử lý nước thải liên tục theo không gian như các công nghệ khác [4]. Công nghệ SBR phù hợp xử lý nước thải sinh hoạt, nước thải công nghiệp, nước thải quy mô vừa và

nhỏ… [4, 5]. Việc áp dụng công nghệ xử lý nước thải SBR có hiệu quả để xử lý các chỉ tiêu ô nhiễm liên quan đến Nitơ, Photpho, chất hữu cơ, chất rắn lơ lửng... [4, 6]. Những bể SBR sẽ hoạt động theo một chu trình khép kín bao gồm: Pha làm đầy, pha phản ứng, pha lắng, pha rút nước và pha nghỉ. Có thể thực hiện nhiều hơn 1 chu trình trong khi thực hiện xử lý [5]. Hệ thống không cần bể lắng thứ cấp và hệ thống tuần hoàn bùn, thậm chí có thể bỏ qua bể lắng ban đầu. Toàn bộ quy trình đơn giản, chiếm diện tích nhỏ và chi phí thấp. Quá trình này hợp lý và đơn giản, đòi hỏi ít tài nguyên hơn và mang lại hiệu quả loại bỏ nitơ và phốt pho tốt [4]. Pha nghỉ xảy ra giữa pha rút nước và pha làm đầy, trong đó nước thải đã được xử lý được loại bỏ và nước thải được thêm vào. Độ dài của pha sẽ thay đổi tùy thuộc vào tốc độ dòng chảy vào và chiến lược vận hành của hệ thống [5].

Trong quy trình vận hành năng lượng sẽ tiêu tốn cho các trang thiết bị ví dụ như bơm, máy thổi khí và các thiết bị phụ trợ,… Trong đó năng lượng tiêu tốn cho máy thổi khí có thể chiếm từ 50 - 60% [7] tổng năng lượng tiêu tốn. Việc sục khí thường được tiến hành liên tục. Vì vậy nếu giảm thời gian sục khí lại thì có thể giảm được năng lượng tiêu tốn. Một số nghiên cứu đã thực hiện giải pháp sục khí luân phiên và giải pháp này có thể giảm năng lượng tiêu tốn nhưng ở giải đoạn dừng sục khí mức DO bên trong bể phản ứng sẽ suy giảm nhanh chóng và ảnh hưởng đến các quy trình xử lý ví dụ như quy trình xử lý BOD hoặc quy trình xử lý nitrat hóa.

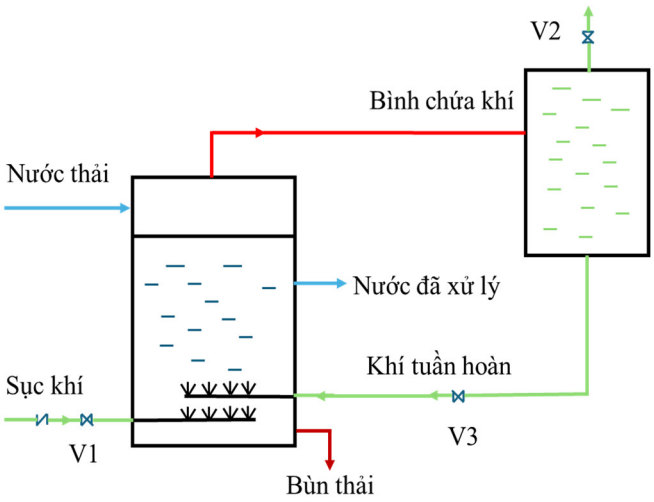
Sau quá trình xử lý, các khí thường thoát ra bề mặt bể. Trong quá trình sục khí oxy trong không khí thường chiếm 20,3% về thể tích [8]. Thường chỉ hấp thụ được 1 - 5% lượng oxy này tùy thuộc vào biện pháp, thiết bị phân phối khí,… vì vậy thành phần oxy trong dòng khí thoát ra còn lại nhiều (khoảng 18 - 20%). Cho nên nếu tuần hoàn lại dòng khí này quay trở lại bể xử lý thì có thể tận dụng phần oxy còn lại tiếp tục cung cấp cho quá trình xử lý. Tuy nhiên trong thành phần khí thoát ra từ bể xử lý thường có các thành phần khí gây mùi như H_2S, CH_3SH, NH_3,… nên cần được xử lý và kiểm soát để không gây ô nhiễm thứ cấp. Vì vậy để có thể để tuần hoàn dòng khí này cần thiết phải loại bỏ các thành phần trên bằng các phương pháp phù hợp. Về nguyên tắc các khí này có thể kiểm soát bằng phương pháp hấp phụ hoặc hấp thụ. Phương pháp hấp thụ cần những hóa chất phức tạp nên lựa chọn phương pháp hấp phụ sẽ có tính phù hợp với hệ thống hơn. Ngoài ra, tiềm năng tiết kiệm năng lượng có thể đến từ việc tối ưu hóa hệ thống sục khí của hệ thống xử lý, do đây là quá trình tiêu tốn rất nhiều năng lượng và có thể tối ưu thông qua điều chỉnh điểm đặt DO, nâng cấp hệ thống, sử dụng sục khí bong bóng mịn,…

Trên cơ sở phân tích nêu trên mục tiêu của nghiên cứu nhằm đánh giá khả năng giảm năng lượng tiêu tốn của giai đoạn sục khí thông qua giải pháp tuần hoàn khí trong hệ thống SBR xử lý nước thải sinh hoạt. Vì nghiên cứu sẽ tập trung ở giai đoạn sục khí diễn ra quá trình xử lý chính gồm các phản ứng oxy hóa phân hủy COD/BOD và quá trình Nitrate hóa giúp xử lý nitơ, amoni nên nghiên cứu sẽ tập trung vào các thông số như SS, COD, amoni,… của nước thải đầu vào và sau khi xử lý.

2. PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

2.1. Hệ thống xử lý

Hệ thống SBR dùng trong nghiên cứu thể hiện trên hình 1. Trong đó, bể SBR có thể tích làm việc 2L (đường kính ngoài: 90mm; Chiều cao tổng: 520mm). Hệ thống xử lý nước thải SBR được vận hành theo 4 giai đoạn: nạp nước thải, sục khí, lắng và tháo rút bùn, nước. Một lượng bùn được rút ra hàng ngày để duy trì hàm lượng bùn trong bể tương đối ổn định. Đối với sục khí trong hệ thống SBR bình thường cần phải sục khí liên tục tạo ra khí thải ra có mùi và chứa lượng oxy lớn. Hệ thống có bình chứa tích lũy lượng khí phát sinh và sục ngược trở lại hệ thống. Chế độ vận hành chung của hệ thống: Khi sục khí chạy van V1 mở, V2 và V3 đóng, khi sục khí ngưng và cấp khí ngược từ téc chứa khí về hệ thống thì van V1 đóng, V2 đóng, V3 mở. Van 2 chỉ mở khi xả lượng khí không thực hiện chu trình tuần hoàn.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống SBR xử lý nước thải có tuần hoàn khí

Năng lượng tiêu tốn của hệ thống bao gồm các thiết bị chính và các thiết bị phụ trợ bao gồm: Máy thổi khí (60W), Công tắc thời gian đôi Anly ATDV-Y (1,6W), Van điện tử invensys (10W).

Bảng 1. Điều kiện vận hành mỗi giai đoạn

TT	Các giai đoạn	Điều kiện vận hành
1	Nạp nước thải	Nạp nước thải vào, không sục khí, t = 0,5 giờ
2	Quá trình sục khí	Bật máy thổi khí, ngừng nạp nước thải, t = 4 giờ
3	Quá trình lắng	Không sục khí và không nạp nước thải, t = 1 giờ
4	Tháo rút nước	Rút nước sạch ra, không sục khí, t = 0,5 giờ

Tổng thời gian hoàn thiện một mẻ sẽ là 6 tiếng và một ngày sẽ làm 4 mẻ. Mỗi một lần rút nước sẽ rút 60% lượng nước trong bể tương đương với 1,2L/mẻ và lượng nước một ngày xử lý được sẽ là 4,8L nước. Trong nghiên cứu này sẽ vận hành hệ thống ở 4 chế độ khác nhau bao gồm: Sục khí liên tục 4 giờ, tuần hoàn sục khí hoạt động 2 phút dừng 2 phút, tuần hoàn sục khí hoạt động 5 phút dừng 5 phút, tuần hoàn sục khí hoạt động 10 phút dừng 10 phút.

2.2. Nước thải dùng trong nghiên cứu

Bảng 2. Đặc điểm của nước thải trước xử lý

TT	Đặc điểm	Đơn vị	Giá trị
1	COD	mg/L	380
2	Amoni (Tính theo N)	mg/L	60
3	BOD_5	mg/L	220
4	Tỷ lệ BOD/COD	-	≈ 0,62
5	Đặc điểm cảm quan	-	Vàng nhạt và đục

Hình 2. Khu vực lấy mẫu nước thải

Nước thải dùng cho nghiên cứu được lấy tại cống thoát nước chung của Tổ dân phố Phú Thứ, thuộc phường Tây Mỗ, Hà Nội. Tổ dân phố Phú Thứ có 700 hộ gia đình với hơn 2.600 nhân khẩu. Trên địa bàn tổ dân phố Phú Thứ có nhiều hoàn động khác nhau (sinh hoạt, cửa hàng, phòng khám, trạm y tế, nhà trẻ, mẫu giáo, trường mầm non,… vì vậy, nước thải của khu vực có tính đặc trưng cho nước thải sinh hoạt của khu dân cư. Toàn bộ nước thải trên địa bàn tổ dân phố được thu gom theo và đấu nối với hệ thống thoát nước của phường, nên thuận tiện cho việc lấy mẫu.

2.3. Các yếu tố ảnh hưởng

Nghiên cứu sử dụng hệ thống sục khí tuần hoàn khác với sục khí liên tục của hệ thống SBR thông thường nên cần xem xét mức độ ảnh hưởng đến lượng oxy hòa tan trong nước. Các yếu tố ảnh hưởng đến lượng oxy hòa tan, bao gồm thời gian tiếp xúc, biện pháp sục khí, nhiệt độ, áp suất,… Thời gian tiếp xúc ảnh hưởng lớn đến khả năng hòa tan oxy. Việc tăng cường sục khí gia tăng hàm lượng lớn DO từ 6,6mg/l đến 20mg/l [9]. Biện pháp sục khí bằng bong bóng thô có khả năng đảo trộn tốt, nhưng khả năng hòa tan khí kém, ngược lại, sục khí bong bóng mịn có khả năng tăng cường quá trình hòa tan oxy, giúp phát triển cộng đồng vi sinh vật đa dạng và phong phú hơn [10]. Sục khí bằng bong bóng mịn có mức tiêu thụ năng lượng thấp hơn xét về tổng nhu cầu năng lượng riêng trung bình (0,35 so với 0,45kWh/d) và tổng lượng khí thải carbon trung bình (0,25 so với 0,32kg/d) [10]. Độ hòa tan của oxy giảm khi nhiệt độ tăng. Điều này có nghĩa là nước bề mặt ấm hơn cần ít oxy hòa tan hơn để đạt được độ bão hòa không khí 100% so với nước sâu hơn, mát hơn [8]. Oxy hòa tan sẽ tăng khi áp suất tăng. Điều này đúng với cả áp suất khí quyển và áp suất thủy tĩnh. Nước ở độ cao thấp hơn có thể chứa nhiều oxy hòa tan hơn nước ở độ cao hơn [8].

2.4. Phân tích và đo đạc

Trong quá trình vận hành phân tích qua các thông số cơ bản như SS (Phương pháp giấy lọc), COD (Phương pháp Hach 8000-COD), amoni (Test kit xác định amoniac, model NI-SA) và đo đạc các thông số lưu lượng khí (Đồng hồ đo lưu lượng), áp suất (Đồng hồ đo áp suất KK gauge), nhiệt độ (Đồng hồ đo nhiệt độ inox DAEWON), thể tích khí (Đồng hồ đo lưu lượng khí mặt kính hiện thị LZB-6WB), DO hòa tan, MLSS (Phương pháp giấy lọc), năng lượng tiêu tốn (Công tơ điện EMIC CV140 1 pha 2 dây).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá các điều kiện làm việc của hệ thống SBR

Kết quả đánh giá tỷ lệ F/M tại các mức MLSS khác nhau trong bể SBR (1000 đến 3000mg/L) thể hiện trên bảng 3.

Bảng 3. Khảo sát tỷ lệ F/M ở các mức MLSS khác nhau

STT	MLSS, mg/L	Q, L/mẻ	$V_{bể\ SBR}$, L	F/M (mg BOD_5/mg bùn.mẻ)
1	1000	1,2	2	0,14
2	1500	1,2	2	0,09
3	2000	1,2	2	0,07
4	2500	1,2	2	0,06
5	3000	1,2	2	0,05

Kết quả thu được trong bảng 3 cho thấy, mặc dù có mức khuyến cáo nồng độ MLSS dao động khoảng 1500 đến 5000mg/L. Tuy nhiên khi nồng độ bùn hoạt tính tăng từ 1000 đến 2500 thì hiệu suất xử lý COD và amoni có tăng nhưng không đáng kể (chỉ khoảng 1 đến 4%). Ở hàm lượng MLSS bằng 3000mg/L, hiệu suất xử lý COD được tăng lên thêm 7% so với mức MLSS bằng 1000mg/L, tuy nhiên việc nồng độ MLSS cao có thể tạo ra bọt dày, màu sẫm chứa chất rắn chưa lắng khiến lớp bùn dày đặc, gián tiếp dẫn đến chất lượng nước thải kém [11]. Ngoài ra, tại mức MLSS bằng 1000mg/L cho thế tỷ lệ F/M tối ưu nhất so với các mức MLSS khác. Từ các phân tích trên, việc lựa chọn nồng độ MLSS bằng 1000mg/L sẽ có thể đáp ứng được nhu cầu xử lý và vận hành của hệ thống.

Hàm lượng bùn hoạt tính trong bể ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng rút nước của hệ thống. Kết quả đánh giá khả năng rút nước theo hàm lượng bùn khác nhau thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4. Khả năng rút nước dựa theo hàm lượng bùn khác nhau trong bể SBR

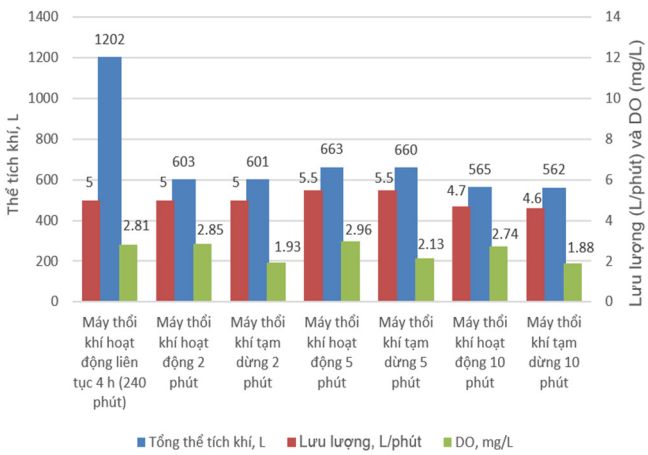
STT	Hàm lượng bùn trong bể SBR, mg/L	Hàm lượng bùn lắng nén, mg/L	Thể tích nước trong, ml/L	Tỷ lệ nước có thể rút, %	Thời gian lưu bùn, ngày
1	1000	3660	810	81	11
2	1500	5120	720	72	12
3	2000	6240	640	64	13
4	2500	7400	560	56	14
5	3000	7850	450	45	15

Từ bảng 4 cho thấy, đi với hàm lượng bùn trong bể là 1000mg/L cho được khả năng rút nước là cao nhất (hơn 80%) nhưng cũng là thời gian lưu bùn là ngắn nhất và tương ứng với đó lượng bùn phải xả ra sẽ nhiều hơn so với các hàm lượng bùn khác. Bên cạnh đó các hàm lượng bùn còn lại tuy có thời gian lưu lâu hơn và lượng bùn thải ít hơn nhưng lại có tỷ lệ rút nước thấp hơn nhiều so với mức nồng độ 1000mg/L. Ở một số kết quả được nghiên cứu, thời gian lưu bùn được khuyến nghị trong khoảng 9 - 12 ngày nhằm duy trì cộng đồng vi sinh vật tương đối ổn định nhằm tạo bông và tách sinh khối hiệu quả [12]. Có thể thấy mức thời gian lưu bùn 11 ngày cho thấy sự phù hợp của việc kiểm soát điều kiện làm việc.

3.2. Sự phụ thuộc giữa thời gian thổi khí và thể tích khí cung cấp cho hệ thống

Thể tích không khí sục vào hệ thống khi máy thổi khí làm việc liên tục và khi làm việc/tạm dừng thể hiện trên hình 3. Kết quả từ hình 3 cho thấy so sánh về mức độ sục khí của hệ thống làm việc liên tục và hệ thống làm việc tạm dừng. Về tổng thể tích không khí cấp cho hệ thống khi sục khí liên tục 4 tiếng là 1202L (DO đạt 2,81mg/L). Trong khi đó ở chế độ 2 phút sục khí/2 phút tuần hoàn có thể tích không khí cấp vào hệ thống tương ứng là 603L và 601L (tương ứng với DO lần lượt là 2,85mg/L và 1,93mg/L). Ở chế độ vận hành 5 phút sục khí/5 phút tuần hoàn có mức thể tích không khí cấp vào hệ thống tương ứng là 663L và 660L (tương ứng với DO lần lượt là 2,96mg/L và 2,13mg/L). Cuối cùng là chế độ vận hành ở chế độ 10 phút sục khí/10 phút tuần hoàn có mức thể tích không khí cấp vào hệ thống là thấp nhất tương ứng là 565L và 562L (tương ứng với DO lần lượt là 2,74mg/L và 1,88mg/L). Như vậy ở chế độ vận hành 5 phút sục khí: 5 phút tuần hoàn có tổng thể tích sục khí, lưu lượng sục khí trung bình và mức DO cao hơn so với các chế độ khác.

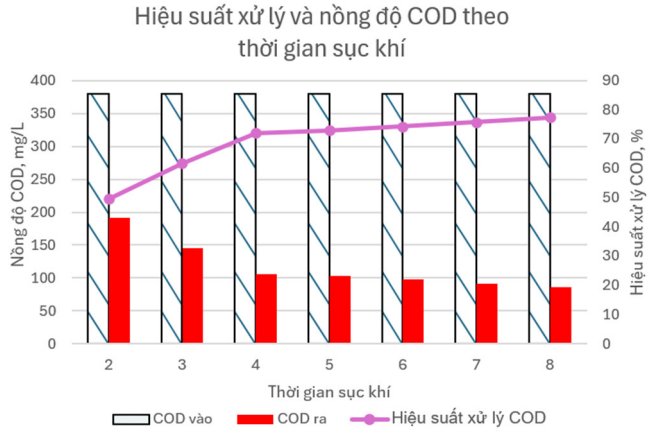
Lưu lượng khí trung bình trong hệ thống dao động từ 4,6 đến 5,5L/phút, nhưng đa phần sẽ ổn định ở mức 5L/phút. Việc kéo dài chu trình sục khí lên 10 phút hoạt động dừng 10 phút có thể làm giảm lượng DO trong nước. Từ các kết quả trên có thể thấy, giữa 3 hệ thống làm việc/tạm dừng thì hệ thống hoạt động 5 phút dừng 5 phút có tổng thể tích sục khí, lưu lượng sục khí trung bình và mức DO cao nhất.



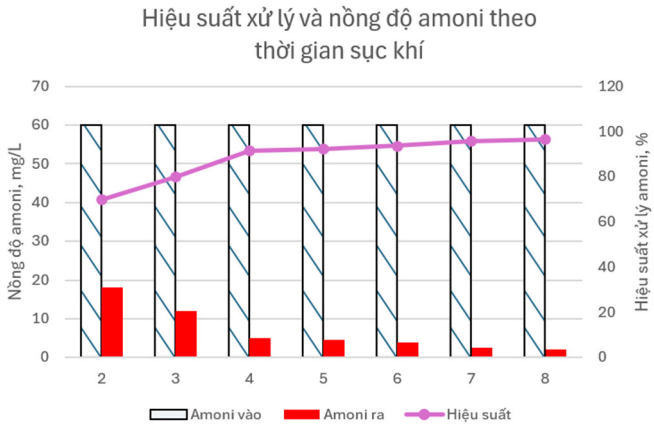
Hình 3. Sự biến thiên thể tích khí, lưu lượng cấp khí và DO trong bể ở các chế độ vận hành máy thổi khí khác nhau

3.3. Hiệu quả xử lý COD và amoni ở thời gian sục khí khác nhau

Hiệu quả xử lý COD và amoni theo thời gian sục khí khác nhau thể hiện trên hình 4 và 5.



Hình 4. Sự thay đổi của hiệu suất xử lý COD theo thời gian sục khí

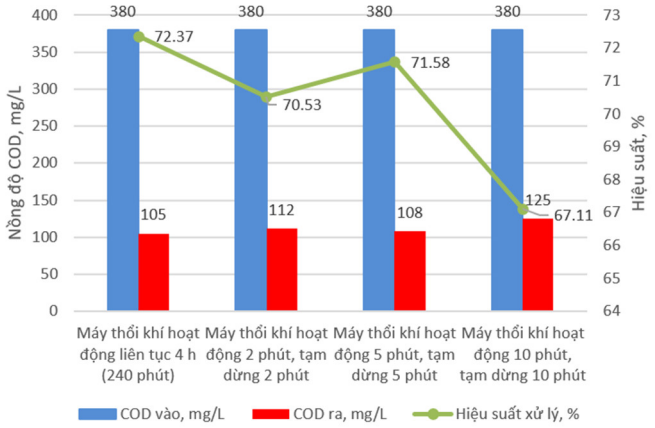


Hình 5. Sự thay đổi của hiệu suất xử lý amoni theo thời gian sục khí

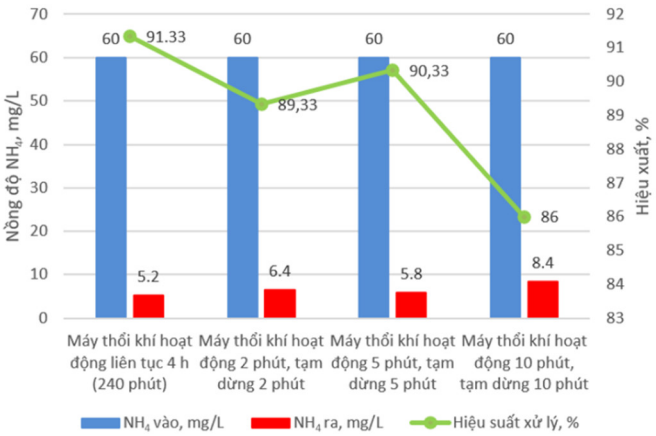
Từ hình 4 và 6 có thể thấy, hiệu suất xử lý của COD, NH_4 thay đổi rất lớn khi thay đổi thời gian sục khí từ 2 tiếng đến 4 tiếng (trung bình mỗi giờ tăng dần từ 10 đến 22%) với hàm lượng bùn là 2500mg/L và DO = 2mg/L. Khi thời gian sục khí tăng từ 4 tiếng đến 8 tiếng thì hiệu suất của cả hai có tăng nhưng không đáng kể (chỉ từ 1 đến 5%). Ngoài việc tăng thời gian sục khí làm tiêu tốn thêm năng lượng và thời gian xử lý. Đối với amoni, kết quả của sục khí 4 tiếng đã đạt cột A của QCVN 14:2008/BTNMT với giá trị là 5mg/L. Có thể thấy từ phân tích trên việc lựa chọn thời gian sục khí là 4 tiếng có khả năng đảm bảo COD đầu ra thấp, hiệu quả xử lý amoni cao và tiết kiệm được thời gian sục khí. Trong một số nghiên cứu khác thí nghiệm với nước thải ô nhiễm thấp và có thời gian vận hành 1 mẻ gần giống với mô hình thực tế này (khoảng 6 tiếng 20 phút/mẻ), họ nghiên cứu mô hình với 2,2 tiếng khuấy trộn cơ học và 2,8 tiếng sục khí, nên cũng có thể khi có sục khí cơ học có thể cân nhắc giảm thời gian đảo trộn bằng sục khí [13]. Bên cạnh đó kết quả phân tích BOD cho thấy với tỷ lệ BOD/COD ≈ 0,62 có thể ước tính được BOD đầu ra ≈ 66mg/L. Với giá trị này so với QCVN 14:2008/BTNMT là chưa đạt cả cột A và B nhưng trong quá trình vận hành 1 phần BOD sẽ tiêu tốn cho quá trình khử nitrat nên BOD trong giai đoạn này không cần đạt tiêu chuẩn.

3.4. Ảnh hưởng của chế độ sục khí đến hiệu quả xử lý COD và amoni

Hình 6 và 7 biểu thị hiệu xuất xử lý COD, amoni hệ thống sục khí liên tục với các hệ thống hoạt động/tạm dừng. Với chế độ làm việc liên tục có hiệu quả xử lý COD đạt khoảng 72,4%, amoni đạt khoảng 91,3% Ở chế độ vận hành 2 phút sục khí/2 phút tuần hoàn khí có hiệu quả xử lý COD đạt khoảng 70,5%, amoni đạt khoảng 89,3%. Ở chế độ vận hành 5 phút sục khí/5 phút tuần hoàn cho thấy hiệu quả xử lý COD tăng khoảng 71,6%, amoni đạt khoảng 90,3%. Ở chế độ vận hành 10 phút sục khí/10 phút tuần hoàn cho thấy hiệu quả xử lý COD giảm còn khoảng 67,1%, amoni đạt khoảng 86%. Như vậy ở chế độ vận hành 5 phút sục khí/5 phút tuần hoàn có khả năng đáp ứng nhu cầu xử lý nước thải cao hơn so với các chế độ khác.



Hình 6. Hiệu quả xử lý COD ở các mức thổi khí khác nhau



Hình 7. Hiệu quả xử lý amoni ở các mức thổi khí khác nhau

Ở một số nghiên cứu hệ thống SBR khác có mức sục khí và đảo trộn là 4 tiếng đạt hiệu xuất xử lý đối với COD là 83,3%, đối với amoni là 69,23% [14]. Với khả năng xử lý COD có phần cao hơn có thể là do hệ thống này sử dụng cả sục khí và khuấy trộn cơ học để đảo trộn nên hiệu quả xử lý có thể cao hơn, ngoài ra nhiệt độ. Còn với hiệu xuất xử lý amoni có thể bởi nhiều yếu tố khác như nhiệt độ, mức MLSS trong bể, tỷ lệ F/M,…

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Dựa trên kết quả khảo sát thực nghiệm về ảnh hưởng của các chế độ sục khí luân phiên tuần hoàn khí, nghiên cứu xác định chế độ vận hành 5 phút sục khí - 5 phút tuần hoàn là chế độ vận hành tối ưu cho hệ thống SBR này. Đối với chế độ này, hệ thống không chỉ duy trì nồng độ oxy hòa tan (DO) và lưu lượng khí cấp ổn định hơn so với các chế độ 2 phút hay 10 phút, mà còn đảm bảo hiệu suất loại bỏ COD và amoni ở mức cao nhất, đồng thời tiết kiệm đáng kể năng lượng vận hành. Giải pháp tuần hoàn khí quay lại bể xử lý không chỉ góp phần giảm thiểu mùi hôi phát tán và kiểm soát chất lượng khí thải theo tiêu chuẩn QCVN 19:2009/BTNMT và QCVN 20:2009/BTNMT, mà còn mang lại giá trị thực tiễn cao trong quy hoạch hạ tầng kỹ thuật. Cụ thể, việc kiểm soát triệt để phát thải khí giúp rút ngắn khoảng cách cách ly an toàn từ 80m xuống còn 10m so với khu dân cư, tạo điều kiện thuận lợi và linh hoạt cho việc bố trí các trạm xử lý nước thải trong các đô thị có quỹ đất hạn chế.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Bách khoa Hà Nội (HUST) trong đề tài mã số T2024-TĐ-001.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Võ Quốc Bảo, Nguyễn Văn Tuyến, Phạm Văn Toàn, Văn Phạm Đăng Trí, "Đánh giá hiện trạng và đề xuất biện pháp giảm tải lượng ô nhiễm nước thải từ các nguồn thải chính của tỉnh Vĩnh Long," *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 59, 54-64, 2023.

[2]. Peizhen Chen,Wenjie Zhao, Dongkai Chen, Zhiping Huang, Chunxue Zhang, Xiangqun Zheng, "Research Progress on Integrated Treatment Technologies of Rural Domestic Sewage: A Review," *Water,* 14, 15, 1-24, 2022.

[3]. Ren Yan, "Comparison of AO and MBR Integrated Process for Treating Urban Domestic Sewage," *Water pollution and treatment*, 11, 2, 41-47, 2023.

[4]. Xinyu Li, Xu Zhang, Min Zhao, Xiangyong Zheng, Zhiquan Wang, Chunzhen Fan, "Application of Decentralized Wastewater Treatment Technology in Rural Domestic Wastewater Treatment," *Sustainability,* 16(19), 8635, 2024

[5]. United States Environmental Protection Agency, *Wastewater Technology Fact Sheet Sequencing Batch Reactors.* EPA, Washington, D.C, 1999.

[6]. G K Azeez, F Y AlJaberi, S A Ahmed, A A Hussain, "Sequencing Batch Reactor (SBR) Technology in Wastewater Treatment: A Mini-Review," in *2nd Muthanna International Conference on Engineering Science and Technology*, Samawah, Iraq, AIP Publishing, 2023.

[7]. Yifan Gu, Yue Li, Xuyao Li, Pengzhou Luo, Hongtao Wang, Xin Wang, Jiang Wu, Fengting Li, "Energy self-sufficient wastewater treatment plants: Feasibilities and challenges," *Energy Procedia,* Shanghai, 2016.

[8]. Fondriest Environmental Inc., *Dissolved Oxygen*. Fundamentals of Environmental Measurements. 19 Nov. 2013. Web. < https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/ >...

[9]. Febiyanto, "Effects of Temperature and Aeration on The Dissolved Oxygen (DO) Values," *Walisongo Journal of Chemistry,* 2020.

[10]. Runzhang Zuo, Dajun Ren, Yangfan Deng, Canhui Song, Yubin Yu, Xiejuan Lu, Feixiang Zan, Xiaohui Wu, "Employing low dissolved oxygen strategy to simultaneously improve nutrient removal, mitigate membrane fouling, and reduce energy consumption in an AAO-MB system: Fine bubble or coarse bubble?," *Journal of Water Process Engineering*, 57, 104602, 2024.

[11]. Saleha Kuzniewski, *Wastewater Digest*. Available: https://www.wwdmag.com/what-is-articles/article/33011991/what-is-mixed-liquor-suspended-solids. [Đã truy cập 18 4 2024].

[12]. B.Q. Liao, I.G. Droppo, G.G. Leppard, S.N. Liss, *Effect of solids retention time on structure and characteristics of sludge flocs in sequencing batch reactors.* The International Water Association, Burlington, 2006.

[13]. W. Janczukowicz, M. Szewczyk, M. Krzemieniewski, J. Pesta, "Settling Properties of Activated Sludge from a Sequencing Batch Reactor (SBR)," *Polish Journal of Environmental Studies*, Olsztyn, 2000.

[14]. Ali H. Al-Aboodi, Husham T.Ibrahim, Sarmad A.Abbas, "Performance Of Sequencing Batch Reactor (SBR) For Domestic Wastewater Treatment Under Low Temperature In Basrah City (South Of Iraq)," *International Journal of Civil Engineering and Technology*, Basrah, 2017.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Hoang Vu, Do Khac Uan

School of Chemistry and Life Sciences, Hanoi University of Science and Technology, Vietnam