

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN SỤC KHÍ ĐẾN HIỆU QUẢ XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG CÔNG NGHỆ SBR

EFFECTS OF AERATION TIMES ON THE PERFORMANCE OF SBR SYSTEM IN TREATING DOMESTIC WASTEWATER

Đỗ Khắc Uẩn

*Viện Khoa học và Công nghệ
Môi trường, Trường Đại học
Bách Khoa Hà Nội*

Email: dokhacuan@yahoo.com

Văn Thị Thu

*Trung tâm Công nghệ Vật liệu,
Viện Ứng dụng Công nghệ,
Bộ Khoa học và Công nghệ*

Võ Thị Mỹ Hạnh

*Công ty CP Trung tâm Nghiên
cứu và Ứng dụng CNMT
Trung Việt, Quy Nhơn*

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của thời gian sục khí đến hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt bằng công nghệ SBR. Nước thải sinh hoạt được thu từ hệ thống cống thải của khu KTX B5a của Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội và được lọc sơ bộ trước khi nạp vào bể SBR. Thời gian sục khí thay đổi từ 2 - 10 h. Kết quả thu được cho thấy, khi tăng thời gian sục khí, hiệu suất xử lý COD, BOD₅, TP và TN đều có xu hướng tăng lên. Ở thời gian sục khí 8 h, hệ thống đạt hiệu suất xử lý cao nhất, COD: 80,1%, BOD₅: 88,3%, TP: 65%, TN: 82,2%. Tuy nhiên, thời gian sục khí hầu như không ảnh hưởng đến chỉ số thể tích bùn. Tỷ lệ MLVSS/MLSS cũng không bị ảnh hưởng khi tăng thời gian sục khí.

Từ khóa: công nghệ SBR; nước thải; xử lý; thời gian sục khí; chỉ số thể tích bùn

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the effect of aeration time on the performance of the SBR technology in treating domestic wastewater. Domestic wastewater was collected from the sewage systems in the B5a dormitory of Hanoi University of Science and Technology. It was pre-screened before filling into the SBR system. The aeration times were varied from 2 h to 10 h. As a result, the treatment efficiencies of COD, BOD₅, TP and TN increased when aeration time increased. For 8 h of aeration, the system reached the highest treatment efficiencies with COD 80.1%, BOD₅ 88.3%, TP 65%, and TN 82.2%. However, an increase in aeration time did not affect the sludge volume index. The MLVSS/MLSS ratio was also not influenced by the aeration time.

Key words: sequencing batch reactor (SBR); wastewater; treatment; aeration time; sludge volume index

1. Đặt vấn đề

Nước thải sinh hoạt của cán bộ, sinh viên và từ các dịch vụ phục vụ giảng dạy, nghiên cứu của Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (ĐHCKHN) thải ra khoảng 1015 m³/ngày [1]. Lượng nước thải này mới chỉ được xử lý sơ bộ bằng bể tự hoại và thải ra sông Sét (đoạn sông này đã được cống hóa tạo thành đường Trần Đại Nghĩa). Hầu hết các thông số trong nước thải (COD, BOD₅, TN, TP) đều vượt giá trị giới hạn trong QCVN 14:2008/BTNMT, đối với nước thải sinh hoạt, cột B [2, 3], nên nguồn nước thải này đã và đang góp phần không nhỏ gây ô nhiễm trên các sông hồ ở Thành phố Hà Nội. Vì vậy, việc tiến hành nghiên cứu xử lý nguồn nước thải này trong phòng thí nghiệm nhằm cung cấp các thông tin cho thiết kế hệ thống xử lý nước thải

quy mô lớn là rất cần thiết.

Các hoạt động của trường hầu như chỉ diễn ra ban ngày, nên nguồn nước thải ra thường không liên tục. Cho nên, việc lựa chọn công nghệ xử lý gián đoạn sẽ phù hợp hơn so với công nghệ xử lý liên tục. Công nghệ hiếu khí theo mẻ (SBR) là một trong những công nghệ được sử dụng khá phổ biến để xử lý nước thải sinh hoạt [4]. Công nghệ này có ưu điểm lớn là toàn bộ các hoạt động xử lý chỉ diễn ra trong một bể duy nhất, nên có diện tích mặt bằng nhỏ, điều này rất phù hợp cho các trường đại học, vốn có diện tích hạn chế. Bên cạnh đó, công nghệ này khá linh hoạt trong khâu vận hành, và có khả năng vận hành tốt với các nguồn thải có đặc trưng biến động lớn [5, 6]. Tuy nhiên, do công nghệ này gồm 5 giai đoạn chính trong 1 chu trình xử lý: (i) nạp nước thải; (ii) khuấy trộn;

(iii) sục khí; (iv) lắng; và (v) xả nước sau xử lý [7]. Các giai đoạn này nối tiếp nhau, nên đều có ảnh hưởng đến hiệu quả quá trình xử lý. Trong đó, giai đoạn sục khí có ảnh hưởng quyết định đến quá trình ôxi hóa các hợp chất hữu cơ và quá trình nitrat hóa. Thời gian sục khí càng lớn, có khả năng tăng hiệu quả xử lý, tuy nhiên sẽ làm tăng chi phí vận hành do tăng thời gian sục khí. Ngược lại, thời gian sục khí nhỏ, có thể tiết kiệm chi phí vận hành, nhưng có thể không đảm bảo được hiệu quả xử lý.

Do đó, mục đích của nghiên cứu này là tiến hành đánh giá ảnh hưởng của thời gian sục khí đến hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của ĐHBKHN bằng công nghệ SBR. Từ đó, có thể xác định được thời gian sục khí thích hợp đối với việc xử lý nguồn nước thải sinh hoạt của ĐHBKHN. Ngoài ra, ảnh hưởng của quá trình sục khí đến chỉ số lắng của bùn cũng được thảo luận, vì đây là một thông số quan trọng có ảnh hưởng lớn đến chất lượng nước sau xử lý.

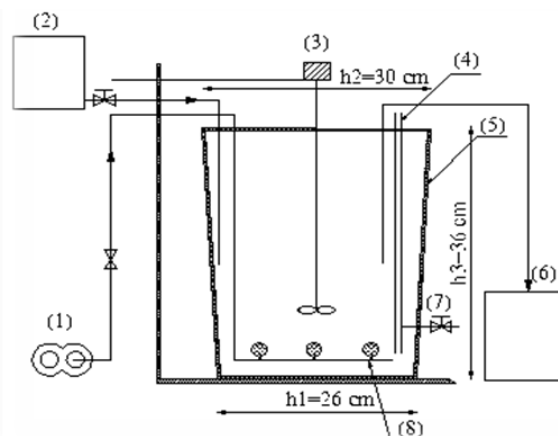
2. Phương pháp nghiên cứu và khảo sát

2.1. Hệ thống SBR dùng trong nghiên cứu

Hệ thống SBR dùng trong nghiên cứu thể hiện trên hình 1. Hệ thống gồm: thùng chứa nước thải (dung tích $V = 20$ L). Bể SBR, thân hình trụ, chế tạo bằng vật liệu PS, và có thể tích làm việc 12 L. Trong hệ thống lắp đặt các thiết bị cần thiết khác như: máy khuấy, máy sục khí, hệ thống phân phối khí và bộ điều khiển thời gian cho các giai đoạn vận hành.

Nước thải sinh hoạt của ĐHBKHN được thu gom từ cống thải của khu ký túc xá B5a và được lọc qua lưới lọc sơ bộ có kích thước lỗ 212 μm để loại bỏ các tạp chất lớn, sau đó đổ vào thùng chứa nước thải. Đặc trưng của nguồn nước thải này được thể hiện trong Bảng 1.

Nước thải từ thùng chứa sẽ được điều chỉnh bằng hệ thống van để chảy vào bể SBR. Quá trình nạp nước thải và khuấy trộn diễn ra trong 4 h. Tiếp theo đó, để đánh giá ảnh hưởng của thời gian sục khí, giai đoạn này được thực hiện theo các thời gian khác nhau, thay đổi từ 2 h, 4 h, 6 h, 8 h, và 10 h. Quá trình lắng được thực hiện trong 1,5 h và rút nước sau xử lý trong khoảng 0,5 h.



Hình 1. Hệ thống SBR dùng trong nghiên cứu

Ghi chú: (1) Máy thổi khí, (2) Thùng chứa nước thải, (3) Máy khuấy, (4) Ống thông khí, (5) Bể SBR, (6) Thùng chứa nước sau xử lý, (7) Van xả bùn, (8) Bộ phận phân phối khí

Bảng 1. Đặc trưng của nguồn nước thải sinh hoạt của ĐHBKHN

Thông số	Giá trị			
	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Trung bình	Độ lệch chuẩn
pH	8,3	7,1	7,8	0,1
SS (mg/L)	287	126	228	51
COD (mg/L)	838	425	724	134
BOD ₅ (mg/L)	620	369	478	74
TN (mg/L)	82,7	61,3	78,8	6,6
TP (mg/L)	25,3	16,6	21,5	2,8

Hàm lượng bùn hoạt tính trong bể SBR được duy trì khoảng 2500 mg/L ở trạng thái lơ lửng nhờ hệ thống khuấy trộn (tốc độ khuấy trộn 200 vòng/phút). Nồng độ oxy hoà tan (DO) trong bể SBR ở giai đoạn sục khí được duy trì khoảng trên 3 mg/L, với lưu lượng cấp khí khoảng 11 L/phút.

2.2. Phương pháp phân tích

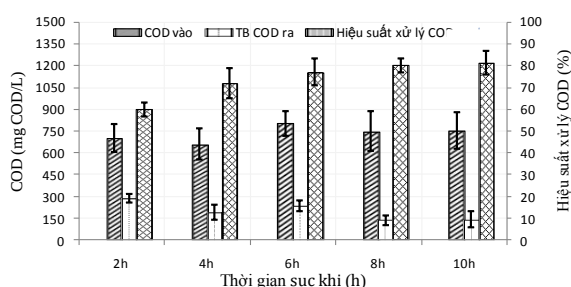
Trong quá trình nghiên cứu, các thông số được đo đạc và phân tích theo phương pháp chuẩn. Cụ thể MLSS, MLVSS được phân tích theo TCVN 6625:2000. COD được xác định theo TCVN 6419:1999. BOD₅ được xác định theo TCVN 6001-2:2008. TN được xác định

theo TCVN 5987-1995. TP được xác định theo TCVN 6202:2008. pH được đo bằng pH Metter. DO được đo bằng DO Metter Toledo AG.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Ảnh hưởng của thời gian sục khí đến hiệu suất xử lý COD

Kết quả phân tích cho thấy, COD trong nước thải sinh hoạt của ĐHBKHN dao động khá lớn, từ 425 - 836 mg/L. Tuy nhiên, pH trong nước thải khá ổn định trong khoảng 7 - 8, giống như đặc điểm của nước thải sinh hoạt thông thường [8], phù hợp cho xử lý sinh học.



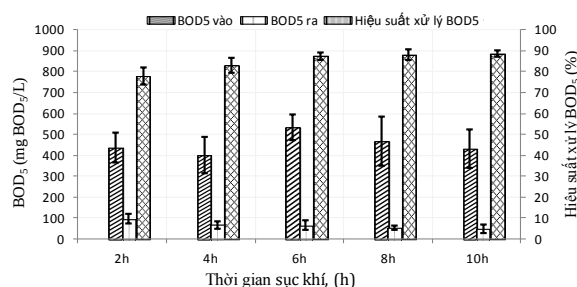
Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian sục khí đến hiệu suất xử lý COD

Sau 2h sục khí và khuấy trộn đều, COD vẫn chưa được xử lý hoàn toàn, hiệu suất xử lý của quá trình thấp, trung bình đạt 60%, tương ứng với COD trong dòng sau xử lý trung bình khoảng 284 mg/L. Kết quả thu được cho thấy do thời gian sục khí 2 h chưa đủ để các vi khuẩn phân giải hết các chất hữu cơ có trong nước thải. Khi tăng thời gian sục khí lên 4 h và 6 h thì hiệu suất xử lý COD được cải thiện đáng kể, tăng lên đến 75%. Tiếp tục tăng đến 8 h sục khí, hiệu suất xử lý trung bình đạt 80,1%, tương ứng với COD dòng ra trung bình khoảng 143 mg/L. Tuy nhiên khi tiếp tục tăng thời gian sục khí lên đến 10 h, hiệu suất xử lý COD của quá trình tăng lên không đáng kể (chỉ từ 80,1% lên 81,4%). Các kết quả cho thấy nếu duy trì thời gian sục khí ở 8 h, hầu như các chất hữu cơ dễ phân hủy đã được xử lý, trong nước có thể còn lại chủ yếu là các hợp chất hữu cơ khó hoặc không phân hủy như các hợp chất của dầu mỡ động thực vật, các chất tẩy rửa,... Trong quá trình vận hành, có nhiều thời điểm (16/12/2012 - 26/12/2012) quan sát thấy hàm lượng bọt của chất tẩy rửa nổi đầy trên bề mặt xử lý (hình 3). Trong các thời điểm này, hàm lượng COD dòng vào tăng lên đột biến, làm giảm hiệu quả xử lý.



Hình 3. Hình ảnh hệ thống vận hành bình thường (a) và hiện tượng nổi bọt (b)

Các kết quả về hiệu quả xử lý BOD₅ (hình 4) góp phần giải thích và đánh giá mức độ phân hủy của các chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học. Khi tăng thời gian sục khí, hiệu suất xử lý BOD₅ cũng tăng lên.



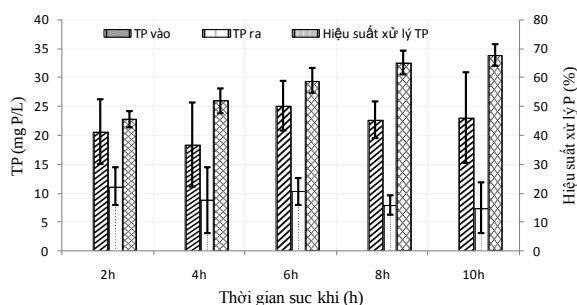
Hình 4. Ảnh hưởng của thời gian sục khí đến hiệu suất xử lý BOD₅

BOD₅ dòng vào trung bình trong khoảng 369 - 620 mg/L. Hiệu suất xử lý BOD₅ trong 2 h không cao, trung bình chỉ khoảng 78,2%. Tương ứng thời điểm này, hiệu suất xử lý COD chỉ khoảng 68% (hình 2). Khi tăng thời gian sục khí lên 4 h, 6 h, 8 h và 10 h thì hiệu suất xử lý BOD₅ của quá trình cũng tăng theo từ 78,2 - 88,8%. Tuy nhiên, so với thời điểm sục khí 6 h thì hiệu suất xử lý các chất hữu cơ ở 8 h, 10 h tăng không đáng kể. Nguyên nhân là do khi vận hành hệ thống ở chế độ sục khí 6 h, lượng chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học trong bể gần như không còn, hiệu suất xử lý tại 6 h đạt 87,5%. Mặt khác ở giai đoạn làm đầy và khuấy trộn liên tục, trong bể xảy ra quá trình khử nitrat, các vi khuẩn khử nitrat đã sử dụng một phần cơ chất và chất dinh dưỡng có trong bể nên hiệu suất xử lý BOD₅ tăng rất ít khi tăng thời gian sục khí.

3.2. Ảnh hưởng của thời gian sục khí đến hiệu suất xử lý TP

Nước thải được lấy tại vị trí KTX B5a là điểm xả thải từ nhà ăn và bể tự hoại (trong sữa, thịt, cá hoặc dụng cụ nấu ăn, đựng các loại trên

khi vào nước cũng thải ra một lượng photpho đáng kể) nên TP đầu vào cao dao động từ 16,6 - 25,3 mg P/L, thể hiện qua hình 5. Ngoài ra mức độ ô nhiễm từ các hợp chất nitơ, photpho trong nước thải sinh hoạt của ĐHBKHN biến động theo lưu lượng nguồn thải, mức độ sử dụng nước của sinh viên, mức độ tập trung các dịch vụ công cộng, thời tiết, khí hậu trong vùng.



Hình 5. Ảnh hưởng của thời gian sục khí đến hiệu suất xử lý TP

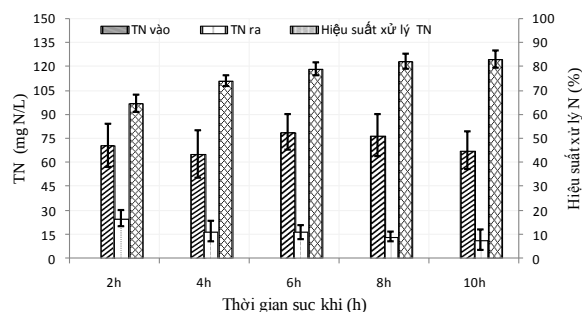
Qua đồ thị cho thấy, hiệu suất xử lý TP tăng khi tăng thời gian lưu thủy lực từ 2 h đến 10 h. Khi đó, hiệu suất xử lý trung bình trong hệ thống tăng từ 45% đến 68%, TP trung bình trong dòng thải ra dao động từ 8,8 - 11,2 mg P/L.

Ở 2h hiệu suất xử lý TP gần như rất thấp, chỉ đạt 45%. Nguyên nhân là do nguồn nước thải của ĐHBKHN biến động lớn về lưu lượng và mức độ ô nhiễm, khiến cho lượng cơ chất cũng như các chất dinh dưỡng trong nước thải cao. Tuy nhiên, hệ thống vận hành ở điều kiện hiếu khí, lượng cơ chất và các chất dinh dưỡng cần cho vi sinh vật tổng hợp tế bào nằm trong tỉ lệ C:N:P = 100:5:1. Trong khi đó, tỉ lệ C/P có trong bể dao động từ 26,3 - 39,9. Điều này chứng tỏ vi khuẩn trong bể gần như không xử lý được TP. Khi tăng thời gian sục khí đến 10 h thì khả năng tích lũy TP càng tăng, điều này được thể hiện qua hiệu suất xử lý TP trong bể tăng từ 45 - 68%. Kết quả này còn được giải thích là do lượng vi khuẩn - P tăng dần theo thời gian lưu bùn và chiếm ưu thế, loại vi khuẩn này có tốc độ phân hủy thấp nhưng lại có khả năng hấp thụ một lượng lớn TP trong bùn và lắng cặn nên đã làm cho hiệu quả xử lý TP tăng lên.

3.3. Ảnh hưởng của thời gian sục khí đến hiệu suất xử lý TN

Nước thải sinh hoạt của ĐHBKHN có hàm lượng các chất dinh dưỡng khá cao, TN trung bình dao động trong khoảng 61,3 - 82,7

mg N/L. Giữ lượng MLSS trong bể ổn định trong khoảng 2500 mg/L, thời gian sục khí và khuấy trộn thay đổi liên tục ở 2 h, 4 h, 6 h, 8 h, 10 h thì hiệu suất xử lý TN trung bình của toàn bộ quá trình cũng tăng theo từ 65 - 83 mg N/L, được thể hiện qua Hình 6.



Hình 6. Ảnh hưởng của thời gian sục khí đến hiệu suất xử lý TN

Qua đồ thị cho thấy, khi hệ thống vận hành ở thời gian oxy hóa 2 h thì hiệu suất xử lý TN của quá trình chưa cao, đạt 65%. Nguyên nhân do thời gian sục khí chưa đủ lớn, các hợp chất nitơ trong nước không đủ điều kiện để chuyển hoá hết về dạng nitrit, nitrat nên nước thải ra sau xử lý vẫn còn chứa một lượng lớn nitơ (trung bình TN sau xử lý khoảng 25,1 mg N/L) nên hiệu suất xử lý TN trong giai đoạn này thấp.

Tăng sục khí lên 8 h kèm theo khuấy trộn liên tục. Trong giai đoạn này, các vi sinh vật sinh sản và phát triển thành các bông cặn bùn hoạt tính ở trạng thái lơ lửng trong bể. Các bông cặn này giúp phân hủy các chất hữu cơ và xây dựng tế bào mới nên cần nhiều chất dinh dưỡng để phát triển, do đó hiệu suất xử lý TN cao, đạt 80 - 86%.

Tuy nhiên, hiệu suất xử lý TN ở 10 h tăng rất ít so với giai đoạn 8 h, chỉ đạt 83%, nguyên nhân chủ yếu là do lượng cơ chất trong bể gần như không còn, khiến cho hoạt lực của các vi sinh vật giảm đi và làm ảnh hưởng đến hiệu suất xử lý của quá trình.

3.4. Ảnh hưởng của thời gian sục khí đến đặc trưng của bùn trong hệ thống

Chỉ số thể tích bùn (SVI) thể hiện khả năng lắng của bùn. Trong quá trình xử lý, mặc dù hệ thống được vận hành ở nhiều chế độ sục khí khác nhau (từ 2 h - 10 h), kết quả quan sát bùn có màu nâu vàng và lắng rất nhanh. Điều này được thể hiện rất rõ qua kết quả xác định

SVI, hầu hết dao động trong khoảng từ 43 – 72 mL/g MLSS. Kết quả SVI thu được trong nghiên cứu này có thể so sánh tương đương với khả năng lắng của với bùn hạt hiếu khí (SVI của bùn hạt hiếu khí từ 30 – 80 mL/g MLSS [9]). Ngoài ra, trong quá trình vận hành, tỷ lệ MLVSS/MLSS cũng được giám sát để đánh giá mật độ sinh khối trong bùn hoạt tính. Kết quả cho thấy, cho dù hệ thống vận hành với các chế độ sục khí khác nhau, tỷ lệ MLVSS/MLSS khá ổn định, dao động từ 0,71 – 0,79, tương đương như tỷ lệ MLVSS/MLSS của quá trình bùn hoạt tính thông thường (khoảng 0,8 [10]).

4. Kết luận

Sau hơn 3 tháng vận hành hệ thống SBR quy mô nhỏ cho xử lý nước thải của ĐHBKHN,

nghiên cứu đã xác định được các yếu tố ảnh hưởng đến chế độ vận hành của hệ thống. Thời gian sục khí có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả quá trình xử lý. Khi tăng thời gian sục khí từ 2 h - 10 h, hiệu suất xử lý COD, BOD₅, TP và TN đều có xu hướng tăng lên. Tuy nhiên, thời gian sục khí hầu như không ảnh hưởng đến chỉ số thể tích của bùn. Tỷ lệ MLVSS và MLSS cũng không bị ảnh hưởng khi tăng thời gian sục khí. So sánh các điều kiện sục khí khác nhau cho thấy, thời gian sục khí 8 h, hệ thống đạt hiệu suất xử lý cao, cụ thể: Hiệu suất xử lý COD đạt 80,1%, BOD₅ đến 88,3%, TP chỉ đạt 65%, TN đạt 82,2%. Như vậy việc áp dụng công nghệ xử lý hiếu khí theo mẻ (SBR) để xử lý nước thải sinh hoạt của ĐHBKHN là hoàn toàn phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Sở Tài nguyên và Môi trường thành phố Hà Nội, *Đề án xả nước thải vào nguồn nước của trường Đại học Bách khoa Hà Nội*, Sở TNMT Hà Nội, 2009.
- [2] Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment, disposal and reuse*, 4th Edition, Mc - Hill, NewYork, USA, 2003.
- [3] Mulder A., “The quest for sustainable nitrogen removal technologies”, *Water Science and Technology*, 48(1), 2003, 67-75.
- [4] Xing L., Dawen G., Hong L., Lin L., Yuan F., “Photphorus removal characteristics of granular and flocculent sludge in sequencing batch reactor”, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 94(1), 2012, 231-236.
- [5] Vo Thi My Hanh, Van Thi Thu, Do Khac Uan, “Effects of sludge concentrations on performances of a lab-scale SBR system treating domestic wastewater from HUST: a case study”, *The 5th ASEAN civil Engineering Conference, The 5th ASEAN Enviromental Engineering Conference and the 3rd seminar on Asian wastewater environment*, Ho Chi Minh City, 25-26/10/2012, 1-9.
- [6] Eyup D., Neslihan M., “Sequence optimization in a sequencing batch for biological nutrient removal from domestic wastewater”, *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 33(5), 2010, 533-540.
- [7] Nguyễn Trọng Lực, Nguyễn Phước Dân, Trần Tây Nam, “Nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí khử COD và amonia trên bề phản ứng khí nâng từng mẻ luân phiên”, *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, 12(2), 2009, 39-50.
- [8] Wisaam S., He Q., Wei W., “Review on Sequencing Batch Reactos”, *Pakistan Journal of Nutrition*, 6(1), 2007, 11-19.
- [9] Liao B., Leppard G., Liss S., “Effect of solids retention time on structure and characteristics of sludge flocs in sequencing batch reactor”, *Water Research*, 40(13), 2006, 2583-2591.
- [10] Amir H., Mesdaghinia A., Karakami F., “Feasibility of Continuous Flow Sequencing Batch Reactor in Domestic Wastewater Treatment”, *American Journal of Applied Sciences*, 1(4), 2004, 348-353.

(BBT nhận bài: 29/07/2013, phản biện xong: 12/08/2013)