

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

PHẠM VĂN DƯƠNG

**NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ XỬ LÝ TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI
SINH HOẠT BẰNG BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỘI TỰ RỬA**

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ SỞ HẠ TẦNG

MÃ SỐ: 62.58.02.10

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2019

Luận án được hoàn thành tại Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS. Trần Thanh Sơn
2. PGS.TS. Vũ Văn Hiếu

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án này được bảo vệ tại Hội đồng chấm luận án Tiến sĩ cấp trường tại: Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

Vào hồi: giờ ngày tháng năm 2019

Có thể tìm hiểu luận án tại Thư viện quốc gia, Thư viện trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Ô nhiễm sông, hồ đô thị do nước thải đang là vấn đề xã hội lớn tại các thành phố ở Việt Nam. Trong mười năm qua, nhiều trạm xử lý nước thải đô thị và KCN đã được đầu tư xây dựng, đại bộ phận đều được thiết kế với yêu cầu chất lượng nước sau xử lý đạt mức B, QCVN 40:2011/BTNMT hoặc QCVN 14:2008/BTNMT. Việc duy trì đảm bảo chất lượng nước sau xử lý đáp ứng tiêu chuẩn hiện hành trên thực tế thường không đạt được do các nguyên nhân khách quan như sự thay đổi chế độ thải nước trong ngày cả về chất, về lượng và những nguyên nhân chủ quan về công nghệ áp dụng hay thiếu tuân thủ quy định vận hành liên tục trạm xử lý nước thải. Dẫn đến tình trạng ô nhiễm sông hồ vẫn hiện hữu. Trong thời gian gần đây, Bộ Tài nguyên và Môi trường cũng như chính quyền địa phương đã và đang thực hiện yêu cầu các đơn vị xả thải phải nâng cấp, bổ sung công nghệ, trang thiết bị để chất lượng nước thải đáp ứng được mức A của quy chuẩn nêu trên.

Vì vậy, luận án *“Nghiên cứu công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa”* có tính cấp thiết và thời sự cao. Các kết quả nghiên cứu từ luận án sẽ là một trong những giải pháp có thể tham khảo, ứng dụng để nâng cấp các trạm xử lý nước thải hiện hữu hoặc ứng dụng cho các trạm xử lý xây dựng mới nhằm nâng cao chất lượng nước sau xử lý đạt mức A của QCVN 40:2011/BTNMT hoặc QCVN 14:2008/BTNMT.

2. Mục đích nghiên cứu

Phát triển được công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa ứng dụng vào thực tế.

3. Nội dung nghiên cứu

Tổng quan về công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt, bể lọc vật liệu lọc nổi để xử lý triệt để nước thải;

Xác định cơ sở lý thuyết về loại bỏ SS, COD, BOD, N;

Xây dựng và thực nghiệm trên mô hình pilot với nước thải thực;

Tìm các thông số lọc a, b, hằng số phản ứng k;

Xây dựng lý thuyết tính toán bể lọc VLL nổi tự rửa xử lý nước thải bậc 3 cho việc loại bỏ đồng thời SS, COD, BOD, N;

Ứng dụng vào xây dựng công trình thực tế 150m³/ngđ và đánh giá hiệu quả của công trình.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

a) Đối tượng nghiên cứu

Công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa.

b) Phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu trên mô hình pilot và đưa ra ứng dụng công trình bể lọc vật liệu lọc tự rửa xử lý triệt để đóng vai trò như một công trình xử lý bậc 3 để xử lý nước thải sinh hoạt đã qua xử lý sinh học bậc 2.

5. Phương pháp nghiên cứu

Luận án sử dụng các phương pháp: kế thừa, tổng hợp, mô phỏng công nghệ trên mô hình vật lý, phân tích số liệu, mô phỏng công nghệ bằng mô hình toán học, phương pháp thực nghiệm.

6. Tính mới của đề tài

Luận án đã chứng minh được khả năng ứng dụng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa trong xử lý triệt để nước thải sinh hoạt sau xử lý bậc 2. Công trình bể lọc đóng vai trò như bể lọc nhanh (xử lý cơ học) và bể lọc sinh học (xử lý sinh học).

Bằng các kết quả nghiên cứu thực nghiệm, luận án đã xác định được các thông số động học và công nghệ trong xử lý triệt để nước thải sinh hoạt sau xử lý bậc 2:

- Quá trình lọc cơ học: hệ số bứt phá cặn (a) và hệ số bám dính cặn (b) ứng với các vận tốc lọc 5 – 10 m/h.

- Quá trình lọc sinh học: hệ số tốc độ phản ứng phân hủy bậc một ứng với các chỉ tiêu cơ bản: $k_{BOD} = 0,08$; $k_{COD} = 0,075$; $k_{NH_4^+} = 0,082$; $k_{TN} = 0,042$.

Xây dựng được phương pháp tính toán thiết kế công trình bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa ứng dụng trong xử lý triệt để nước thải sinh hoạt sau xử lý bậc 2.

7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Các kết quả nghiên cứu của luận án được đúc kết từ nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa xử lý triệt để nước thải sau xử lý bậc 2. Mô hình thực nghiệm được xây dựng trên cơ sở phân tích lựa chọn các kết quả nghiên cứu, những sáng chế về

các dạng bể lọc, bể lọc tự rửa dùng trong xử lý nước và nước thải đã được công bố của các tác giả trong và ngoài nước.

Bằng các kết quả thực nghiệm, luận án đã chứng minh được hiệu quả xử lý triệt để nước thải sinh hoạt theo các chỉ tiêu chất lượng nước cơ bản. Xác định được các thông số động học của công nghệ lọc vật liệu lọc nổi tự rửa trong xử lý triệt để nước thải sinh hoạt. Xây dựng được cơ sở lý thuyết tính toán thiết kế công nghệ. Xác lập được các công thức động học đặc trưng cho quá trình xử lý triệt để nước thải bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa.

Từ các kết quả nghiên cứu thực nghiệm, luận án đã triển khai thiết kế và xây dựng thành công được hệ thống xử lý triệt để nước thải sinh hoạt công suất 150 m³/ngày có sử dụng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa.

8. Cấu trúc của luận án

Ngoài phần mở đầu, phần kết luận, kiến nghị và phụ lục. Luận án được trình bày gồm 3 chương:

Chương 1: Tổng quan công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa.

Chương 2: Cơ sở khoa học xử lý nước thải sinh hoạt sau xử lý sinh học bậc 2 bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa.

Chương 3: Nghiên cứu thực nghiệm quá trình xử lý triệt để nước thải sinh hoạt sau xử lý sinh học bậc 2 bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa.

PHẦN NỘI DUNG

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỔI TỰ RỬA

1.1. Các công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng phương pháp sinh học

1.1.1. Công nghệ xử lý kết hợp cả nitơ và photpho bằng phương pháp sinh học

Sơ đồ công nghệ thường dùng là (1) Quá trình A2/O, (2) Barenpho 5 bậc, (3) UCT, (4) VIP.

1.1.2. Công nghệ xử lý nitơ bằng phương pháp sinh học

Có quá trình loại bỏ BOD và nitơ amôni riêng rẽ hoặc theo từng bước; hoặc quá trình loại bỏ đồng thời các hợp chất hữu cơ (theo BOD) và nitơ amôni ($\text{NH}_4^+ \text{-N}$).

1.2. Bể lọc vật liệu lọc nổi trong công nghệ xử lý nước thải

1.2.1. Bể lọc vật liệu lọc nổi không tự rửa

Có các loại FPZ-1; FPZ-2; FPZ-3; FPZ-4; FPZ-5, FPZ4-N; AFPZ-5M; FPZ-COMPACT-2; FPZ COMPACT- 10 ; Compack – 6; Bể lọc sinh học sục khí ngập nước BAF.

1.2.2. Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa

Có Bể lọc tự rửa vật liệu lọc nổi 2 xi-phông; Bể phản ứng sinh học kết hợp với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa AFPZ-4; Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa kết hợp khác; Bể lọc AbioF tự rửa vật liệu lọc nổi xi-phông đồng tâm.

1.3. Vật liệu lọc nổi cho bể lọc

1.3.1 Vật liệu lọc nổi polystyrene

Các nghiên cứu vận hành công trình với vật liệu polystyrene trong thực tế với thời gian 20 năm đã không phát hiện những thay đổi trong thành phần lý hóa của hạt. Tại Việt Nam chuẩn hóa VLL nổi polystyrene được thực hiện theo đề tài nghiên cứu cấp nhà nước của PGS.TS. Trần Thanh Sơn. Có các loại đường kính hữu dụng $De=3,19$ mm và $De=1,22$ mm.

1.3.2 Vật liệu nổi dùng trong bể phản ứng sinh học ngập nước

Bể phản ứng với giá thể màng vi sinh chuyển động là một trong những công nghệ kỹ thuật được phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây. Hiện nay có các loại K1 và K2 là dùng phổ biến.

1.4. Tổng quan các nghiên cứu, ứng dụng, sáng chế liên quan đến bể lọc vật liệu lọc nổi xử lý triệt để nước thải sinh hoạt

1.4.1. Các nghiên cứu có liên quan

Phạm Ngọc Thái nghiên cứu sử dụng bể lọc vật liệu nổi trong cấp thoát nước cho các đối tượng nhỏ và quân đội.

Nguyễn Văn Tín nghiên cứu sử dụng bể lọc vật liệu nổi trong dây chuyền công nghệ khử sắt nước ngầm bằng phương pháp làm thoáng cho các trạm công suất nhỏ.

Trần Thanh Sơn nghiên cứu “Nghiên cứu công nghệ tự rửa bể lọc vật liệu lọc nổi xử lý nước cấp cho sinh hoạt” và “Xử lý triệt để nước thải trong bể phản ứng sinh học bằng sinh khối bám dính”.

Nguyễn Thanh Phong “ Nghiên cứu quá trình tự rửa bể lọc vật liệu lọc nổi dùng cho các trạm cấp nước quy mô nhỏ ”.

Ø degaard. H và cộng sự nghiên cứu về tăng cường xử lý bậc 3 bằng các bể lọc vật liệu lọc nổi.

H. H. Ngo and S. Vigneswaran quá trình thực hiện thí nghiệm xử lý nước thải trong giai đoạn xử lý bậc 3 bằng bể lọc vật liệu lọc nổi.

Weimin Xie và cộng sự cho thấy, quá trình thực nghiệm với nước thải ở giai đoạn xử lý bậc 3, mô hình bể lọc sử dụng vật liệu polystyrene.

Hitoshi Miyaki và cộng sự, sử dụng bể lọc nổi như công trình xử lý bậc 1 và bậc 2 là lọc nano (NF).

B. Rusten et al về bể phản ứng sinh học ngập nước dạng mới (SABF) với vật liệu nổi polymer lơ lửng.

M. Payraudeau et al về ảnh hưởng của nhiệt độ và tải trọng hữu cơ tính theo COD lên quá trình nitrat hóa bậc 3 trong bể lọc sinh học vật liệu lọc nổi chiều lọc đi từ dưới lên.

Frank Rogalla and Marie-Marguerite Bourbigot, quá trình loại bỏ hoàn toàn chất hữu cơ kết hợp đồng thời với xử lý N qua bể lọc sinh học ngập nước vật liệu lọc nổi.

N. Puznava, M. Payraudeau and D. Thornberg, liên quan đến bể lọc sinh học ngập nước vật liệu lọc nổi (BAF) xử lý nitơ với hai quá trình nitrat hóa và khử nitrat hóa đồng thời.

Taira Hidaka, Hiroshi Tsuno, Naoyuki Kishimoto sử dụng bể lọc sinh học với vật liệu lọc nổi ngập nước được cố định và có sự khuếch tán khí cho quá trình xử lý triệt để.

Jinwoo Jeong, Taira Hidaka, Hiroshi Tsuno, Toshiyuki Oda liên quan đến việc áp dụng quá trình lọc sinh học cho xử lý bậc 3 để nâng cao hiệu quả xử lý nitơ với vật liệu mang nổi.

A.T.Mann và cộng sự đã đề cập đến mô phỏng toán học cho bể lọc sinh học ngập nước có sục khí (BAF) với vật liệu lọc nổi từ polystyrene.

Allan T. Mann et al cho thấy, bể lọc sinh học sục khí có khả năng tổ hợp hai quá trình (i) xử lý sinh học và (ii) loại bỏ các chất lơ lửng SS trong một bể.

Rebecca Moore, Joanne Quarmby and Tom Stephenson chỉ ra rằng bể lọc sinh học sục khí là một giải pháp hấp dẫn cho công nghệ xử lý tương lai.

Leopoldo và cộng sự năm cũng đã chỉ ra rằng bể BAFs có thể xử lý đồng thời amôni các hợp chất hữu cơ cacbon và SS trong cùng một bể.

Một số sáng chế bể lọc vật liệu lọc nổi có cấu tạo đặc biệt

Sáng chế của Andrew K. Hsiung, Corvallis, Oreg là một sáng chế về bể lọc vật liệu nổi tự rửa dạng phao. Số sáng chế: 4.547.286 cấp bởi Hoa Kỳ.

Sáng chế của Ronald F. Malone về bể lọc sinh học vật liệu lọc nổi. Số sáng chế: 5.126.042 cấp bởi Hoa Kỳ.

Cũng một sáng chế nữa của của Ronald F. Malone số sáng chế: 5.232.586 cấp bởi Hoa Kỳ.

1.4.2. Các ứng dụng trên thực tế bể lọc vật liệu lọc nổi cho xử lý triệt để nước thải sinh hoạt

Bể lọc vật liệu lọc nổi được ứng dụng tại một số nhà máy xử lý nước thải ở Ukraina và Nga để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt. Nhưng chưa có những nghiên cứu, công khoa học nào về các công số công nghệ của bể lọc vật liệu lọc nổi đã ứng dụng.

Ở Việt Nam không có một nghiên cứu tổng kết nào cũng như các công bố khoa học về thông số công nghệ được thực hiện.

1.5. Các vấn đề trọng tâm cần giải quyết trong luận án

Tổng quan các tài liệu cho thấy có rất nhiều loại dạng bể lọc tự rửa như bể lọc tự rửa vật liệu lọc nổi dạng AbioF đã được nghiên cứu ứng dụng rộng rãi với nước sạch nhưng chưa được nghiên cứu với nước thải. Bể phản ứng sinh học nói chung và bể lọc vật liệu lọc nổi nói riêng có khả năng loại bỏ tốt SS, BOD và chất dinh dưỡng khi làm việc ở chế độ xử lý bậc 3. Các nghiên cứu chỉ ra rằng, duy trì nồng độ oxy hòa tan (DO) = 4-5 mg/l trong bể phản ứng sinh học sẽ tránh được sự ức chế quá trình nitrat hóa. Kết quả nghiên cứu của A. T. Manm và cộng sự phản ứng bậc 1 phù hợp với quá trình sinh hóa của bể lọc vật liệu lọc nổi. Quá trình nitrat hóa trong bể lọc nhanh vật liệu lọc nổi khi thời gian tiếp xúc ít là khả thi nhưng chưa có các kết quả nghiên cứu cụ thể. Các vận tốc lọc của bể lọc trong xử lý triệt để nước thải là rất khác nhau. Vấn đề gia tăng tổn thất chưa thấy nói đến trong các nghiên cứu. Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa có thể kết hợp với loại bể khác (bể phản ứng sinh học) tạo thành hệ bể tự rửa thủy lực. Các vấn đề cần nghiên cứu tiếp:

Nghiên cứu quá trình loại bỏ SS, BOD, COD các chất dinh dưỡng, tổn thất áp lực với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt.

Nghiên cứu tìm ra các thông số công nghệ (tốc độ gia tăng tổn thất, chu kỳ rửa lọc, hệ số lọc a và b) của bể vật liệu lọc nổi tự rửa để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt với các vận tốc lọc khác nhau.

Nghiên cứu xác định các thông số động học của quá trình xử lý sinh học các chất hữu cơ hòa tan BOD, COD và chất dinh dưỡng (amôni, tổng nitơ).

Nghiên cứu xây dựng lý thuyết tính toán bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa cho các trường hợp loại bỏ đồng thời: (1) SS và BOD; (2) SS, BOD, amôni, tổng nitơ. Trên cơ sở đó tối ưu hóa các thông số công nghệ như chiều dày vật liệu lọc, vận tốc lọc, chu kỳ lọc.

Nghiên cứu ứng dụng thử nghiệm kết quả nghiên cứu ra thực tế nhằm minh chứng tính hiệu quả của công nghệ.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ KHOA HỌC CHO XỬ LÝ TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI SINH HOẠT SAU XỬ LÝ SINH HỌC BẬC 2 BẰNG BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỘI

2.1. Thành phần của nước thải sinh hoạt

Trong nước thải sinh hoạt các thành phần ô nhiễm chiếm tỷ trọng như sau: 90% nitơ, 80% phốt phat, 80% kali, 70% COD, dư lượng thuốc và hóa chất, các mầm bệnh.

Nguồn gốc chính của sự xâm nhập các chất hữu cơ BOD, Nitơ, Phốt pho vào nguồn nước đó là từ nước thải sinh hoạt.

2.2. Các tiêu chuẩn xả thải của Việt Nam và thế giới

Tổng hợp các tài liệu yêu cầu đầu ra nước thải sau xử lý của các nước EU, Nga, Singapore, Nhật Bản và Việt Nam. Từ đây, có thể thấy các quy định của Nhật Bản là cao nhất. Quy định của EU nằm ở mức trung bình giữa Nhật Bản và Nga. Quy định của Việt Nam nằm ở vị trí thấp nhất trong bảng các nước được khảo sát.

2.3. Lựa chọn vật liệu lọc nổi để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt

Kế thừa các nghiên cứu và ứng dụng trên, luận án đã lựa chọn vật liệu polystyrene đã được chuẩn hóa tại Việt Nam có đường kính hữu dụng $d = 1,22$ mm cho nghiên cứu trong luận án.

2.4. Cơ sở lý thuyết về quá trình xử lý chất lơ lửng SS của bể lọc

2.4.1. Quy luật của quá trình lọc SS qua lớp vật liệu lọc

Hiệu quả lọc SS ở mỗi lớp lọc nguyên tố là kết quả của hai quá trình ngược nhau: (1) quá trình cặn SS tách ra khỏi nước và gắn lên bề mặt của hạt vật liệu lọc dưới tác dụng của lực dính kết, thể; (2) quá trình tách các hạt SS đã bám lên bề mặt của hạt vật liệu lọc để chuyển chúng ngược lại vào nước dưới tác dụng của thủy động.

Nhiệm vụ cơ bản của việc nghiên cứu quá trình lọc nước là xác định thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc (T_{bv}).

2.4.2. Phương trình vi phân của quá trình lọc SS qua lớp vật liệu lọc dạng hạt

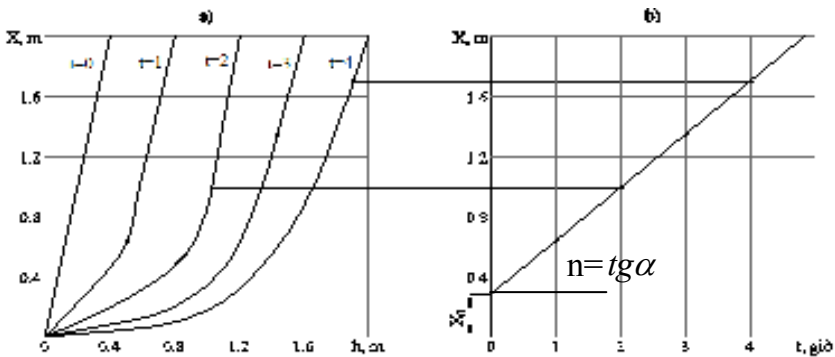
$$\frac{\partial^2 C}{\partial x \cdot \partial \tau} + a \cdot v \cdot \frac{\partial C}{\partial x} + b \cdot \frac{\partial C}{\partial \tau} = 0 \quad (2.9)$$

Phương trình vi phân này miêu tả quá trình lọc nước qua lớp vật liệu lọc dạng hạt. Để xác định được thông số lọc a , b từ phương trình vi phân (2.9) có thể xác định bằng thực nghiệm.

2.4.3. Phương pháp xác định thông số lọc và xác định thời gian bảo vệ

a) Xác định thông số lọc a , b bằng thực nghiệm

$$b = \frac{X_0}{x_0} \quad \text{và} \quad \frac{a}{b} = \frac{n}{k} \quad (2.10)$$



Hình 2.6. Đồ thị sự thay đổi cột áp theo chiều dày VLL và t

b) Xác định thời gian bảo vệ lớp vật liệu lọc

$$T_{bv} = \frac{1}{k} \cdot \frac{b}{a} \cdot \left(x - \frac{X_0}{b} \right) \quad (2.11)$$

Tổng quan các tài liệu thì sau khi xác định được thời gian bảo vệ vật liệu lọc có thể xác định chu kỳ lọc (T) theo công thức sau: $T_{bv} = (1,2 \div 1,3) T$.

c) Mối liên hệ giữa thông số lọc a , b , đường kính vật liệu lọc d của các vận tốc lọc v khác nhau được xác định theo công thức sau:

$$b_2 = b_1 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{0,7} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{0,7} \quad (2.12)$$

$$\left(\frac{a}{b}\right)_2 = \left(\frac{a}{b}\right)_1 \cdot \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{1,7} \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{0,7} \quad (2.13)$$

2.5. Cơ sở lý thuyết về quá trình xử lý sinh học qua bề phản ứng sinh học

2.5.1. Loại bỏ các hợp chất hữu cơ các bon

Công đoạn xử các chất hữu cơ các bon gồm ba quá trình chính là: quá trình tăng trưởng sinh khối của vi sinh vật dị dưỡng; quá trình hô hấp nội sinh; quá trình thủy phân các chất hữu cơ chậm phân hủy sinh học.

2.5.2. Quá trình nitrat hóa

Quá trình nitrat hóa là phần trọng yếu của các hoạt động trao đổi chất của nhóm vi sinh tự dưỡng và hợp chất nitơ vô cơ. Quá trình tiến triển theo hai bước kế tiếp nhau:

Bước 1: Năng lượng được lấy từ phản ứng ôxy hóa biến amôni $N-NH_4^+$ thành nitrit NO_2^- .

Bước 2: Ôxy hóa tiếp NO_2^- thành NO_3^- và đóng vai trò là nguồn cung cấp năng lượng cho quá trình sinh trưởng của vi sinh.

2.5.3. Quá trình khử nitrat

Quá trình khử nitrat diễn ra theo hai bước:

Bước 1: Nitrat được khử thành nitrit với hai electron được chuyển từ sự ôxy hóa các chất hữu cơ sang nitrat (NO_3^-);

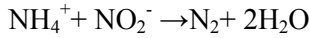
Bước 2: Nitrit được khử tiếp đến sản phẩm cuối cùng theo trình tự sau:



2.5.4. Quá trình ôxy hóa yếm khí nitơ (Anammox)

Quá trình ôxy hóa yếm khí amôni đã được Mulder phát hiện vào năm 1992, và đăng ký bản quyền 1995 (Mulder et al. 1995, 1992). Khi đó quá trình ôxy hóa yếm khí nitơ amôni đã được đặt tên là *Anammox*. Tác động vi sinh vật lên các quá trình ôxy hóa yếm khí

muối amôni được nghiên cứu vào cuối những năm 90 của thế kỷ trước. (Jetten *et al.* 1999, 2001).



2.5.5. Xác định các thông số động học của quá trình xử lý sinh học

Tổng quan các tài liệu chỉ ra rằng, sử dụng lý thuyết động học của phản ứng hóa học [Eckenfelder, W.W. 1996] phù hợp với bể lọc sinh học ngập nước và đây cũng là phương pháp được lựa chọn để xử lý kết quả thí nghiệm.

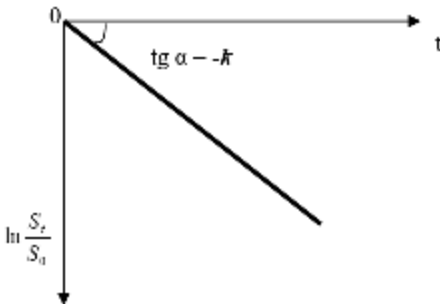
Phương trình tốc độ phản ứng sinh hóa dưới dạng vi phân:

$$v = -\frac{dS}{dt} = kS^m \quad (2.26)$$

Xét với phương trình bậc 1 ($m = 1$):

$$\frac{S_t}{S_0} = e^{-k.t} \quad (2.35)$$

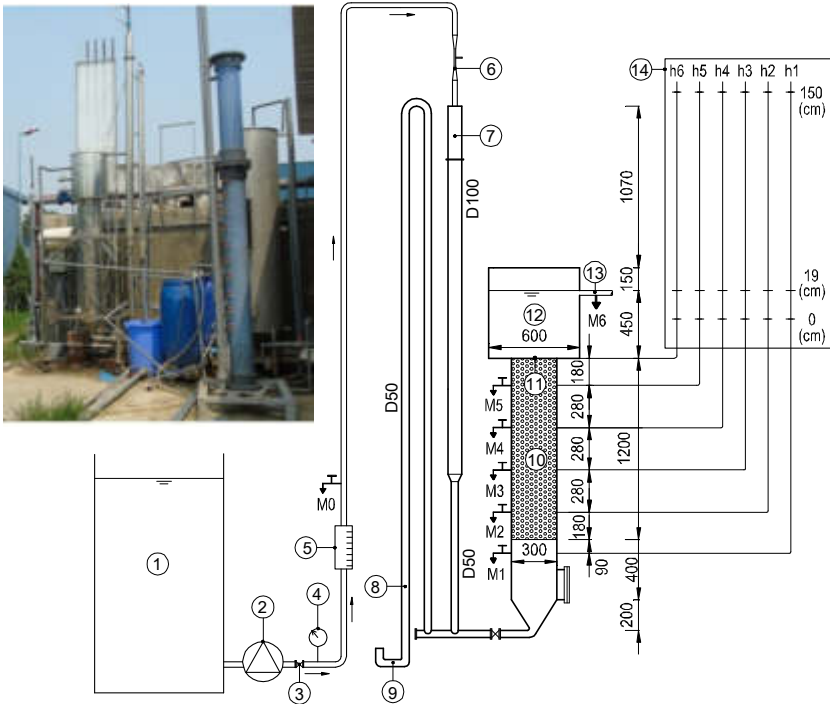
Trong trường hợp này, phương trình bậc 1 là đường thẳng trong hệ tọa độ $(\ln(S_t/S_0), t)$, khi đó tang góc nghiêng bằng hằng số tốc độ thu hồi chất nền (xem Hình).



Hình 2.9. Xác định hằng số tốc độ phản ứng bậc 1 trong tọa độ $(\ln(S_t/S_0), t)$

CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM QUÁ TRÌNH XỬ LÝ TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI SINH HOẠT SAU XỬ LÝ SINH HỌC BẬC 2 BẰNG BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỔI TỰ RỬA

3.1. Xây dựng mô hình nghiên cứu



Hình 3.1. Mô hình thí nghiệm của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa sử dụng để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt

- (1) Thùng chứa nước thải từ bể lắng 2 đến; (2) Bơm nước thải; (3) Van điều chỉnh lưu lượng; (4) Đồng hồ đo áp lực; (5) Lưu lượng kế; (6) Ejector ; (7) Ống ổn định áp lực; (8) Xi phông thủy lực; (9) Khóa thủy lực; (10) Vật liệu lọc; (11) Lưới lọc; (12) Thùng chứa nước rửa lọc; (13) Nước thải sau xử lý; (14) Bảng đo áp;

Nguyên lý hoạt động của mô hình thực nghiệm

Nước thải từ bể lắng 2 (sau công trình xử lý sinh học bậc 2) được đưa đến thùng chứa (1). Nước từ thùng chứa (1) được bơm dưới áp lực cao của bơm qua ejector (6) nước thải được trộn với không khí. Sau ejector áp lực nước giảm đột ngột tại cột ổn định áp (7). Hỗn hợp nước được làm giàu O₂ đi vào trong lớp vật liệu lọc tiếp xúc làm cho các quá trình xử lý sinh học xảy ra trong bể lọc, cặn SS được giữ lại trong lớp vật liệu lọc. Nồng độ O₂ hòa tan được duy trì ở mức 4-5 mgO₂/l nhờ ejector; còn pH = 7 - 9, nhiệt độ t = 20⁰C - 30⁰C, độ kiềm 100 - 200 mg/l CaCO₃ được duy trì bởi quá trình vận hành của chính trạm xử lý nơi đặt thiết bị thí nghiệm.

Địa điểm đặt mô hình thí nghiệm

Mô hình thí nghiệm được đặt tại Trạm xử lý nước thải sinh hoạt công suất 800m³/ngày của Công ty TNHH Young One Nam Định, KCN Hòa Xá, TP. Nam Định, tỉnh Nam Định. Trạm xử lý nước thải có công trình xử lý sinh học bậc 2 là bể aeroten.

Thời gian thực hiện thí nghiệm

Bắt đầu từ ngày 26/7/2016 đến ngày 28/5/2017.

3.2. Trình tự triển khai và mục đích các nghiên cứu thực nghiệm

3.2.1. Nghiên cứu quá trình xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi với lớp VLL polystyrene

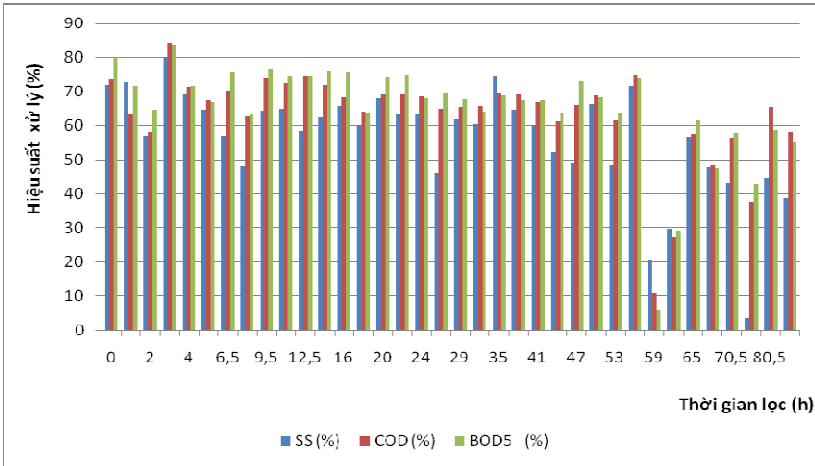
Xác định hiệu quả xử lý triệt để nước thải sinh hoạt theo các thông số SS, COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nitơ, PO₄³⁻ của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa. Và xác định quy luật tăng cột áp của bể lọc.

3.2.2. Xác định cường độ rửa lọc.

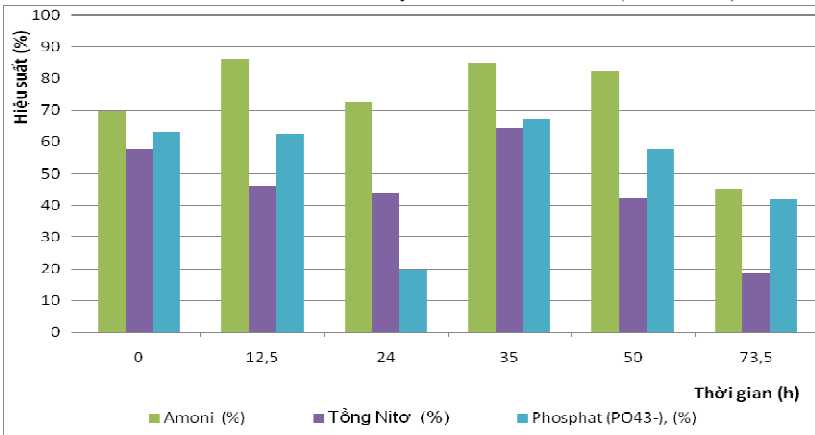
Xác định mối quan hệ giữa cường độ rửa lọc và độ nở của vật liệu lọc nổi khi rửa.

3.3. Kết quả nghiên cứu quá trình xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi với lớp VLL polystyrene

3.3.1. Kết quả thí nghiệm với $v = 5 \text{ m/h}$.



Hình 3.11. Biểu đồ hiệu suất xử lý SS, COD, BOD₅ ($v = 5 \text{ m/h}$)

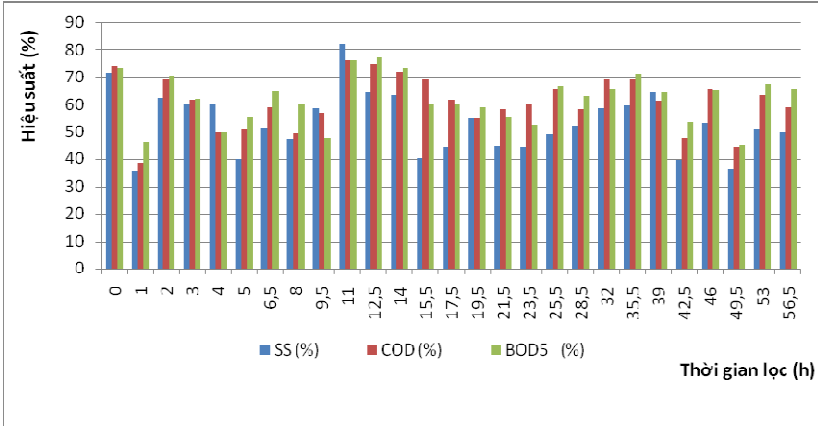


Hình 3.12. Biểu đồ hiệu suất xử lý NH₄⁺, tổng Nitơ, PO₄³⁻ ($v=5 \text{ m/h}$)

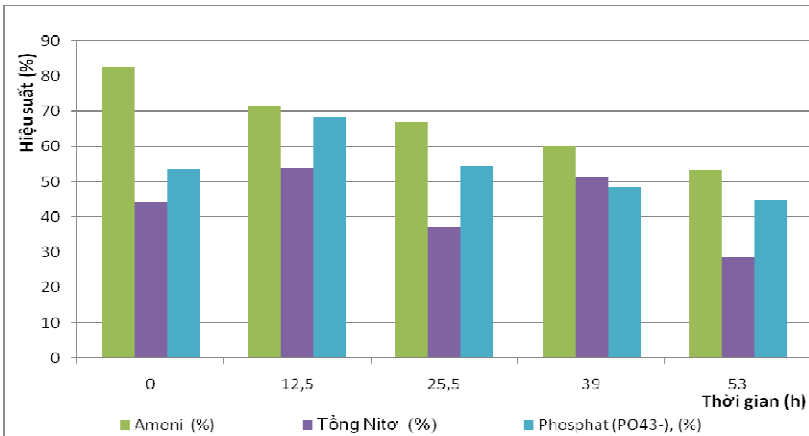
- Phương trình gia tăng tổn thất với $v = 5 \text{ m/h}$ là:

$$\Delta h = 0,01t^2 + 0,527t + 3,559$$

3.3.2. Kết quả thí nghiệm với $v = 7,5 \text{ m/h}$



Hình 3.21. Biểu đồ hiệu suất xử lý SS, COD, BOD₅ (v=7,5m/h)

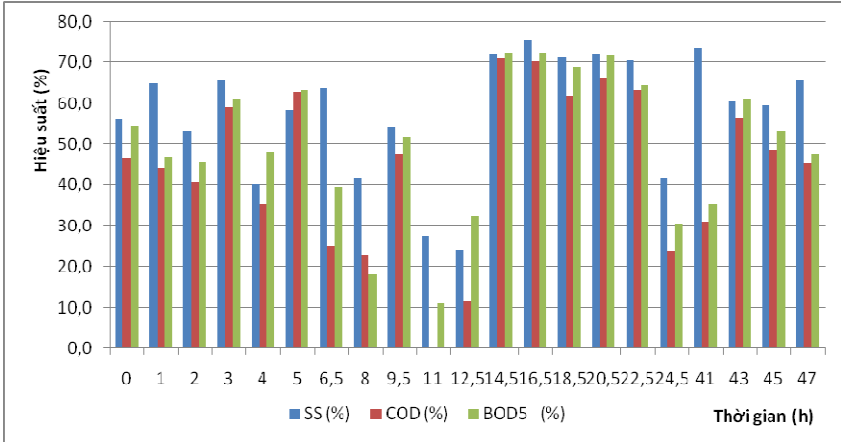


Hình 3.22. Biểu đồ hiệu suất xử lý NH₄⁺, tổng Nitơ, PO₄³⁻ (v=7,5m/h)

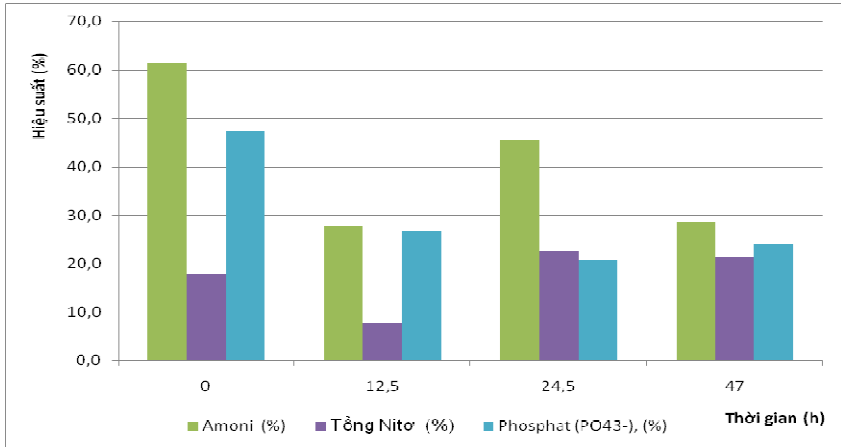
- Phương trình gia tăng tổn thất với $v = 7,5 \text{ m/h}$ là:

$$\Delta h = 0,007t^2 + 0,041t + 5,16$$

3.3.3. Kết quả thí nghiệm với $v = 10 \text{ m/h}$



Hình 3.31. Biểu đồ hiệu suất xử lý SS, COD, BOD₅ ($v = 10\text{m/h}$)

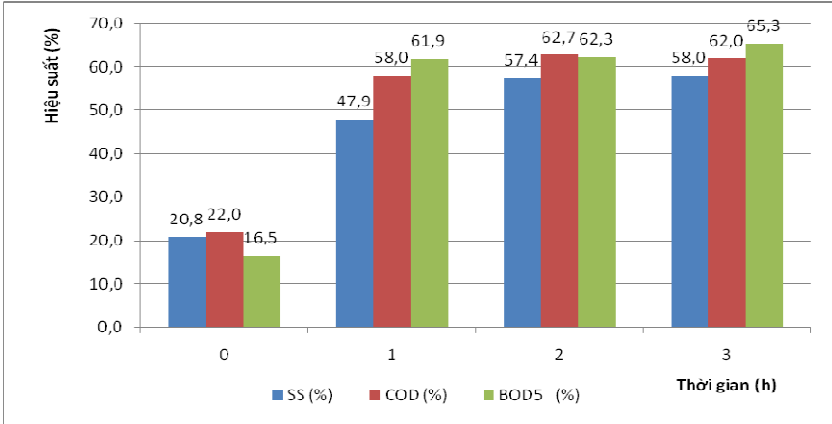


Hình 3.32. Biểu đồ hiệu suất xử lý NH₄⁺, tổng Nito, PO₄³⁻ ($v=10\text{m/h}$)

- Phương trình gia tăng tổn thất với $v = 10 \text{ m/h}$ là:

$$\Delta h = 0,049t^2 - 0,101t + 10,92$$

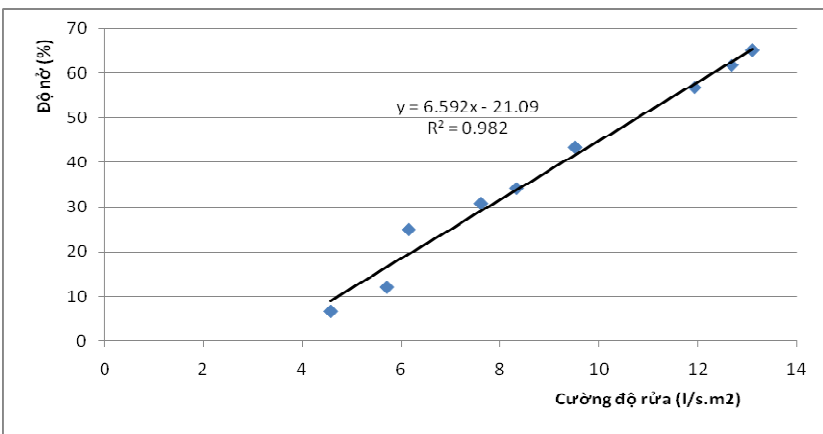
3.3.4. Kết quả thí nghiệm với $v = 12,5$ m/h



Hình 3.38. Biểu đồ hiệu suất xử lý SS, COD, BOD₅ ($v = 12,5$ m/h)

Với vận tốc 12,5 m/h nước sau xử lý không đạt giá trị cột A của QCVN 40:2011/BTNMT ngay từ những giờ lọc đầu tiên. Việc này không xảy ra với các vận tốc 5m/h, 7,5m/h, 10 m/h.

3.3.5. Kết quả thí nghiệm xác định cường độ rửa lọc



Hình 3.40. Biểu đồ quan hệ giữa độ nở và cường độ rửa lọc

Công thức thực nghiệm xác định cường độ rửa lọc:

$$q = \frac{E + 21.09}{6.592} \quad (3.1)$$

3.4. Bàn luận nghiên cứu quá trình xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi với lớp VLL polystyrene

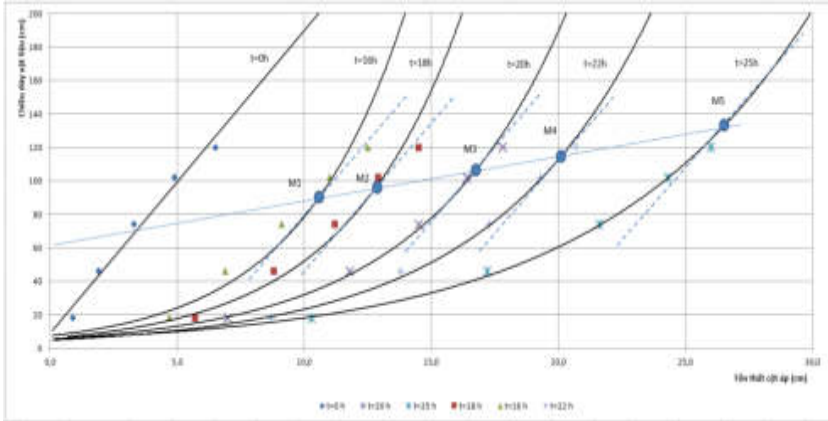
Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, hiệu quả xử lý theo SS cho xử lý triệt để đạt giá trị trung bình 58,1%; 53,32%; 47,75% với vận tốc $v=5\text{m/h}$; $7,5\text{m/h}$; 10m/h giảm dần khi vận tốc lọc tăng.

Quá trình loại bỏ chất hữu cơ (tính theo BOD_5) và amôni NH_4^+ của bể lọc triệt để cũng đạt được hiệu quả cao, BOD_5 dao động trung bình từ 44,85% đến 64,4% tương ứng với vận tốc $v=10\text{ m/h}$, 5 m/h ; NH_4^+ dao động trung bình từ 40,75% đến 73,6% tương ứng với vận tốc $v=10\text{ m/h}$, 5m/h . Có thể được giải thích bằng hoạt động của màng sinh học bám trên bề mặt phát triển của vật liệu lọc nổi polystyrene và lớp cặn SS mà bản chất là hệ vi sinh vật trôi ra từ cụm xử lý bậc 2 aeroten được giữ lại trong lòng lớp vật liệu lọc.

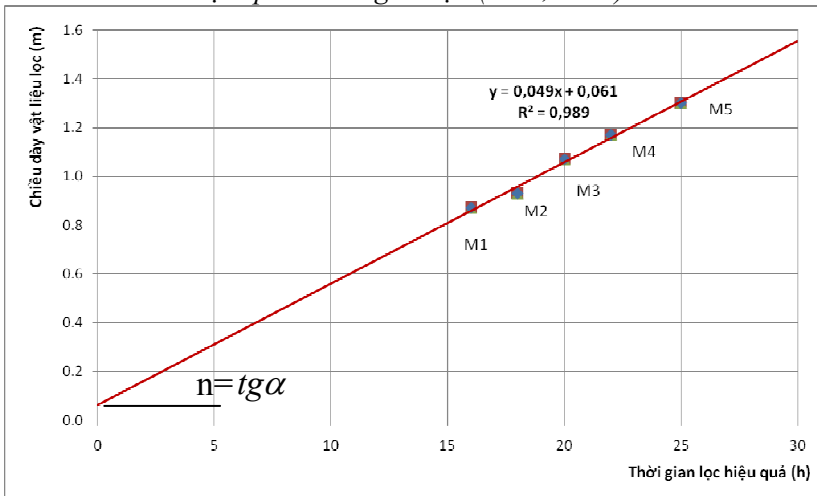
Có thể nhận thấy, giá trị tổng N trong nước xử lý giảm, trung bình giao động từ giá trị 17,3% (với $v=10\text{m/h}$) đến 45,5% (với $v=5\text{m/h}$). Có nghĩa là, các quá trình khử N khác ví dụ như quá trình khử nitrat phải xảy ra mặc dù nồng độ ôxy hòa tan được duy trì cao ($\text{DO}=4\text{-}5\text{mg/l}$). Điều này chỉ có thể giải thích bằng năng lực của màng sinh học mà cấu tạo có các lớp từ trong ra ngoài lần lượt là yếm khí, thiếu khí, hiếu khí [44, 45]. Nếu lượng màng sinh học bám dính càng nhiều thì hiệu quả khử N càng tốt. Trong một số điều kiện nhất định, theo một số nghiên cứu có thể xuất hiện rõ rệt lớp màng anammox trong chiều dày lớp màng sinh học bám dính. Do khuôn khổ của luận án là nghiên cứu ứng dụng, không có khảo sát các chủng vi sinh vật vì vậy trong các nghiên cứu tương lai nên bổ sung thêm khảo sát vi sinh vật.

Nồng độ P trong nước thải xử lý có giảm chứng tỏ có sự sinh trưởng trong quá trình xử lý sinh học (tính lũy phốt pho) nhưng hiệu quả xử lý không cao. Điều này có thể giải thích do nước sau xử lý có nồng độ chất hữu cơ loãng, do vậy tốc độ sinh trưởng không cao, vì vậy hiệu quả xử lý P thấp.

3.5. Xác định thông số công nghệ quá trình lọc chất lơ lửng SS



Hình 3.41. Đồ thị quan hệ giữa chiều dày lớp vật liệu lọc và tổng thất cột áp với thời gian lọc ($v = 7,5 \text{ m/h}$)



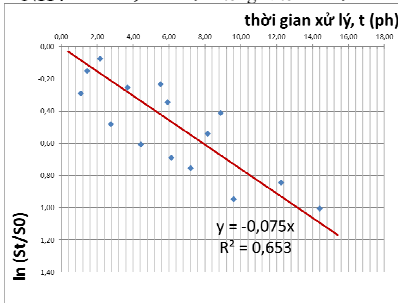
Hình 3.42. Đồ thị quan hệ chiều dày VL và thời gian ($v = 7,5 \text{ m/h}$)

Xác định thông số lọc a, b được trình bày ở mục 2.4.3 chương 2. Bằng thực nghiệm đã tìm ra các thông số lọc xác định với vận tốc lọc

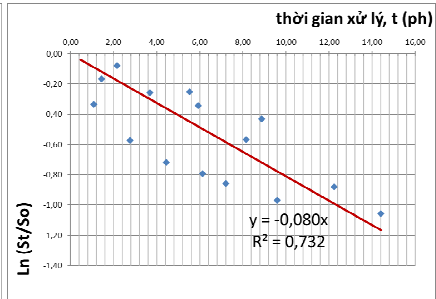
7,5 m/h cường độ bút cặn (a) và thông số lọc xác định cường độ bám dính cặn (b) lần lượt như sau $a = 0,562$, $b = 11,48$; sau đó từ công thức 2.12 và 2.13 xác định được $a = 0,375$, $b = 15,242$ với vận tốc lọc 5m/h; $a = 0,75$, $b = 9,382$ với vận tốc lọc 10 m/h.

3.6. Xác định thông số động học của quá trình loại bỏ chất hữu cơ hòa tan (BOD, COD), chất vô cơ hòa tan (Amoni, tổng Nito)

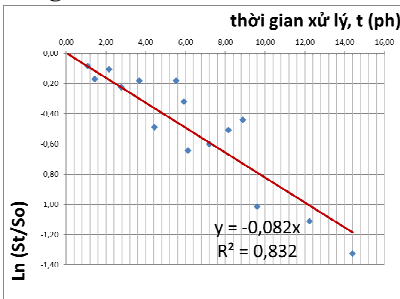
Căn cứ vào kết quả thực nghiệm và phương pháp nêu ở mục 2.5.5 xác định được các biểu đồ 3.43; 3.44; 3.45; 3.46. Từ các biểu đồ xác định được hằng số tốc độ phản ứng $k_{COD} = 0,075$; $k_{BOD5} = 0,080$; $k_{NH4^+} = 0,082$; $k_{tổng\ Nito} = 0,042$



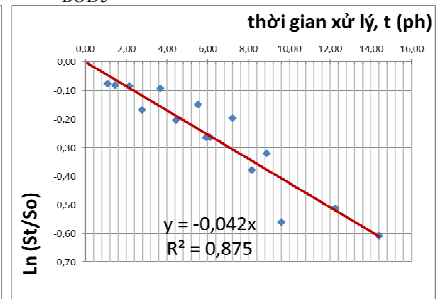
Hình 3.43. Biểu đồ xác định hằng số k_{COD}



Hình 3.44. Biểu đồ xác định hằng số k_{BOD5}



Hình 3.45. Biểu đồ xác định hằng số k_{NH4^+}



Hình 3.46. Biểu đồ xác định hằng số $k_{tổng\ Nito}$

3.7. Xây dựng phương pháp tính bể lọc vật liệu lọc nổi để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt

Bước 1: Xác định thời gian phản ứng của COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nito

Bước 2: Xây dựng ma trận xác định chiều dày vật liệu lọc

Bước 3: Xác định thời gian bảo vệ (T_{bv})

Bước 4: Xác định chiều cao xi phong của bể lọc

Bước 5: Lập ma trận thông số công nghệ theo BOD₅, NH₄⁺-N, tổng Nito và SS

Bước 6: Xác định đường kính của bể lọc vật liệu lọc nổi

Bước 7: Tính toán đường kính xi phong rửa lọc

Bước 8: Xác định chiều cao bể lọc

Bước 9: Xác định lượng khí cần cấp

3.8. Ứng dụng thực tế bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa xử lý triệt để nước thải sinh hoạt cho Trạm xử lý nước thải sinh hoạt 150m³/ngđ

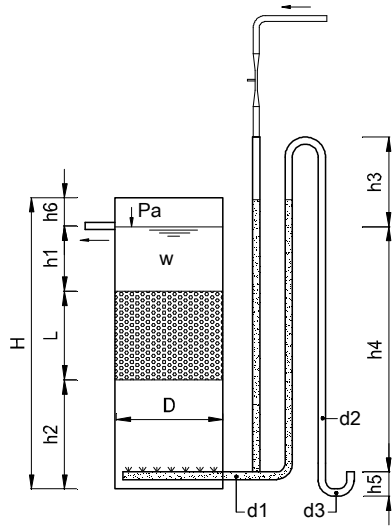
3.8.1. Vị trí, quy mô, tính chất của trạm xử lý nước thải ứng dụng

Trạm xử lý nước thải sinh hoạt công suất 150 m³/ngđ được ứng dụng ở huyện Đan Phượng, TP. Hà Nội.

3.8.2. Trạm xử lý nước thải ứng dụng

Có công trình xử lý sinh học bậc 2 là bể aeroten. Nước thải trước khi vào bể lọc đặt cột B và thải sau xử lý đặt cột A theo QCVN 14:2018/BTNMT.

Tính toán bể lọc vật liệu lọc nổi với các bước nêu ở mục 3.7 xác định được số bể lọc là 2 bể. Bể lọc có đường 0,9m; chiều dày VLLN 1,4m và chiều cao tổng thể của bể lọc 4,0m.



Hình 3.47. Sơ đồ tính toán bể lọc VLLN nổi tự rửa



Hình 3.50. Hình ảnh bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa ứng dụng

Bể lọc làm việc $v = 5\text{m/h}$, chu kỳ lọc 43h – 47,5h. Kết quả cho thấy các thông số sau xử lý đều nhỏ hơn giá trị cột A của QCVN 14:2008/BTNMT.

Kết quả của bể lọc chứng tỏ khả năng ứng dụng lớn của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa cho công nghệ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt. Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa chứng tỏ khả năng thích ứng và làm việc ổn định. Điều đó đã chứng minh sự đúng đắn của các thông số thiết kế nghiên cứu được của Luận án.

3.8.3. Đánh giá kinh tế kỹ thuật cụm xử lý triệt để bằng bể lọc vật liệu lọc nổi

Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa ứng cho kết quả tốt. Có suất đầu tư bằng 90%, chi phí vận hành bằng 56% so sánh với các chi phí nêu trong quyết định Quyết định số 451/QĐ-BXD và đặc biệt là diện tích sử dụng đất của trạm xử lý rất nhỏ.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận:

1. Luận án đã tổng quan được các vấn đề cấp thiết hiện nay tại Việt Nam và trên Thế giới về xử lý triệt để nước thải sinh hoạt cũng như các kết quả nghiên cứu, các cấu tạo, các sáng chế, các ứng dụng về bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt.

2. Luận án đã xây dựng cơ sở lý thuyết và tiến hành thực nghiệm xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa ở chế độ loại bỏ đồng thời theo: (1) hàm lượng chất lơ lửng SS và các hợp chất hữu cơ; (2) hàm lượng chất lơ lửng SS, các hợp chất hữu cơ, các chất dinh dưỡng.

3. Bảng thực nghiệm đã chứng minh được hiệu quả xử lý triệt để nước thải sinh hoạt theo SS, BOD₅, COD, NH₄⁺, tổng Nitơ qua lớp vật liệu polystyrene lần lượt như sau (i) 58,10%; 64,40%; 66,90%; 73,60%; 45,50% với vận tốc 5m/h; (ii) 53,32%; 60,67%; 61,48%; 66,02%; 43,03% với vận tốc lọc 7,5 m/h; (iii) 47,75%; 44,85%; 40,75%; 40,75%; 17,30% với vận tốc lọc 10 m/h;

4. Bảng thực nghiệm tìm ra được quan hệ động học các thông số công nghệ của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa làm việc ở chế độ xử lý triệt để nước thải sinh hoạt như (i) gia tăng tổn thất theo thời gian; (ii) nồng độ chất rắn SS, nồng độ chất hữu cơ theo các chỉ số BOD, COD; nồng độ các hợp chất dinh dưỡng (NH₄⁺, tổng N);

5. Bảng thực nghiệm đã tìm ra các thông số lọc xác định cường độ bút cặn (a) và thông số lọc xác định cường độ bám dính cặn (b) lần lượt như sau: a = 0,375, b = 15,242 với vận tốc lọc 5m/h; a = 0,562, b = 11,48 với vận tốc lọc 7,5 m/h; a = 0,75, b = 9,382 với vận tốc lọc 10 m/h;

6. Bảng thực nghiệm đã tìm ra hằng số tốc độ phản ứng với việc loại bỏ các chất hữu cơ theo chỉ số BOD₅, COD, các chất dinh dưỡng theo chỉ số NH₄⁺, tổng Nitơ lần lượt như sau: k_{BOD} = 0,08; k_{COD} = 0,075; k_{NH4+} = 0,082; k_{tổng N} = 0,042;

7. Kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho phép xác lập được mô hình toán học mô tả quá trình xử lý bậc 3 triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa;

8. Kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho phép xây dựng được phương pháp tính toán thiết kế công trình bậc 3 xử lý triệt để nước thải sinh hoạt trên cơ sở tối ưu hóa vận tốc lọc, thời gian bảo vệ, chiều cao xi phong, chiều dày lớp vật liệu lọc cho các chế độ loại bỏ đồng thời theo: (1) hàm lượng chất lơ lửng SS và các hợp chất hữu cơ (BOD₅, COD) ; (2) hàm lượng chất lơ lửng SS, các hợp chất hữu cơ (BOD₅, COD), các chất dinh dưỡng (NH₄⁺, tổng Nitơ).

9. Kết quả nghiên cứu được ứng dụng ra ngoài thực tế cho trạm xử lý công suất 150 m³/ngày đã chứng tỏ được sự đúng đắn của phương pháp tính toán được xây dựng.

Kiến nghị:

1. Bể lọc vật liệu lọc nổi tự động thủy lực để xử lý nước thải là công trình tổ hợp được các quá trình xử lý cơ học (lọc SS) và quá trình sinh học (loại bỏ BOD và Nito) vào trong một bể có thể ứng dụng có hiệu quả để cải tạo nâng cấp các công trình xử lý nước thải hiện hữu hoặc cho công trình xử lý nước thải xây mới nhằm đạt tiêu chuẩn xả thải ngày càng cao hơn hoặc nhằm mục đích dùng cho công nghệ tái sử dụng, tuần hoàn nước thải. Kiến nghị đề xuất đưa bể lọc vật liệu lọc nổi nói chung và bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa nói riêng vào tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam.

2. Kiến nghị hướng nghiên cứu tiếp theo là kết hợp bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa và công nghệ màng trong một công trình xử lý sinh học;

3. Kiến nghị hướng nghiên cứu tiếp theo là kết hợp bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa và bể sinh học MBBR thành cụm công trình tự rửa hoàn toàn bằng thủy lực;

4. Trên cơ sở mô hình toán học có được, tiếp tục nghiên cứu xây dựng phần mềm tính toán thiết kế bể lọc vật liệu lọc nổi để xử lý triệt để nước thải sinh hoạt.

5. Nghiên cứu ứng dụng rộng rãi trong tương lai 2 đề xuất cấu tạo mới tích hợp bể phản ứng sinh học – bể lọc vật liệu lọc nổi hoạt động tự động hoàn toàn trên nguyên lý thủy lực cho xử lý nguồn nước ô nhiễm chất hữu cơ, ô nhiễm amôni trong dây chuyền xử lý nước cấp sinh hoạt.

CÁC BÀI BÁO KHOA HỌC**ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN**

1. Phạm Văn Dương, Trần Thanh Sơn (2015), *Ứng dụng bể lọc vật liệu lọc nổi xử lý nước mặt cấp nước sinh hoạt tại tỉnh Hà Nam*, Tạp chí Kiến trúc & Xây dựng, số 18-2015, trang 75-78.
2. Phạm Văn Dương (2017), *Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa giải pháp trong xử lý triệt để nước thải sinh hoạt hiện nay ở Việt Nam*, Tạp chí Xây dựng & Đô thị, số 57-58/2017, trang 95-99.
3. Phạm Văn Dương (2018), *Xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa*, Tạp chí Kiến trúc & Xây dựng, số 29-2018, trang 59-62.
4. Phạm Văn Dương (2018), *Xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa (vận tốc lọc 7,5 m/h)*, Tạp chí Khoa học & Công nghệ, số 44.2018, trang 108-111.
5. Tran Thanh Son, Pham Van Duong (2017), *Advanced wastewater treatment by hydraulic automatic floating media filter*, Vietnam Journal of Science and Technology, 55 (4C), pp 291-296.