

1. MỤC ĐÍCH

1. Khảo sát thời gian lưu của hệ thống bình khuấy trộn mắc nối tiếp mô hình dãy hộp.
2. Xác định hàm phân bố thời gian lưu thực và so sánh với hàm phân bố thời gian lưu lý thuyết.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Khái niệm cơ bản

Trong hệ thống thiết bị, những phần tử lưu chất khác nhau sẽ đi theo những con đường khác nhau. Dựa trên hàm phân bố thời gian lưu xác định được, ta có thể đánh giá tương quan về dòng trong thiết bị, các nhược điểm sinh ra khi thiết kế như vùng tù, dòng chảy tắt... và tìm cách khắc phục nhờ đánh giá này. Nghiên cứu thời gian lưu là phương pháp cần thiết để so sánh thiết bị dựa trên dòng vật liệu từ đó có thể cải tiến, lập mô hình tối ưu. Cũng dựa trên hàm phân bố thời gian lưu ta có thể vận hành tối ưu và qua đó thiết lập được các thông số, phương pháp điều khiển cũng như tối ưu hóa quá trình trong thiết bị.

Thời gian lưu của một phần tử trong hệ là thời gian phần tử đó lưu lại ở trong bình phản ứng, hay trong thiết bị bất kỳ cần khảo sát. Thời gian lưu của một thiết bị là một đại lượng xác suất. Như vậy tất cả thời gian lưu đều dao động xung quanh thời gian lưu trung bình, do đó xác định thời gian lưu trung bình đặc biệt có ý nghĩa.

$$\bar{t}_V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{Vi}$$

trong đó t_{Vi} là thời gian lưu của một phần tử bất kỳ i .

Với định nghĩa hàm phân bố thời gian lưu $F(t_v) = E(t_v)$, ta có:

$$t_v = \int_0^{\infty} f(t_v) t_v \cdot dt_v = E(t_v)$$

$$\text{hay } \bar{t}_V = \frac{\int_0^{\infty} c_I^A(t_v) t_v \cdot dt_v}{\int_0^{\infty} c_I^A(t_v) \cdot dt_v}$$

Với các hàm điểm, ta có:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^K c_i t_i}{\sum_{i=1}^K c_i}$$

K là các khoảng chia bằng nhau.

Thời gian lưu trung bình thể tích:

$$\tau = \frac{V_R}{V_M} = \bar{t}$$

Với V_R : thể tích của lưu chất trong bình, lít.

V_M : lưu lượng của dòng vào thiết bị, lít/giây.

Nếu chất chỉ thị không đạt tương quan lý tưởng thì phương trình trên không thỏa mãn (nếu $\tau > \bar{t}$ có thể chất chỉ thị bị hấp phụ vào thành bình hoặc các chi tiết phụ).

2.2. Các phương pháp nghiên cứu thời gian lưu

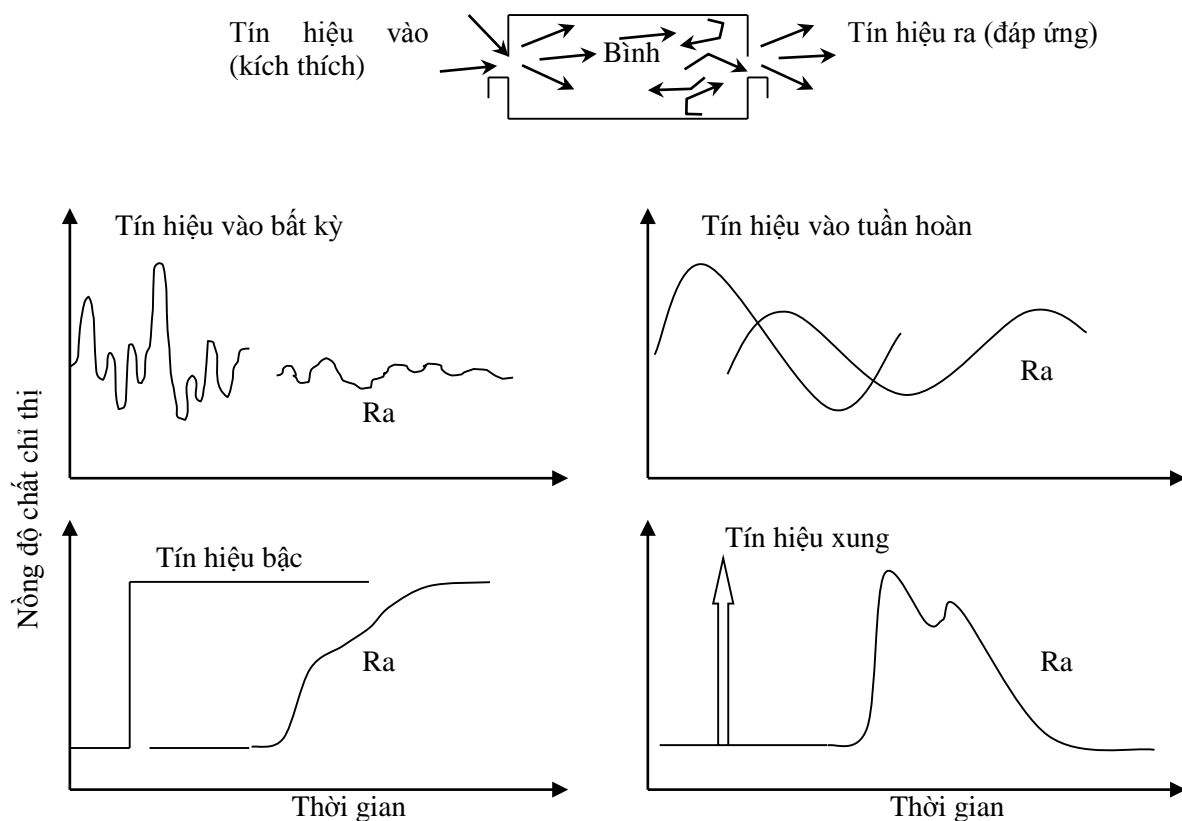
Nghiên cứu thời gian lưu có thể tiến hành theo các phương pháp:

- 1) Xác định thành phần của các cấu tử ở thời điểm t (hoặc τ) ra khỏi thiết bị, xác định hàm F(t) hoặc F(τ).

Xác định thành phần của các cấu tử ở thời điểm t (hoặc τ) vẫn còn lưu lại trong thiết bị, hàm I(t) hoặc I(τ).

Xác định thành phần của các cấu tử ở thời điểm t (hoặc τ) đang trong quá trình thoát ra khỏi thiết bị, hàm f(t) hoặc f(τ).

Để khảo sát khả năng hoạt động của một thiết bị phản ứng thực tế ta thường dùng phương pháp kích thích – đáp ứng (phương pháp đánh dấu). Các dạng kích thích đầu vào và đáp ứng đầu ra được trình bày trên hình 1.



Hình 1: Các dạng tín hiệu kích thích đáp ứng thường dùng

Như vậy các phân tử đánh dấu phải có đặc điểm là không được ảnh hưởng và khác biệt với các phân tử tạo nên tương quan trong hệ.

Các loại chất chỉ thị đối với môi trường lỏng có thể là dung dịch màu, các chất phóng xạ, các đồng vị phóng xạ ổn định, các hạt rắn phát sáng... Các chất chỉ thị thích hợp với tính chất của các phân tử trong hệ phải có khối lượng riêng, độ nhớt, hệ số khuếch tán thích hợp.

Khi có các chất chỉ thị thích hợp, ta có thể để nó vào hệ theo hai kiểu tín hiệu là: tín hiệu ngẫu nhiên (Stochas) và tín hiệu xác định (Determinis). Loại tín hiệu xác định có thể chia làm hai loại là tín hiệu tuần hoàn và tín hiệu không tuần hoàn.

Để khảo sát các thiết bị, người ta sử dụng loại tín hiệu xác định không tuần hoàn. Loại tín hiệu này có thể được tạo ra nhờ:

1. Đánh dấu bằng va chạm
2. Đánh dấu bằng cho nhập vào liên tục một lượng xác định
3. Đánh dấu bằng cho nhập chiếm chỗ toàn bộ trong hệ

Vì tiện lợi trong sử dụng và sự đồng dạng của tín hiệu kích thích có dạng bậc hoặc dạng xung. Trong thí nghiệm, ta sử dụng loại đánh dấu bằng va chạm. Loại đánh dấu này chính là sự thực hiện ở điều kiện kỹ thuật hàm Dirac (hàm động lượng Dirac), hay còn gọi là hàm Delta.

$$\delta(t) = \begin{cases} 0, & t \neq 0 \\ \infty, & t = 0 \end{cases}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t).dt = 1$$

Loại đánh dấu này thường thích hợp với chất màu.

2.3. Hàm phân bố thời gian lưu của mô hình dãy hộp

Đa số các thiết bị thực lại thường có hàm phân bố là của mô hình dãy hộp.

2.3.1. Bình khuấy trộn lý tưởng

Một bình phản ứng được gọi là lý tưởng với kiểu đánh dấu va chạm phải thỏa mãn: thể tích V_R trong bình là hằng số theo thời gian, trong bình có sự khuấy trộn hoàn toàn một thành phần trong hệ một cách đồng nhất ở mọi vị trí thuộc thể tích V_R . như vậy, trong bình có sự đột biến của dòng vào.

Thời gian lưu trung bình thể tích:

$$\tau = \frac{V_R}{V_M}; \quad \frac{C_l^{ra}}{C_l^{vao}} = 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

Khi nối các bình lý tưởng lại, ta được mô hình dãy hộp:

Hàm phân bố có dạng tổng quát

$$f(t) = 1/\tau = \frac{\left(-\frac{t}{\tau}\right)^{n-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)}{(n-1)!}$$

Khi $n = 1$, ta có lại mô hình khuấy trộn lý tưởng. Còn khi $n = \infty$, ta có lại mô hình đẩy lý tưởng.

Giả sử ban đầu không có chất chỉ thị trong dòng lưu chất vào bình, sau đó tác động tín hiệu xung vào bằng cách cho một lượng chất chỉ thị nhất định vào dòng lưu chất trong khoảng thời gian rất ngắn.

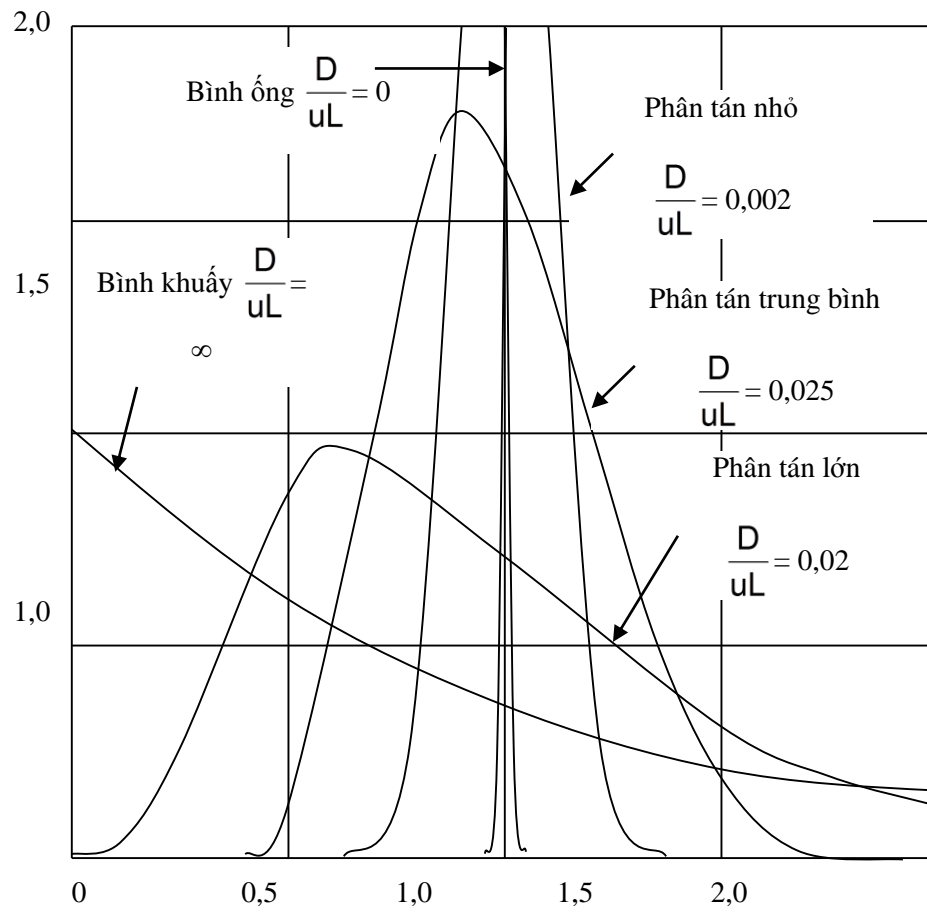
Đường cong biểu diễn nồng độ theo thời gian thu gọn của chất chỉ thị trong dòng ra ứng với tín hiệu kích thích dạng xung tại đầu vào được gọi là đường cong C. Nồng độ ban đầu của chất chỉ thị là C_0 . Với diện tích bên dưới đường cong bằng 1, ta có:

$$\text{Thời gian thu gọn, vô thứ nguyên: } \theta = \frac{t}{\tau} = \frac{t}{\tau} = \frac{vt}{V} \quad (2)$$

Với t là thời gian phần tử lưu chất bất kỳ đi qua thiết bị.

\bar{t} và τ được xác định theo (1)

$$\int_0^{\infty} C \cdot d\theta = \int_0^{\infty} \frac{C}{C_0} d\theta = 1 \text{ hay } C_0 = \int_0^{\infty} C \cdot d\theta = \frac{1}{\bar{t}} \int_0^{\infty} C \cdot dt \quad (3)$$



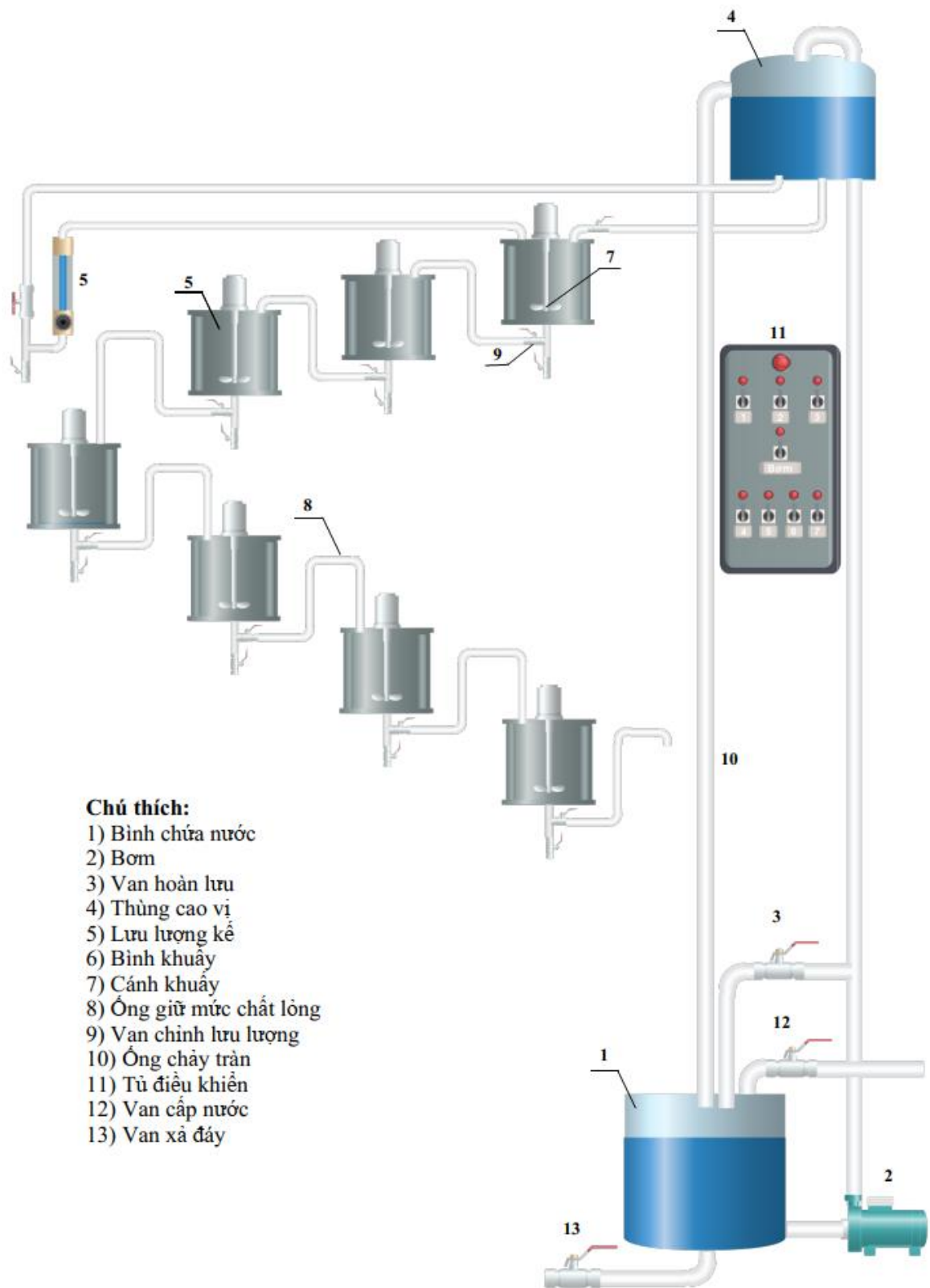
Hình 2: Đường cong C biểu diễn đáp ứng tại dòng ra cho tín hiệu xung tại đầu vào

3. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

3.1. Dụng cụ

Ống nghiệm, thí kế, pipet, phẩm màu và máy đo độ truyền suốt (hấp thụ) ánh sáng.

3.2. Sơ đồ thiết bị thí nghiệm



Hình 3: Sơ đồ hệ thống thí nghiệm thời gian lưu

4. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

Tiến hành thí nghiệm theo trình tự sau:

- 1) Mở van **V** cấp nước vào thùng chứa, bật công tắc để bơm nước từ thùng chứa lên thùng cao vị cho đến khi nước tràn qua trong ống chảy tràn về lại thùng chứa nước.
- 2) Mở van **V** để cấp nước qua lưu lượng kế và điều chỉnh lưu lượng dòng chảy vào hệ thống bình khuấy.
- 3) Hệ một bình: khi hệ thống đã ổn định, dùng pipet cho phẩm màu (**V = 5 ml**) vào **bình 1**, đồng thời bấm thì kế (lấy gốc thời gian cho ngay khi cho phẩm màu vào thiết bị) Dùng ống nghiệm lấy mẫu ở đầu ra **của bình 2** theo thời gian (mỗi mẫu cách nhau một phút), sau đó đem mẫu đi đo nồng độ (bằng cách sử dụng máy Spectrophotometer đo thông qua độ hấp thụ : D hoặc phần trăm truyền suốt: %T).
- 4) Hệ hai, ba, bốn bình: trình tự giống như hệ một bình, nhưng lúc này cho phẩm màu vào **bình 1** và lấy mẫu theo thời gian ở ở đầu ra của bình cuối cùng (từ ống thông nhau cuối cùng).

Kết quả:

Hệ một bình:

D₀:

lưu lượng (v): 0,4 (l/p)

đường kính bình khuấy (d): 14 cm chiều cao mức chất lỏng: (h):12 cm

t (phút)	
D	

Tương tự cho hệ 2, 3, 4 bình.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Levenspiel O., “Chemical Reaction Engineering”, John Willey and Sons, Bookcomp., New York, 1965.

[2] Vũ Bá Minh, “Quá trình và thiết bị Công nghệ Hóa học, Tập 4, Kỹ thuật phản ứng”, NXB Đại học Quốc gia, 2000.

6. CÂU HỎI CHUẨN BỊ

- 1) Thời gian lưu là gì? Phân biệt thời gian lưu và thời gian phản ứng.
- 2) Hàm phân bố thời gian lưu là gì? Ý nghĩa việc khảo sát hàm phân bố thời gian lưu.
- 3) Ứng dụng của thời gian lưu trong các quá trình và thiết bị công nghệ hóa học. Nêu ví dụ.
- 4) Các loại mô hình dùng để nghiên cứu dòng chảy thực.
- 5) Mô tả các hiện tượng có thể xảy ra trong mô hình dãy hộp.
- 6) Phân loại thiết bị phản ứng và đặc trưng từng loại thiết bị.
- 7) Nguyên nhân sai khác giữa dòng chảy thực và lý tưởng.
- 8) Các phương pháp đánh dấu. Tại sao thường dùng tín hiệu xung để nghiên cứu thời gian lưu.
- 9) Các điều kiện chọn chất chỉ thị.
- 10) Tiến trình thí nghiệm.
- 11) Cách tính thời gian lưu trung bình và hàm phân bố thời gian lưu.

- 12) Các phương pháp tính sai số so với dạng lý tưởng.
- 13) Nhận xét cách lấy mẫu và cho chất chỉ thị trong bài thí nghiệm