

THIẾT KẾ NHÀ MÁY **(Chemical Plant Design)**

VŨ BÁ MINH vbminh@hcmut.edu.vn

HOÀNG MINH NAM hmnam@hcmut.edu.vn

Mục lục

Chương 1: Giới thiệu môn học

Chương 2: Triển khai dự án (Project Development)

Chương 3: Thiết kế quy trình (Process Design)

**Chương 4: Lựa chọn thiết bị và vật liệu chế tạo
(Equipment Selection & Materials of Construction)**

Chương 5: Các tiện nghi hỗ trợ sản xuất (Utilities)

Chương 6: Lựa chọn địa điểm xây dựng nhà máy

Chương 7: Xây dựng nhà máy

Chương 8: Tính kinh tế dự án

Chương I: GIỚI THIỆU MÔN HỌC

1.1. THIẾT KẾ NHÀ MÁY(TKNM)

1.1.1. Vai trò của kỹ sư hoá học (KSHH)

KSHH là người có kỹ năng triển khai vào sản xuất:

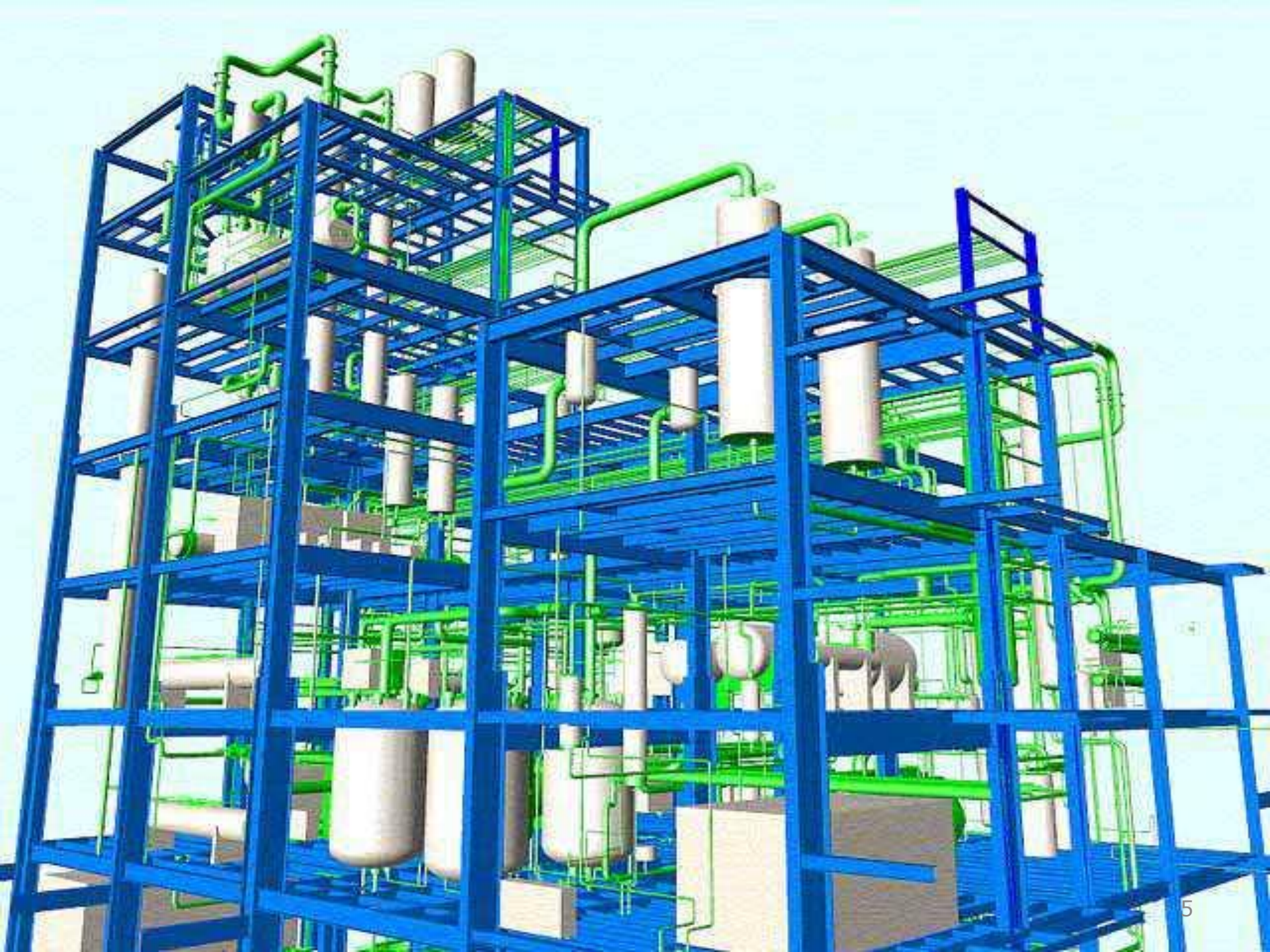
- **một qui trình,**
- **thiết kế, xây dựng, vận hành một nhà máy công nghiệp**

Do đó KSHH có thể làm việc trong 4 lĩnh vực của ngành công nghiệp hoá học nói chung như sau:

- ❖ **Nghiên cứu và triển khai (R&D);**
- ❖ **Thiết kế;**
- ❖ **Sản xuất;**
- ❖ **Thương mại.**

Khu vực tháp chưng cất dầu tại Nhà máy lọc dầu Dung Quất





1.1.2. Thiết kế kỹ thuật

TKNM bao gồm thiết kế

- *qui trình,*
- *thiết bị và*
- *xây dựng nhà máy*

Đặc trưng mang tính quyết định của người kỹ sư hoá học thể hiện trong bản thiết kế là tính sáng tạo nghề nghiệp.

Công việc TK được thực hiện sau một kế hoạch đã được chuẩn bị trước

- địa điểm và mặt bằng xây dựng nhà máy,
- lựa chọn qui cách các thiết bị công nghệ,
- bố trí thiết bị theo sơ đồ qui trình công nghệ và **dự kiến mở rộng trong tương lai.**

1.1.2. Thiết kế kỹ thuật

TK thiết bị và xây dựng phải đạt hiệu quả cao nhất về sử dụng nguyên vật liệu trong qui trình công nghệ.

Cung ứng và dự trữ nguyên vật liệu được sắp xếp sao cho việc mở rộng sau này không làm xáo trộn dòng vật liệu di chuyển trong qui trình công nghệ, và đáp ứng tốt nhất các điều kiện hoạt động của từng thiết bị.

Công việc thiết kế tập trung vào các bài toán truyền nhiệt, truyền khối và các biến đổi hoá học, sinh học.

Các yếu tố khác phải được xem xét thêm là cháy nổ, tính độc hại của các hoá chất, an toàn lao động, sức khoẻ cho công nhân, hệ thống phân phối một cách kinh tế các tiện nghi phục vụ sản xuất như hơi nước, điện năng, khí nén... và mở rộng sản xuất sau này.

1.1.2. Thiết kế kỹ thuật

KSHH có nhiệm vụ tính toán:

- ❖ suất lượng các dòng,
- ❖ hiệu suất,
- ❖ sử dụng nguyên vật liệu trong dây chuyền và tồn trữ.

Cần sử dụng các kiến thức:

- cân bằng vật chất-năng lượng,
- vận chuyển nguyên vật liệu,
- truyền nhiệt,
- truyền khối, phân riêng vật liệu,
- nhiệt động lực học, cân bằng và tốc độ của các hệ phản ứng hoá học, sinh học, đặc trưng chất xúc tác.

**Ngoài ra KSHH còn phải tính chi tiết chi phí thiết bị
*công đoạn***

1.1.3. Yêu cầu của thiết kế nhà máy

- Yếu tố chủ yếu quyết định SX một sản phẩm mới, hay mở rộng, hiện đại hóa một nhà máy có sẵn *“Thời gian thu hồi vốn đầu tư ?”*. *Thiết kế nhà máy sơ bộ (khả thi)*

Bản phân tích TKNM bao gồm:

- *Thiết kế qui trình;*
- *Lựa chọn, thiết kế thiết bị và vật liệu chế tạo;*
- *Lựa chọn vị trí, TK xây dựng để ước tính chi phí lao động, đất đai và xây dựng;*
- *Phân tích chi phí sản xuất.*

Nếu đi đến một quyết định tích cực thực hiện dự án thì sẽ tiến hành công việc thiết kế chi tiết nhà máy.

Thiết kế chi tiết sẽ bao gồm việc tối ưu hóa và các chi tiết, qui cách thiết bị công nghệ, các bản vẽ chi tiết... 9

1.2. BẢN CHẤT CÔNG VIỆC THIẾT KẾ

Quy trình thiết kế và người KS thiết kế phải làm việc như thế nào ?

- TK là một công việc mang tính sáng tạo và là công việc xứng đáng cho người kỹ sư thực hiện.
- TK là việc tổng hợp tất cả các ý tưởng lại nhằm đạt đến một mục tiêu mong muốn.

KS thiết kế bắt đầu với một mục tiêu hay nhu cầu cụ thể trong đầu và triển khai, đánh giá các phương án thiết kế có thể nhằm đạt đến một phương án tốt nhất để đạt mục tiêu, đó có thể là một *sản phẩm mới* hay *cải tiến một công đoạn nào đó trong qui trình sản xuất*.

1.2. BẢN CHẤT CÔNG VIỆC THIẾT KẾ

KS thiết kế sẽ bị *ràng buộc* bởi nhiều yếu tố làm giảm số lượng phương án thiết kế có thể, *nhưng hiếm khi chỉ còn một phương án thiết kế có thể đáp ứng mục tiêu ban đầu.*

Các ràng buộc này có thể **cố định**, không biến đổi:

- * các định luật vật lý,
- * các luật lệ, qui định của nhà nước,
- * các tiêu chuẩn.

Các ràng buộc khác **linh động hơn** và có thể vận dụng như là một phần của chiến lược tổng thể nhằm đạt đến một bản thiết kế tốt nhất.

Các ràng buộc ngoài tầm ảnh hưởng TK xem như các ràng buộc bên ngoài (*hình 1.1*). Phía trong những ràng buộc này có những TK hợp lý đáp ứng các ràng buộc bên trong có thể kiểm soát được như: lựa chọn qui trình, lựa chọn các thông số vận hành của qui trình, vật liệu chế tạo, thiết bị.

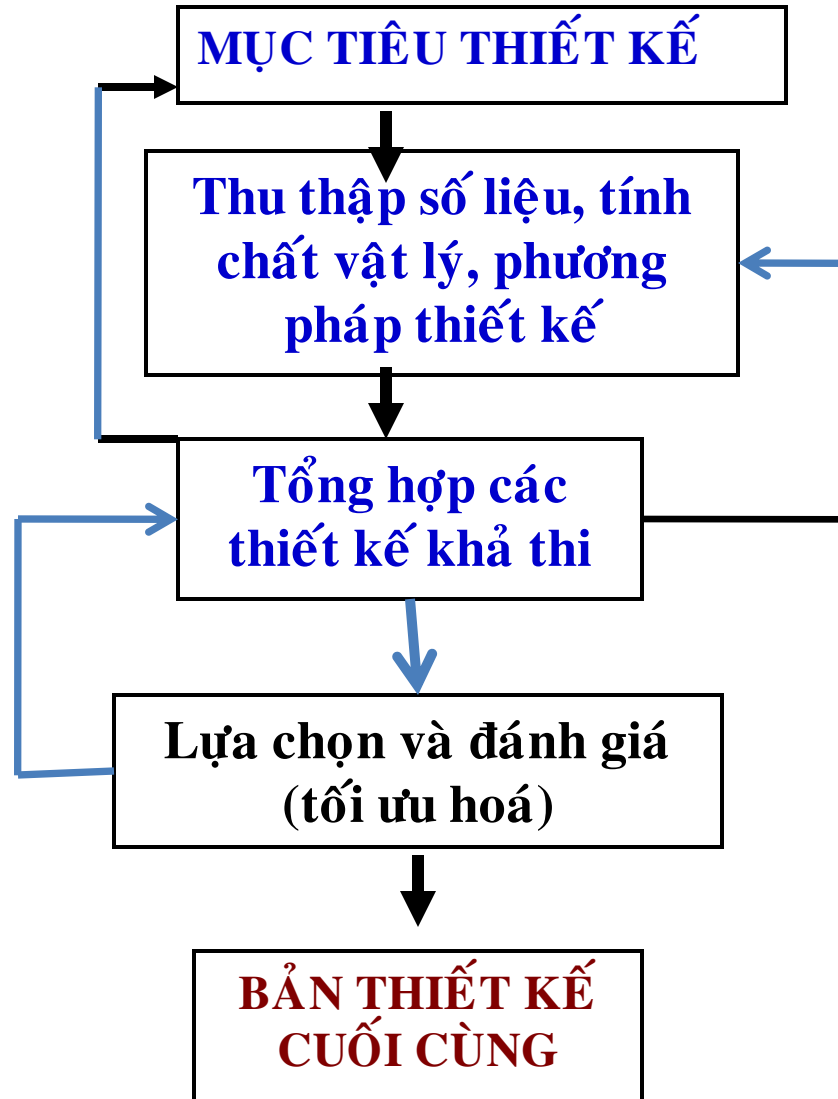
1.2. BẢN CHẤT CÔNG VIỆC THIẾT KẾ

- ❖ Đánh giá tính *khả thi về mặt kinh tế* là ràng buộc chính của bản thiết kế kỹ thuật: nhà máy phải sinh lợi.
- ❖ Thời gian hoàn thành cũng là một ràng buộc.

Các bước triển khai thiết kế từ xác định mục tiêu ban đầu cho đến bản thiết kế cuối cùng được trình bày trên hình 1.2 cho thấy qui trình thiết kế mang tính lặp lại.

Trong quá trình thiết kế KS phải nhận ra được các *phương án mới cũng như những ràng buộc mới*, sẽ phải tìm các số liệu mới cũng như ý tưởng mới và đánh giá các lời giải có thể.

Hình 1.2. Quy trình thiết kế.



1.2.1. Mục tiêu của thiết kế

- **Người KS thiết kế tạo nên một bản thiết kế để sản xuất một sản phẩm, một qui trình sản xuất để đáp ứng một yêu cầu cụ thể.**

1.2.2. Thu thập số liệu

- Cần phải tập hợp tất cả các cơ sở lý thuyết và số liệu cần thiết có liên quan.
- Để thiết kế qui trình công nghệ, cần thu thập tất cả các thông tin về các qui trình đã có, đặc tính của các thiết bị, tính chất vật lý.
- Công ty TK soạn sẵn các sổ tay số liệu cơ bản, các qui trình công nghệ. Hầu hết các công ty này còn có các sổ tay thiết kế trong đó trình bày các phương pháp và số liệu thường dùng.
- Tiêu chuẩn nhà nước cũng là các nguồn cung cấp phương pháp và số liệu TK; các tiêu chuẩn này cũng là những ràng buộc trong quá trình thiết kế.
- Các ràng buộc, nhất là các ràng buộc bên ngoài, nên được xác định trước khi bắt đầu công việc thiết kế.

1.2.3. Tổng hợp các lời giải có thể có của bài toán thiết kế

- Phần sáng tạo là tổng hợp các lời giải có thể có của bài toán TK để *phân tích, đánh giá và lựa chọn*.
- KS có kinh nghiệm sẽ lựa chọn các phương pháp đã được thử nghiệm có kết quả hơn là các phương pháp có vẻ hấp dẫn nhưng chưa được kiểm nghiệm. Khối lượng công việc và phương pháp giải quyết sẽ phụ thuộc vào mức độ mới lạ của dự án thiết kế.

1.2.3. Tổng hợp các lời giải có thể có của bài toán thiết kế

Dự án TK của ngành CNHH có thể được chia ra làm ba loại:

- **Hiệu chỉnh, bổ sung cho một nhà máy đã có sẵn;**
- **Tăng công suất của nhà máy đáp ứng nhu cầu thị trường;**
- **Một qui trình công nghệ mới phát triển từ nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, qua giai đoạn sản xuất thử (pilot) và đến giai đoạn sản xuất thương mại.**

Bước đầu tiên là thiết kế qui trình công nghệ dưới dạng sơ đồ khối và liệt kê các nhiệm vụ chính (mục tiêu) và các ràng buộc chính của mỗi công đoạn.

Kinh nghiệm của người kỹ sư sẽ quyết định nên xem xét loại quá trình và thiết bị nào cho công đoạn đó.

1.2.4. Lựa chọn

Quá trình lựa chọn, sàng lọc các giải pháp qua các bước sau:

- Các bản thiết kế có thể tin cậy – đáp ứng các ràng buộc bên ngoài
- Các bản TK tin cậy được (khả thi) – đáp ứng các ràng buộc bên trong
- Các bản thiết kế có thể thực hiện được
- **Bản thiết kế tốt nhất (tối ưu)**

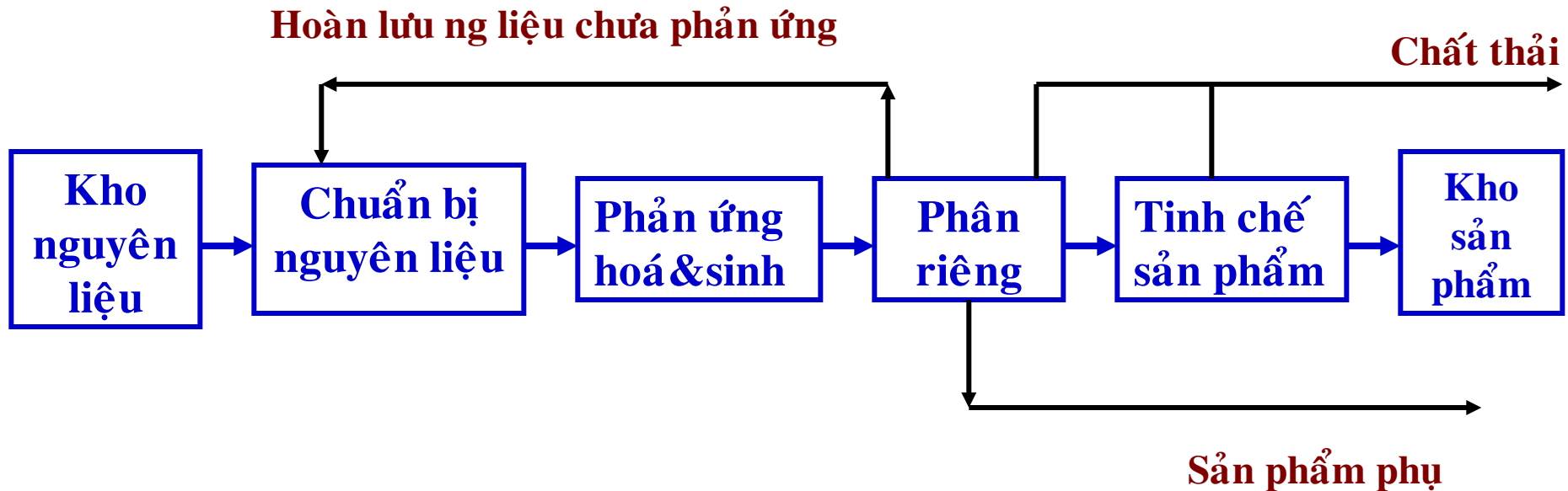
Trong giai đoạn sàng lọc ban đầu chỉ cần đến những biện luận kỹ thuật thông thường và các phép tính chi phí gần đúng. Để lựa chọn ra được một bản thiết kế tốt nhất từ những bản thiết kế khả thi cần phải thiết kế và tính kinh tế chi tiết.

1.3. THIẾT KẾ NHÀ MÁY VÀ CÁC MỐI LIÊN HỆ VỚI KINH DOANH

Mục đích cơ bản của TKNM cuối cùng vẫn là bán được nhiều sản phẩm hơn và thu được nhiều lợi nhuận hơn bằng cách:

- giữ cho sản phẩm và dây chuyền sản xuất luôn có ưu thế cạnh tranh;
- đa dạng hoá dây chuyền SX để đáp ứng nhu cầu thị trường;
- cải tiến hay thay đổi SP khi thấy lợi nhuận có xu hướng giảm vì thị trường đã bão hoà;
- tận dụng để thu lợi từ sản phẩm phụ hay tái chế sản phẩm phế thải.

1.4. CẤU TRÚC CỦA MỘT QUY TRÌNH SẢN XUẤT HOÁ HỌC



Công đoạn 1: Tôn trữ nguyên liệu

- ❖ Trừ khi nguyên liệu được cung cấp dưới dạng bán thành phẩm hoặc sản phẩm trung gian từ một nhà máy lân cận.
- ❖ Cần được dự trữ cho một thời gian sản xuất vài ngày, tuần...
- ❖ Lượng tồn kho cần thiết phụ thuộc vào bản chất nguyên liệu, phương thức cung cấp và sự đảm bảo tính liên tục của nguồn cung cấp.
- ❖ Nếu nguyên liệu phải nhập và vận chuyển bằng đường thuỷ lượng tồn kho cần phải dự trữ từ vài tuần đến vài tháng;
- ❖ Trong khi đó nếu lượng nguyên liệu không cần nhiều, có sẵn trong nước, vận chuyển bằng đường bộ thì lượng tồn kho không cần nhiều.

Công đoạn 2: Chuẩn bị nguyên liệu

- Một số loại nguyên liệu cần phải được sơ chế thành dạng phù hợp trước khi đưa vào thiết bị phản ứng, thí dụ nguyên liệu dạng lỏng cần được bốc hơi trước khi đưa vào thiết bị phản ứng pha khí hoặc nguyên liệu dạng rắn cần phải nghiền, sàng cho đạt cỡ thích hợp.

Công đoạn 3: Thiết bị phản ứng

- Công đoạn phản ứng là trung tâm của một qui trình sản xuất hóa chất. Trong thiết bị phản ứng nguyên liệu được đưa đến các điều kiện thích hợp để phản ứng và sản xuất ra sản phẩm mong muốn (sản phẩm chính) và đương nhiên cũng tạo ra sản phẩm phụ và các hợp chất không mong muốn.

Công đoạn 4: Phân riêng sản phẩm

- Sau phản ứng là phân riêng hỗn hợp các sản phẩm chính và các sản phẩm phụ ra khỏi các nguyên liệu chưa phản ứng.
- Nếu lượng vừa đủ và có giá trị kinh tế, nguyên liệu chưa phản ứng sẽ được hoàn lưu trực tiếp về thiết bị phản ứng, hoặc về công đoạn chuẩn bị nguyên liệu.
- Sản phẩm phụ cũng có thể được phân riêng ra khỏi sản phẩm chính tại công đoạn này.

Công đoạn 5: Tinh chế sản phẩm

- Trước khi đóng gói cung cấp cho thị trường, sản phẩm chính cần được tinh chế để đáp ứng đúng qui cách sản phẩm.
- Nếu có số lượng lớn trong quá trình sản xuất, sản phẩm phụ cũng có thể được tinh chế để cung cấp cho thị trường.

Công đoạn 6: Tôn trữ sản phẩm

- Vấn đề tôn trữ, bao bì, vận chuyển sản phẩm phụ thuộc vào bản chất của sản phẩm. Nếu sản phẩm lỏng thường được chứa trong thùng hoặc bồn. Chất rắn thường được chứa trong bao, thùng giấy hoặc pallet.
- Lượng tôn trữ sẽ phụ thuộc vào bản chất của sản phẩm và thị trường.

Tiện nghi phục vụ sản xuất (Utilities)

- Ngoài qui trình sản xuất chính trong nhà máy còn có các nguồn cung cấp tiện nghi phục vụ sản xuất như:

- ❖ nước cho sản xuất, nước làm mát,
- ❖ khí nén,
- ❖ hơi nước.

Các cơ sở khác cũng cần thiết cho hoạt động của nhà máy như xưởng bảo trì, phòng chống cháy nổ, phòng thí nghiệm, văn phòng...

1.4.1. Các qui trình liên tục và gián đoạn

- Qui trình hoạt động liên tục được thiết kế để vận hành 24 giờ trong một ngày, 7 ngày một tuần và suốt năm. Số giờ hoạt động trong một năm của nhà máy có thể đạt từ 90 đến 95%.
- Qui trình hoạt động gián đoạn được thiết kế để hoạt động theo từng mẻ(batch). Một số thiết bị, hoặc tất cả thiết bị trong qui trình sẽ được ngừng và khởi động thường xuyên.
- Qui trình hoạt động liên tục kinh tế hơn cho các trường hợp sản xuất qui mô lớn. Các qui trình hoạt động gián đoạn thường có tính linh động hơn khi cần thay đổi năng suất hoặc qui cách, chủng loại sản phẩm.

Quy trình hoạt động liên tục

- **Năng suất thường lớn hơn 5.000 T/năm**
- **Chỉ sản xuất một loại sản phẩm**
- **Không có tình trạng đóng cửa sản phẩm nghiêm trọng trong thiết bị**
- **Chất xúc tác có tuổi thọ cao**
- **Thiết kế quy trình đáng tin cậy**
- **Thị trường ổn định**

Quy trình hoạt động gián đoạn

- Năng suất thường nhỏ hơn 5.000 T/năm
- Sản xuất nhiều qui cách, chủng loại sản phẩm khác nhau
- Đóng cấu bản nghiêm trọng trong quá trình sản xuất
- Chất xúc tác có tuổi thọ ngắn
- Sản xuất sản phẩm mới
- Thiết kế chưa chắc chắn

Câu hỏi ôn tập

- 1) *Mục đích của thiết kế nhà máy hay lập một dự án đầu tư là gì?*
- 2) *Một KS Hóa học chỉ cần biết kiến thức trong PTN có thể làm việc tốt ngoài nhà máy được không?*
- 3) *Để TK NM (hay lập dự án đầu tư) cần phải có những kiến thức gì? Có thể làm việc cá nhân được không?*