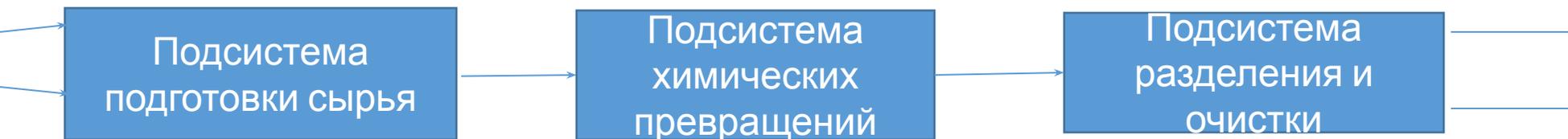


Лекция 6. Системный анализ

Разработка любого химического производства состоит из двух основных этапов:

1. Разработка физико-химической концепции химико-технологических процессов (ХТП), которые необходимо осуществить для получения целевых продуктов из исходных реагентов.
2. Создание химико-технологической системы (ХТС), составляющими (подсистемами, элементами) которой являются стадии ХТП (или нескольких ХТП).



Специфика второго этапа делает целесообразным применение системного анализа.

В чём заключается эта специфика? Что такое система?

Система – совокупность объектов (элементов), связанных внутренними связями, которую мы мысленно отделяем от окружающей среды.

Для системы характерны:

- а) общая цель функционирования;
- б) структура внутренних связей между подсистемами и элементами

ХТС

б

Области использования системного анализа

Системный анализ решает задачи, характеризующиеся:

1) Сложностью системы (в частности, ХТС), которая создаётся или анализируется (см. ниже).

2) Полифункциональностью.

При разработке или анализе ХТС необходимо соблюдать много условий и учитывать много ограничений географического, геологического, метеорологического, природоохранного, коммуникационного, социального характера.

Области использования системного анализа

3) Междисциплинарностью

При разработке или анализе системы возникают вопросы, относящиеся к различным областям знаний (см. выше) и технологии (материаловедение, строительство, энергетика, снабжение, сбыт, экономика и т.д.)

4) Разнородностью информации

Используемая информация всегда в разной степени формализована и никогда не бывает полной.

5) Ограниченностью ресурсов и сроков.

«Большие» или сложные системы

- 1. Большое количество элементов и связей между ними.**
- 2. Наличие иерархии (подсистемы разного уровня, связанные вертикальными связями).**
- 3. Система управления. На каждом уровне иерархии есть своя система управления, получающая и передающая информацию по вертикальным и горизонтальным связям.**
- 4. Единство цели, достижению которой служат все подсистемы и элементы системы при соблюдении необходимых ограничений.**
- 5. Внешние связи. 6. Влияние случайных факторов.**
- 7. Показатели системы делят на аддитивные и целостные (эмерджентные) показатели. Например, для ХТС себестоимость производства – аддитивный показатель, селективность образования продукта многостадийного процесса на исходный реагент – эмерджентный показатель.**

ХТС – большие системы

1. ХТС включают большое количество элементов. Например, производство аммиака (24 аппарата связанных материальными потоками, 94 аппарата, связанных 115 энергетическими потоками, 11 обратных связей (рециклов)).
2. Сложная иерархическая структура:
Аппарат (установка) □ отделение □ цех □ производство □ комбинат
3. Многоуровневая система управления:
Аппарат (Система автоматического регулирования(САР));
Отделение (автоматическая система управления технологическим процессом (АСУТП));
Цех (автоматическая система управления (АСУ));
Производство (автоматическая система управления производством (АСУП));

Принципы и приёмы системного анализа

- 1.** Нужно рассматривать объект как систему. Изучить структуру объекта, элементы, их взаимосвязь и взаимное влияние.
- 2.** Необходимо определить степень соответствия целей и функций подсистем и элементов целям функционирования системы.
- 3.** Определить свойства элементов и степень их влияния на функционирование системы.
- 4.** Анализ внешних связей и их влияния на функционирование данного производства. Влияние системы на окружающую среду.
- 5.** Выявление аддитивных и целостных показателей и их анализ

Задачи синтеза и анализа ХТС

**Синтез (разработка ХТС для нового производства).
Эволюционный подход. Увязка параметров функционирования всех элементов.**

**Анализ функционирования действующего производства для его усовершенствования.
Использование принципа декомпозиции.**

Два пути решения задач синтеза и анализа ХТС – использование лучших известных приёмов и изобретение новых (эвристических) решений.

Классификация химико-технологических систем (ХТС)

1. По структуре.

- а) открытые (незамкнутые, не включают обратных связей - рециклов),*
- б) замкнутые, если включают хотя бы один рецикл.*

2. По динамике (по функционированию во времени)

- а) непрерывные системы – это системы, которые работают при постоянных условиях длительное время (высокопроизводительные системы, применяемые для производства многотоннажных продуктов;*
- б) периодические (стадии процесса (подготовка сырья, химическое превращение, выделение продуктов и их очистка) разделены во времени);*
- в) непрерывно-циклические системы – в целом непрерывный процесс включает периодические стадии (регенерация катализатора, выделение продуктов из реакционной массы фильтрованием или кристаллизацией осуществляются в серии аппаратов, работающих попеременно.*
- г) гибкие системы (гибкость к изменениям требований, возникновение ГХТС связано с многоассортиментностью производства, с несоответствием темпов роста спроса на товары с темпами развития оборудования)*

Гибкие ХТС - это такая система, которая способна быстро перестраиваться необходимым образом в условиях внешних и внутренних возмущений.

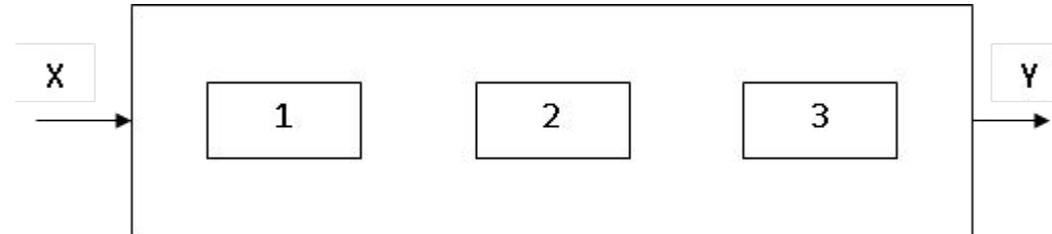
В данном случае речь идет не об устойчивости систем в связи со случайными изменениями параметров, а о целенаправленном изменении входных (сырье, энергия) и выходных (продукт) потоков при соответствующем изменении внутрисистемных параметров. Чем шире допустимый диапазон, тем более гибкой считается система.

Гибкие ХТС могут функционировать как в периодическом, так и непрерывном режимах.

Возникновение ГХТС связано с многоассортиментностью производства, с несоответствием темпов роста спроса на товары с темпами развития оборудования.

При разработке структуры ГХТС используют блочно-модульный принцип.

Каждый модуль предназначается для реализации соответствующего технологического процесса



Блочнo-модульная схема: 1- модуль реактора, 2 – модуль разделения, 3 - модуль очистки.

Между модулями не существует жестких связей. Они легко трансформируются, благодаря этому и организуется гибкая система.

Критерии оценки эффективности ХТС.

Каждая ступень иерархии ХТС характеризуется своими показателями эффективности: для реакторной подсистемы- это выход, конверсия, селективность. Для каждого элемента ХТС существуют соответствующие технологические критерии: степень разделения, КПД, и т.д. Показателями эффективности отдельных цехов являются расходные коэффициенты по сырью, топливу, электроэнергии и т.д.

Расходные коэффициенты в значительной степени характеризуют совершенство функционирования технологического производства и определяют его экономику. Чем ближе расходные коэффициенты к теоретическим, тем совершеннее производство и выше его экономические показатели.

На уровне ХТС в целом критерием оценки ее эффективности являются экономические показатели, такие как: производительность, себестоимость продукции, приведенные затраты, фондозатраты, прибыль, рентабельность и т.д.

Наиболее универсальным обобщенным критерием является так называемый «приведенный доход» $D_{пр}$.

$$D_{пр} = \sum C_i V_i - Z_{\text{э}} - EK_i \text{ (руб/год)},$$

где: C_i - цена i -го продукта с учетом его качества и дефицитности;

V_i - годовой объем выпуска этого продукта;

$Z_{\text{э}}$ - суммарные эксплуатационные затраты за год;

E - нормативный коэффициент экономической эффективности капиталовложений (величина, обратная сроку окупаемости), год^{-1} .

K_i - производственные фонды, т.е. единовременные затраты.

При эксплуатации ХТС действующих, когда капитальные вложения в дальнейшее его развитие или другие единовременные затраты не варьируются, исключается последний член уравнения EK_i и получается частный показатель – прибыль P .

$$P = \sum C_i V_i - Z_{\text{э}}$$

Свойства ХТС

Надежность – это способность системы сохранять заданные параметры функционирования в течении определенного времени и характеризуется частотой отказов отдельных элементов выполнять и сохранять заданные функции, определяющие работоспособность системы в целом. Надежность системы проявляется в частичной или полной потере ее работоспособности. Причины отказов (выход из строя или существенное ухудшение функционирования системы) можно объединить в три группы:

- а) проектно-конструкторский отказ – ошибка при проектировании,
- б) производственно-изготовительный отказ – несовершенство и нарушения технологии процессов изготовления оборудования,
- в) эксплуатационно- технологический отказ – нарушение правил эксплуатации оборудования, износ оборудования и коммуникаций.

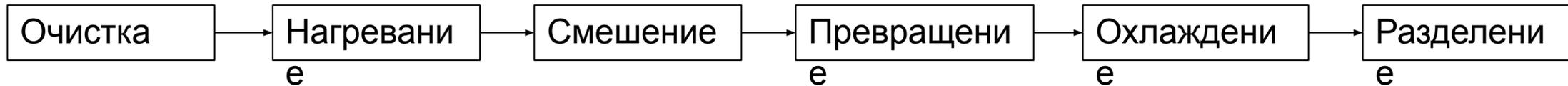
Устойчивость – это способность ХТС возвращаться в исходное состояние после устранения возмущений, вызвавших выход системы из этого состояния. Например, обратимое отравление катализатора.

Устойчивость ХТС связана с ее чувствительностью.

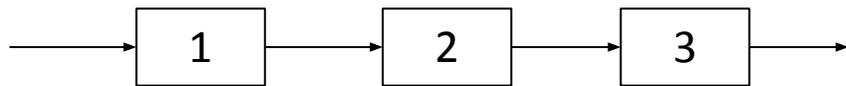
Чувствительность – это способность системы реагировать на внутренние и внешние возмущения, т.е. изменять параметры состояния. Желательно, чтобы система была малочувствительна к возмущениям.

Изображение ХТС

1. **Функциональная схема** – описание последовательности стадий процесса (она показывает технологические связи между процессами, протекающими на всех стадиях производства продукта).



2. **Структурная схема** включает элементы ХТС в виде блоков, имеющих входы и выходы. Она показывает технологические связи между блоками, указывающие направление движения материальных потоков (для математической модели и создания АСУ).

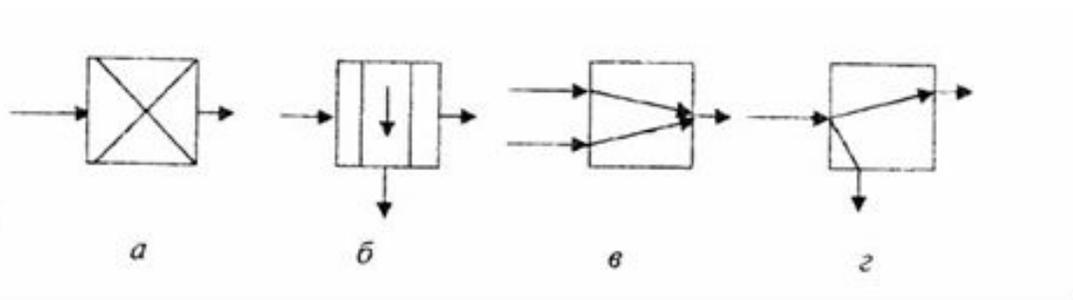


3. **Операторная схема.** Операторная схема основана на том, что каждый элемент ХТС представляет собой совокупность нескольких типов технологических операторов или отдельных технологических операторов.

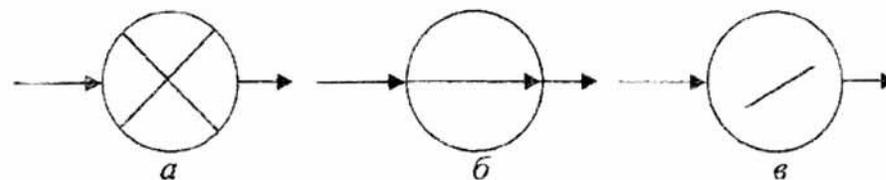
Технологический оператор ХТС - это элемент ХТС, в котором происходит качественное или количественное преобразование физических параметров входных материальных потоков в физические параметры выходных потоков в результате протекающих в нем химических или физических процессов.

Технологические операторы обычно делят на основные и вспомогательные. Основные операторы: химического превращения, массообмена, смешения и разделения. Они обеспечивают функционирование ХТС в целевом направлении.

Вспомогательные операторы используют для повышения эффективности функционирования системы.



Основные технологические операторы: а – химического превращения, б – межфазного массообмена, в – смешения, г – разделения.



Вспомогательные операторы: а – нагрев или охлаждение, б – сжатие или расширение, в – изменение агрегатного состояния.

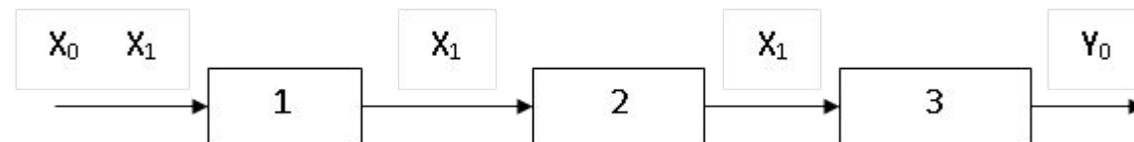
4. Технологическая схема (должна включать изображение всех аппаратов, изображение должно выполняться в масштабе, должны присутствовать все материальные, энергетические, информационные потоки (АСРиУ). Аппараты должны располагаться друг от друга на определённом расстоянии (в масштабе).

5. Поточный граф (облегчает составление математической модели)

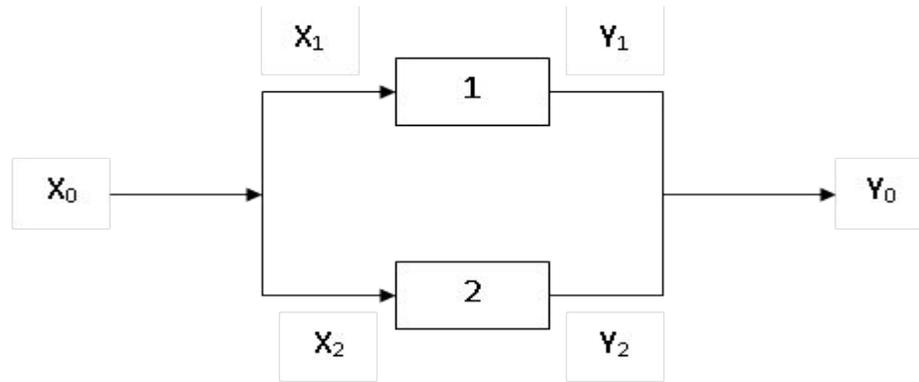
Типы связей в ХТС

Степень взаимозависимости элементов в системе зависит от того, какими связями мы связываем элементы системы.

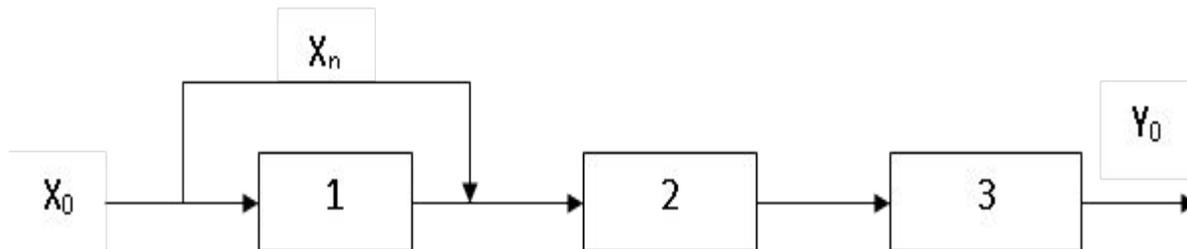
1. Последовательная связь характеризуется тем, что выходящий из элемента ХТС поток целиком поступает в следующий элемент, т.е. выходящий из данного элемента поток является входящим для последующего элемента. При этом все технологические потоки пребывают в элементе только один раз и не возвращаются в него.



2. Параллельная связь применяется для увеличения производительности, мощности ХТС, а также при необходимости производства нескольких продуктов на базе одного сырья.



3. Последовательная-обводная связь (байпас). Сырье, поступающее на переработку, разделяется на два потока. Один поток последовательно проходит через все аппараты. Второй смешивается с продуктами, выходящими из первого аппарата, и т.о. полученная смесь направляется в следующий аппарат.



$$\frac{X_{\sigma}}{X_o} = \text{байпас}$$

4. Перекрёстная связь представляет собой совокупность двух пересекающихся однонаправленных потоков.

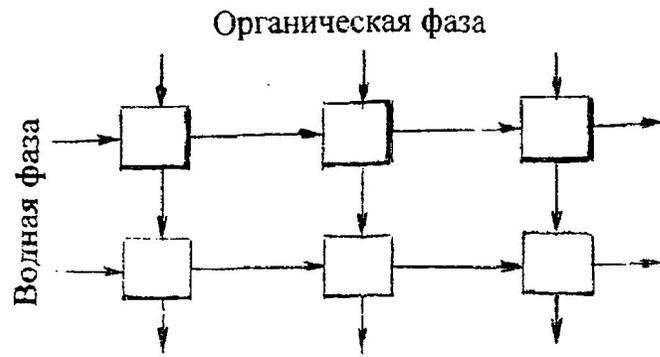


Рис. 6.4. Перекрестная связь в экстракционной системе.

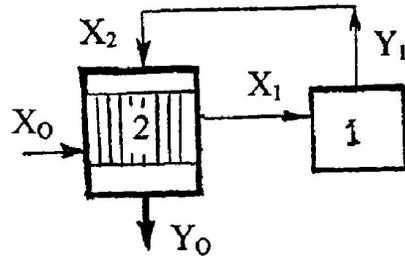
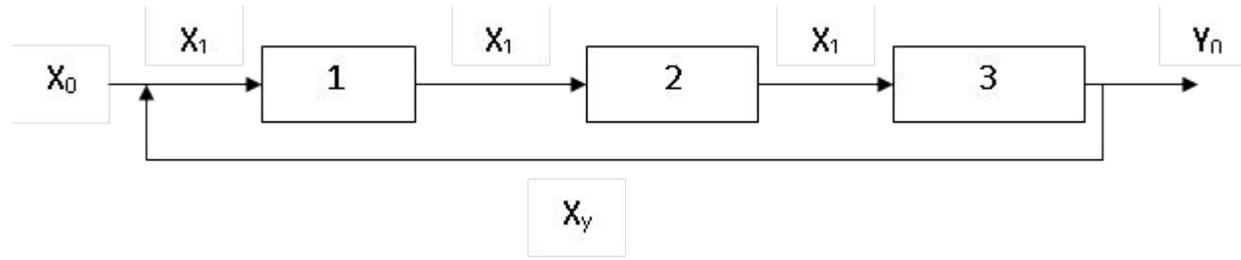


Рис. 6.5. Система: реактор (1) – теплообменник (2).

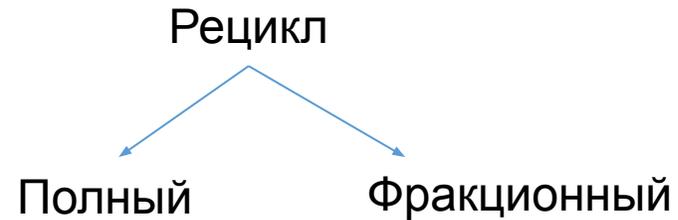
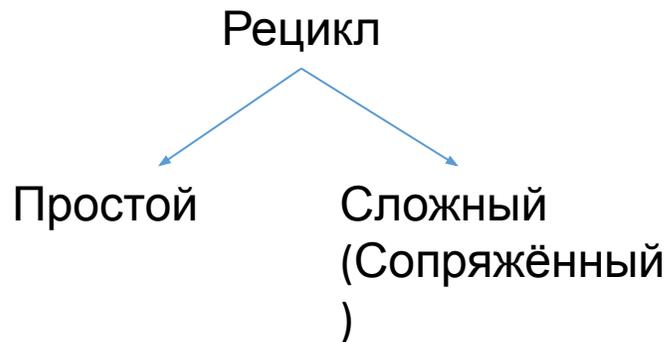
Примером ее может служить серия экстракционных ячеек, когда одна фаза проходит через ячейки последовательно, а вторая вводится не одним потоком, а потоком, соответствующим числу ступеней (процесс разделения редкоземельных элементов экстракцией органическими растворителями из водных растворов).

К *перекрестным* связям относят прием, используемый для утилизации тепла путем нагрева в теплообменнике входящего в реактор потока отходящими газами (рис. 6.5.).

5. Обратная связь (рециклы) - имеется хотя бы один обратный поток (рецикл), который связывает выход одного из последующих элементов ХТС со входом одного из предыдущих элементов.



1. Рецикл исходных веществ.
2. Рецикл промежуточных веществ.
3. Рецикл конечных продуктов.



Процесс получения додецилбензола, содержит две основные подсистемы: полимеризация пропилена с образованием додецена и алкилирование бензола до додецилбензола в соответствии со следующей химической схемой:

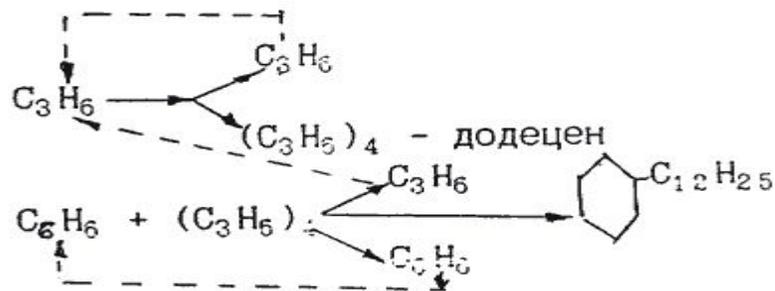


Рис. 6.8. Химическая схема получения додецилбензола.

Пропилен полимеризуется не полностью на первой стадии и образуется в результате деполимеризации додецена на второй стадии. Рецикл по пропилену - сопряженный; рецикл по непрореагировавшему бензолу - простой.

Для характеристики обратных связей используют два показателя: степень рециркуляции R и коэффициент рециркуляции K_R .

Характеристики рециклов

- Для характеристики обратных связей используют два показателя: степень рециркуляции R и коэффициент рециркуляции K_R . **Степень рециркуляции** показывает, какая часть главного потока возвращается в процесс:

$$R = X_R / X_1 = X_R / Y_1$$

- где X_1 и Y_1 – обозначение количества прямого потока через вход в любой последовательный элемент замкнутой подсистемы (X) или выход из него (Y).

- $X_1 = X_0 + RY_1$; $Y_0 = Y_1 \cdot (1-R)$

- **Коэффициент рециркуляции (кратность рециркуляции) K_R** показывает, во сколько раз главный поток больше прямого:

- $K_R = X_1 / X_0 = X_1 / Y_0$

- Поскольку $X_1 = X_0 + X_R = Y_1$, связь между показателями циркуляционного включения будет:

- Поскольку $X_1 = X_0 + X_R = Y_1$, связь между показателями циркуляционного включения будет:

- $R = 1 - 1/K_R$; $K_R = 1/(1-R)$