



# КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АЛЬ-ФАРАБИ

## Факультет химии и химической технологии



### ОБЩАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Лектор: к.х.н., старший преподаватель  
Василина Гулзира Кажмуратовна

## Лекция 2. Химическое производство как система. Сущность и методы составления и изображения материальных и энергетических балансов

Химическое производство представляет собой **ХИМИКО-технологическую систему (ХТС)**, в которой осуществляются химико-технологические процессы в определённых аппаратах.

# Компоненты химического производства

## Переменные

Переменные компоненты постоянно потребляются или образуются в производстве

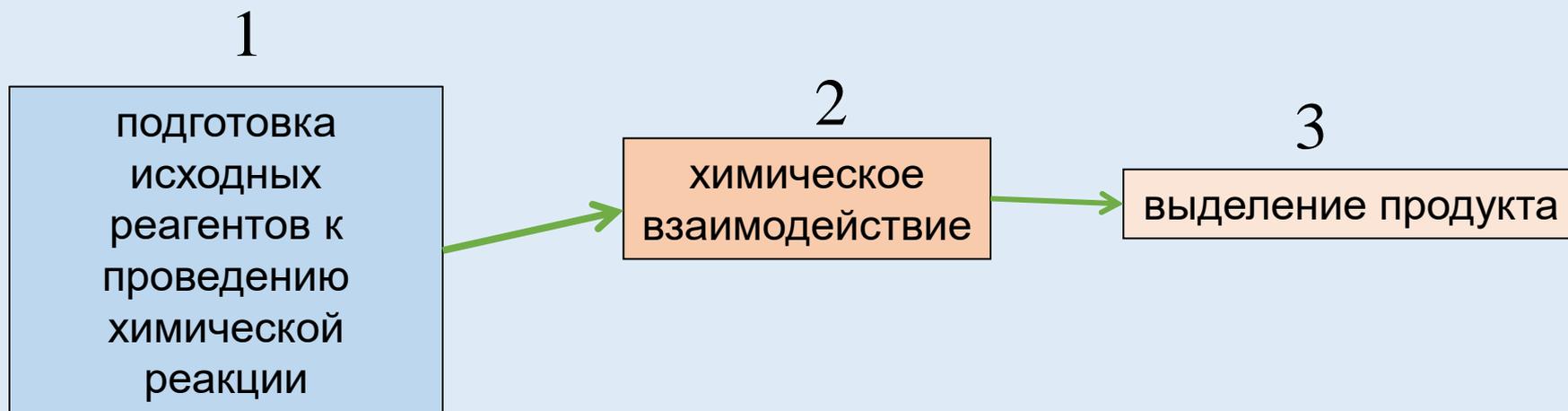
- ✓ сырьё;
- ✓ вспомогательные материалы;
- ✓ продукты (основной и побочные);
- ✓ отходы производства;
- ✓ энергия

## Постоянные

Постоянные компоненты закладываются в производство и участвуют в нём на весь или почти весь срок его существования

- ✓ оборудование;
- ✓ устройства контроля и управления;
- ✓ строительные конструкции;
- ✓ обслуживающий персонал

Химико-технологический процесс (ХТП) представляет собой совокупность операций, позволяющих получить целевой продукт из исходного сырья.



**ХТП** – это сложная система, состоящая из отдельных связанных между собой процессов (элементов или подсистем) и взаимодействующая с окружающей средой.

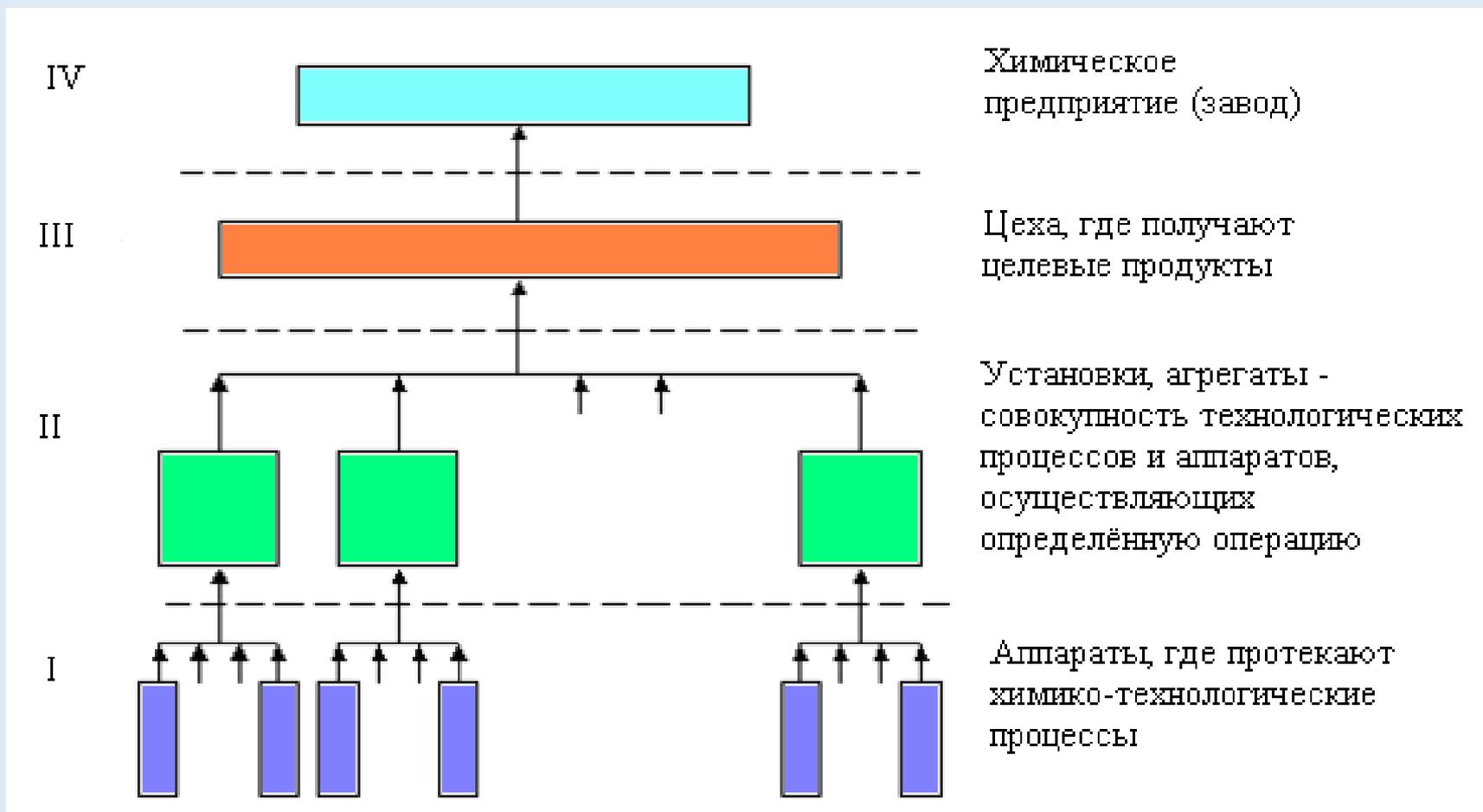
**Элементами ХТС** являются процессы тепло- и массообмена, гидродинамические, механические, химические и т.д.

**ХИМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС** представляет собой одну или несколько химических реакций, сопровождаемых явлениями переноса теплоты, массы и импульса, оказывающих влияние как друг на друга, так и на протекание химической реакции.

**Технологические параметры:** температура, давление, расход, концентрация и др.

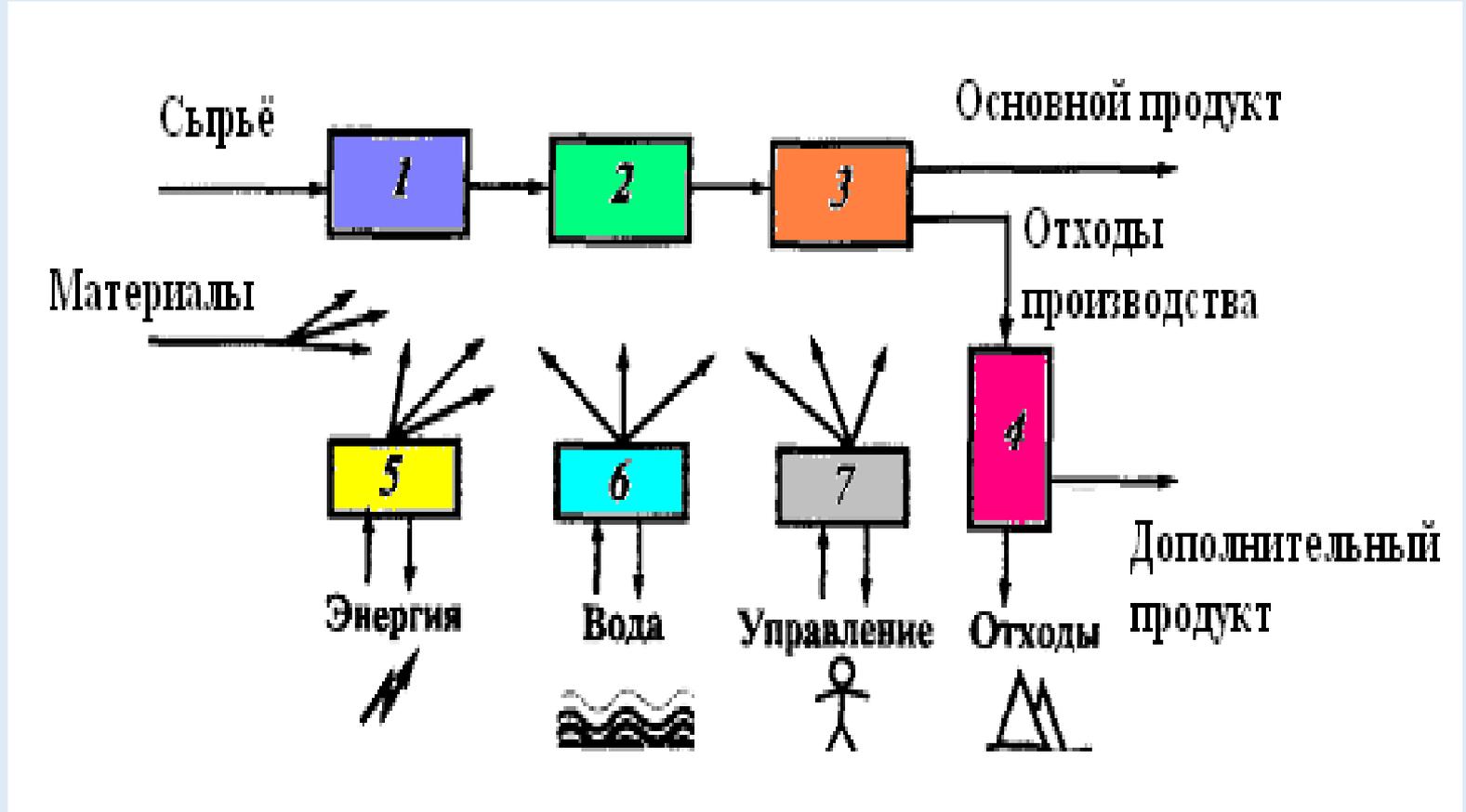
Совокупность технологических параметров, определяющих условия работы аппарата или системы аппаратов, называется **технологическим режимом**.

# Принципы организации технологических процессов



**Структура химического производства**

## Общая структура химического производства



### Функциональные элементы химического производства

1 – подготовка сырья; 2 – химическая переработка сырья; 3 – выделение основного продукта; 4 – санитарная очистка и утилизация отходов; 5 – энергетическая система; 6 – водоподготовка; 7 – система управления.

## Химическое производство должно удовлетворять следующим требованиям:

- ✓ получение целевого продукта с наименьшими затратами;
- ✓ безопасность и надёжность эксплуатации;
- ✓ экологическая безопасность;
- ✓ максимальное использование сырья, материалов, энергии.

Систему аппаратов с различным функциональным назначением, связанных между собой материальными и энергетическими потоками и действующих как единое целое с целью выпуска товарной продукции, называют **ХТС**.

Отдельные аппараты являются элементами ХТС

Связи между аппаратами – трубопроводы, по которым передаются материальные и тепловые потоки (технологические потоки)

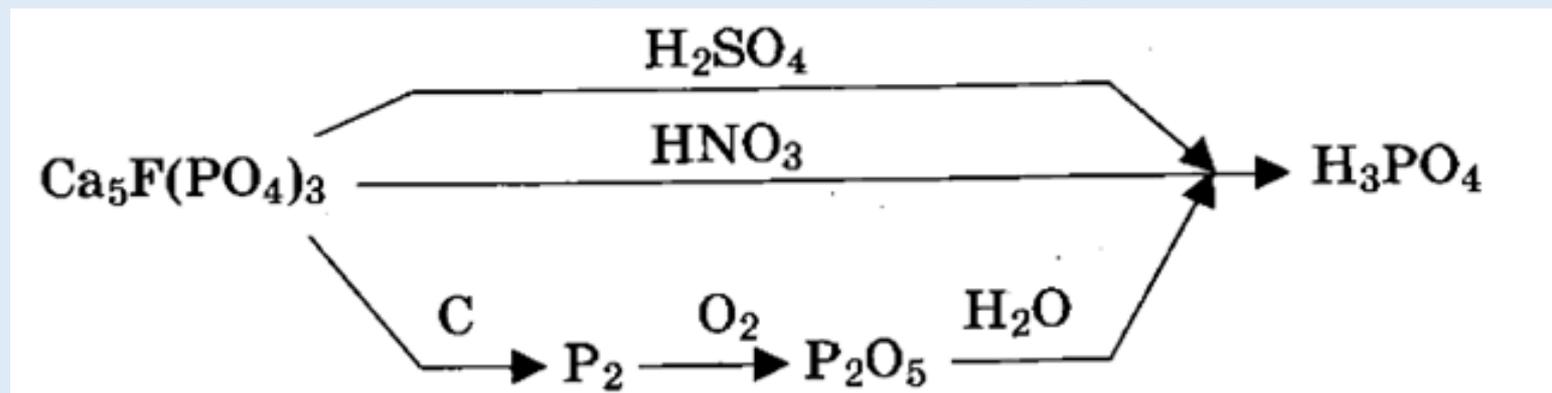
## Организация химико-технологического процесса

- ✓ разработку химической, принципиальной и технологической схем процесса;
- ✓ выбор оптимальных технологических параметров и установление технологического режима процесса;
- ✓ подбор типов и конструкции аппаратов;
- ✓ выбор конструкционных материалов для аппаратуры;
- ✓ установление контролируемых и регулируемых параметров на каждой стадии процесса.

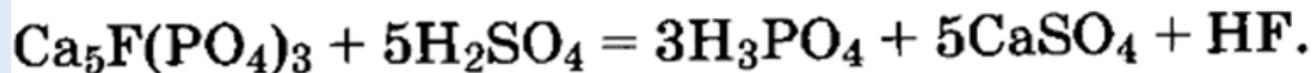
## Химическая схема процесса

**Химическая схема** процесса это схема превращения сырья в целевой продукт, представленной в виде уравнений соответствующих химических реакций.

### Возможная схема производства фосфорной кислоты

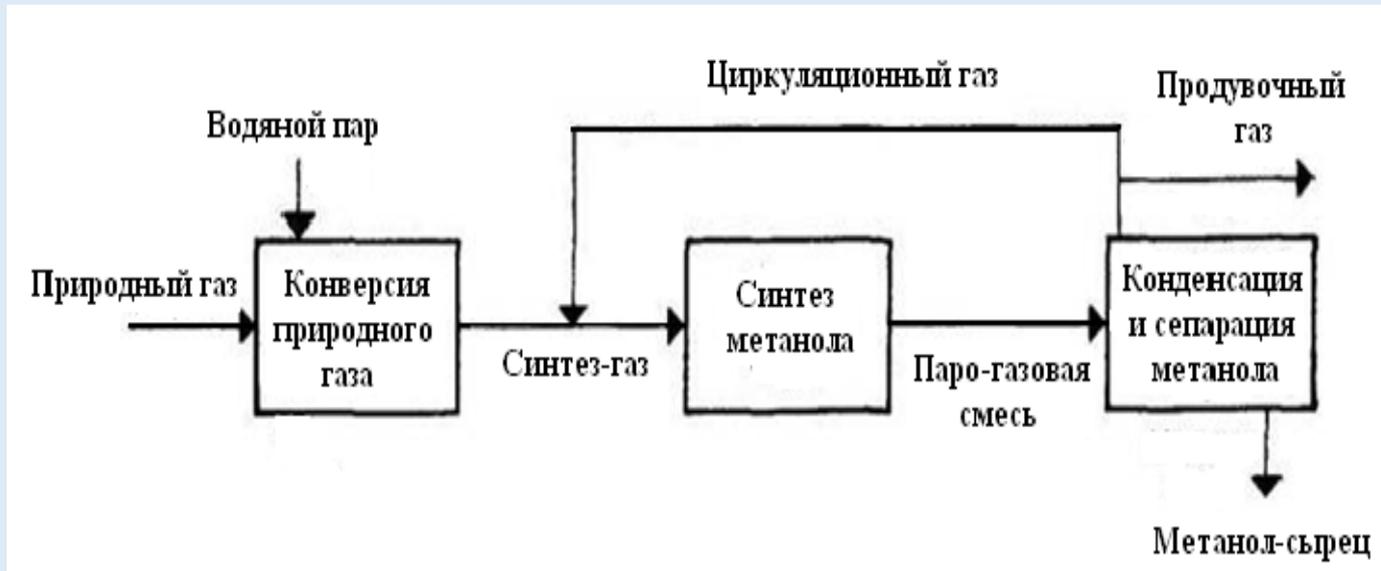


### Экономичный метод



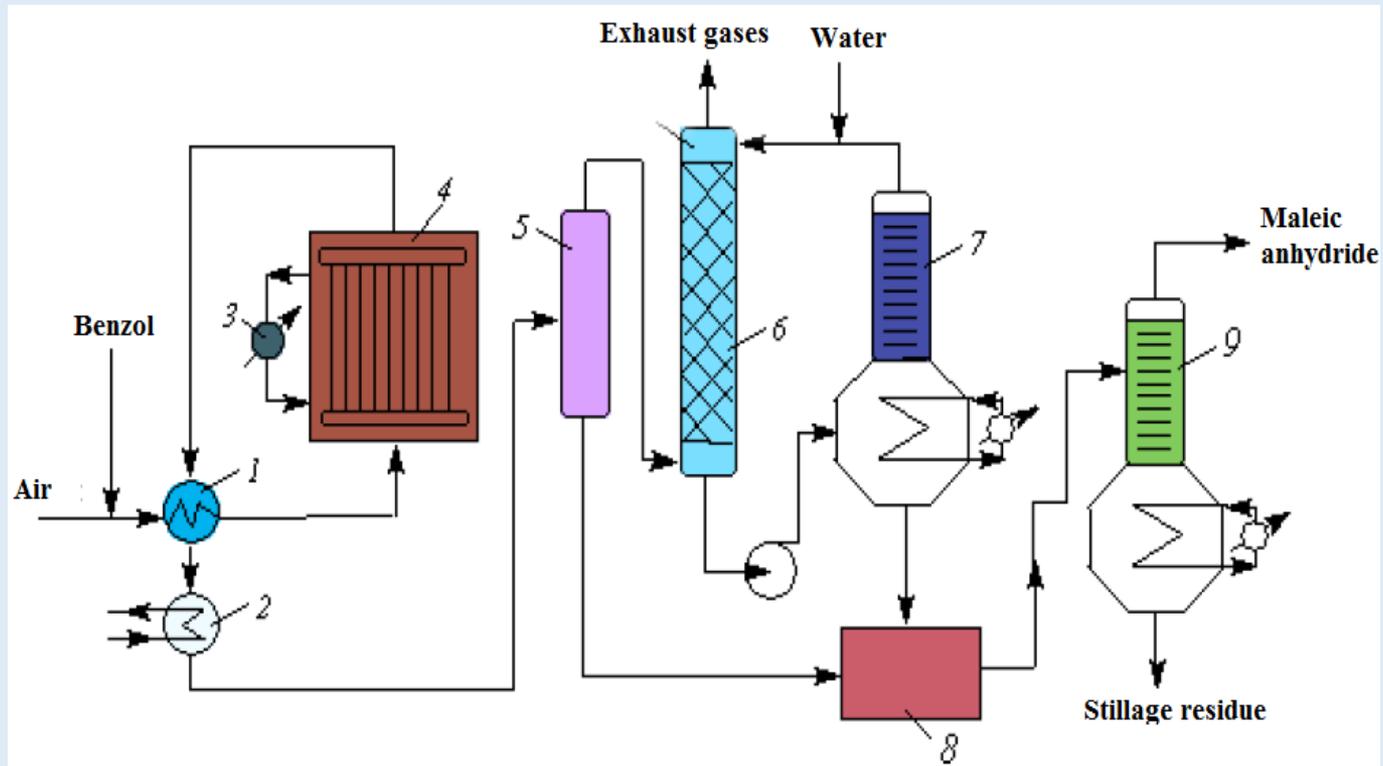
## Принципиальная схема

**Принципиальная или блок-схема** отображает все элементы ХТС в виде блоков, имеющих входы и выходы материальных и тепловых потоков.



## Технологическая схема

Технологической схемой производства называют последовательное описание или изображение процессов и соответствующих им аппаратов.



## Схемы химико-технологических систем

- схемы с открытой цепью;
- циклические (циркуляционные, замкнутые, круговые) схемы;

Схема с открытой цепью состоит из аппаратов, через которые все реагирующие компоненты проходят лишь один раз



Циклическая схема предусматривает многократное возвращение в реакционный аппарат непрореагировавших реагентов вплоть до достижения заданной степени превращения исходных веществ.



## Периодические и непрерывные процессы

По способу организации технологические процессы делят на периодические, непрерывные и полунепрерывные.

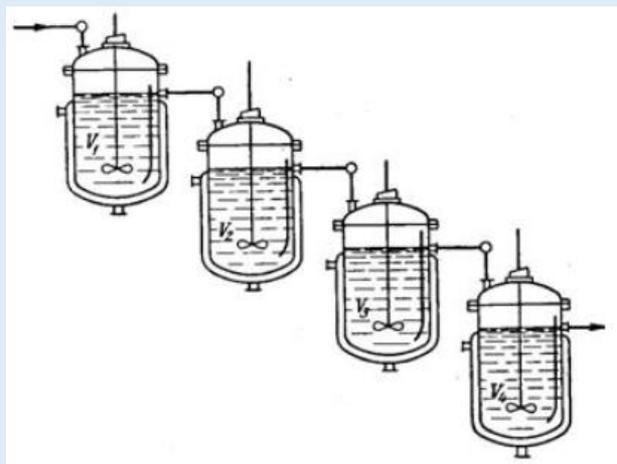
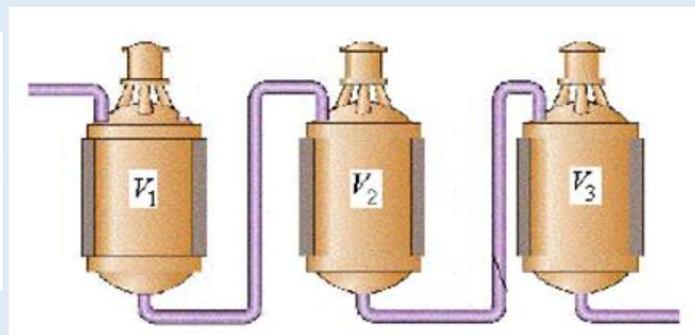
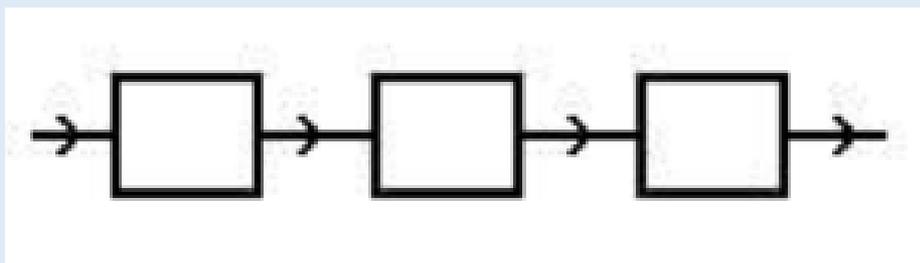
**Периодические процессы:** исходные вещества загружают в аппарат, затем проводится реакция, по окончании которой полученный продукт выгружают из аппарата.

**Непрерывные процессы:** подача сырья и отбор конечных продуктов производятся непрерывно без остановки аппарата и системы в целом.

**В полунепрерывных процессах** сочетаются непрерывные и периодические стадии.

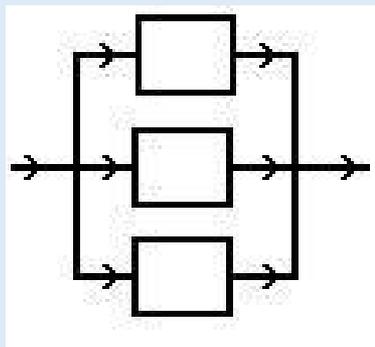
## Типы технологических связей

**Последовательное соединение аппаратов** характеризуется тем, что весь технологический поток, выходящий из предыдущего аппарата, поступает полностью в последующий аппарат, т.е. выходящий из данного аппарата поток является входящим для последующего аппарата

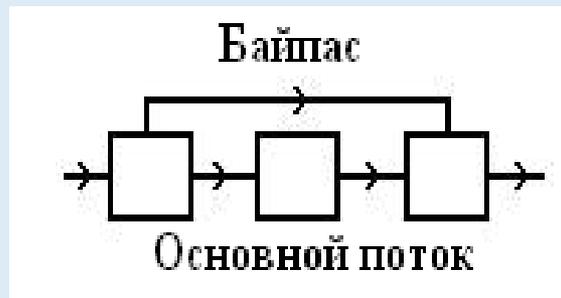


## Типы технологических связей

При параллельном соединении аппаратов технологический поток разделяется на несколько более мелких потоков, поступающих в различные аппараты системы



При обводном или байпасном соединении через ряд последовательно соединённых аппаратов проходит только часть потока, другая часть обходит один или несколько аппаратов, а затем соединяется с основной частью потока



## Материальный баланс

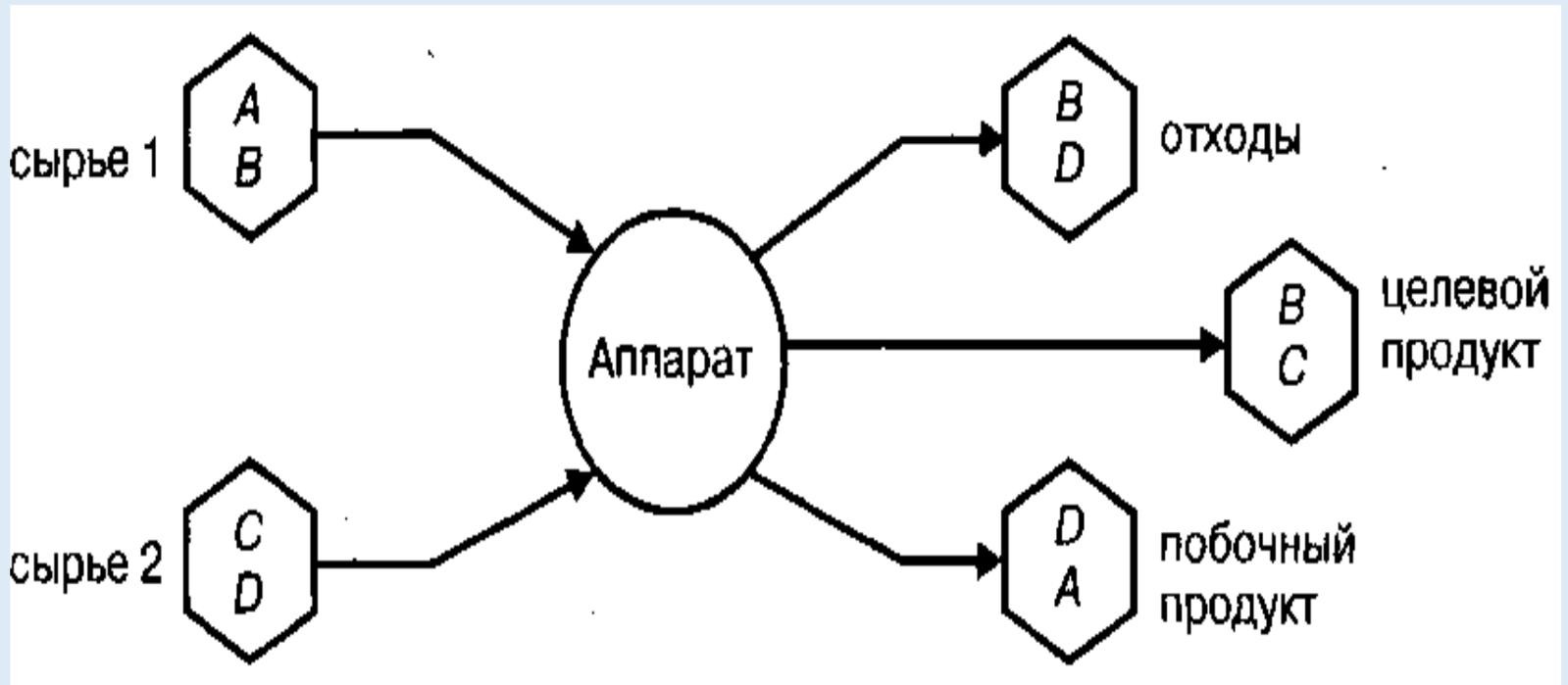
$$\sum m_{in} = \sum m_{out}$$

$\sum m_{in}$  – суммарная масса исходных веществ;

$\sum m_{out}$  – суммарная масса конечных продуктов процесса.

Материальный баланс основан на законе сохранения массы. Применительно к химико-технологическому процессу это означает, что масса веществ, поступивших на технологическую операцию (приход), равна массе веществ, полученных в этой операции (расход):

## Схема материальных потоков технологических процессов



## Материальный баланс

Приход				Расход			
Вещество	Количество			Вещество	Количество		
	кг	м <sup>3</sup>	%		кг	м <sup>3</sup>	%
А				А(остаток)			
В				В(остаток)			
С				Р			
				С			
Итого	∑			Итого	∑		

## Энергетический баланс

$$\sum Q_{in} = \sum Q_{out}$$

$\sum Q_{in}$  – суммарный приход тепла;

$\sum Q_{out}$  – суммарный расход тепла.

**Тепловой баланс основан на законе сохранения энергии.** Применительно к химико-технологическим системам этот закон формулируется следующим образом: *количество тепла, поступившего на технологическую операцию (приход) равно расходу тепла в той же операции:*

## Схема теплового баланса



Тепло, вносимое сырьём и уносимое продуктами (теплосодержание веществ), рассчитывают по формуле:

$$Q = m \cdot c \cdot t$$

где  $m$  – масса вещества,  $c$  – его теплоёмкость,  $t$  – температура.

Тепловой эффект химических реакций  $Q_p$  или изменение энтальпии реакции  $\Delta H_p$  рассчитывают по закону Гесса, причём  $Q_p = - \Delta H_p$ :

$$\Delta H_{reaction} = \sum \Delta H_{reaction\ products} - \sum \Delta H_{initial\ substance}$$

Значения энтальпии продуктов реакции и исходных веществ берут из таблиц.

Теплоту фазовых переходов  $Q_{ф.п.}$  рассчитывают по формуле:

$$Q_{f.t.} = m \cdot q$$

где  $m$  – масса вещества,  $q$  – удельная теплота соответствующего фазового перехода (испарения, конденсации, растворения, кристаллизации и др.).

Подвод и отвод теплоты в системе рассчитывают по формуле:

$$Q = m \cdot c \cdot (t_{in} - t_f)$$

где  $m$  – масса теплоносителя,  $c$  – теплоёмкость теплоносителя,  $t_{in}$  и  $t_f$  – начальная и конечная температура теплоносителя.

Потери тепла в окружающую среду через стенки аппарата рассчитывают по формуле теплопередачи через стенку:

$$Q_{loss} = K \cdot F \cdot (t_{wall} - t_{atm}) \cdot \tau$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи,  $F$  – поверхность теплообмена,  $t_{wall}$  и  $t_{atm}$  – температура стенки аппарата и температура окружающей среды,  $\tau$  – время.

**СПАСИБО  
ЗА ВНИМАНИЕ!!!**