

Лекция № 1

ТЕОРИЯ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА




«Химические реакторы»

**лектор — проф. кафедры общей химической технологии
Зарифянова Муслима Зиннатовна**

Литература:

- 1. Кузнецова И.М., Харлампыди Х.Э., Иванов В.Г., Чиркунов Э.В. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологического процесса. Учебник, под общей ред. Х.Э. Харлампыди. – СПб.: Лань, 2013. 448 с.**
- 2. Кузнецова И.М., Харлампыди Х.Э., Иванов В.Г., Чиркунов Э.В. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем. Учебник, под общей ред. Х.Э. Харлампыди. – СПб.: Лань, 2014. 384 с.**
- 3. Аболонин Б.Е., Кузнецова И.М., Харлампыди Х.Э. Основы химических производств. Учебник, под ред. Х.Э. Харлампыди. – СПб.: Лань, 2015. 396 с.**




Химический реактор - это основной (центральный) аппарат химико-технологического процесса в котором осуществляется химическая реакция и сопутствующие ей физические процессы. Физические процессы создают условия протекания химической реакции.

Реактор является самым сложным по конструкции и самым дорогим по стоимости аппаратом технологической установки. От эффективности работы реактора зависит экономическая рентабельность всего технологического процесса.

Химический реактор должен иметь специальные устройства:

- **загрузочно-разгрузочное устройство;**
- **теплообменное устройство для поддержания теплового режима;**
- **перемешивающее устройство для ускорения массообмена.**

Реактор оборудован сложной системой контрольно-измерительных приборов, которые осуществляют контроль и регулирование температуры, давления, состава, расхода компонентов и других параметров.

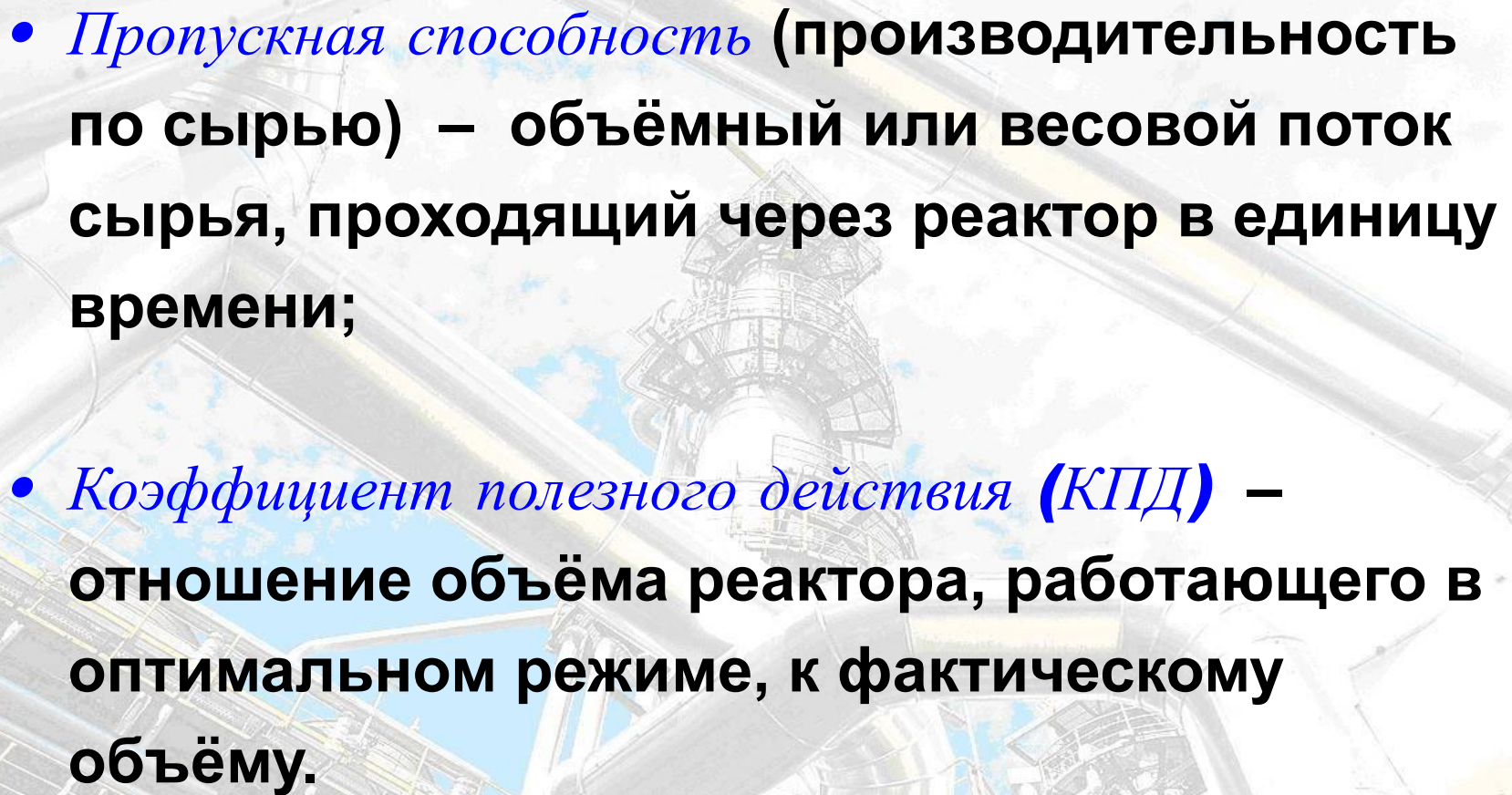


Для изучения, расчёта и проектирования реакторов используется метод математического моделирования.

***Математическая модель* – это упрощённое изображение процессов, протекающих в реакторе, которое сохраняет наиболее существенные свойства реального объекта и передаёт их в математической форме.**

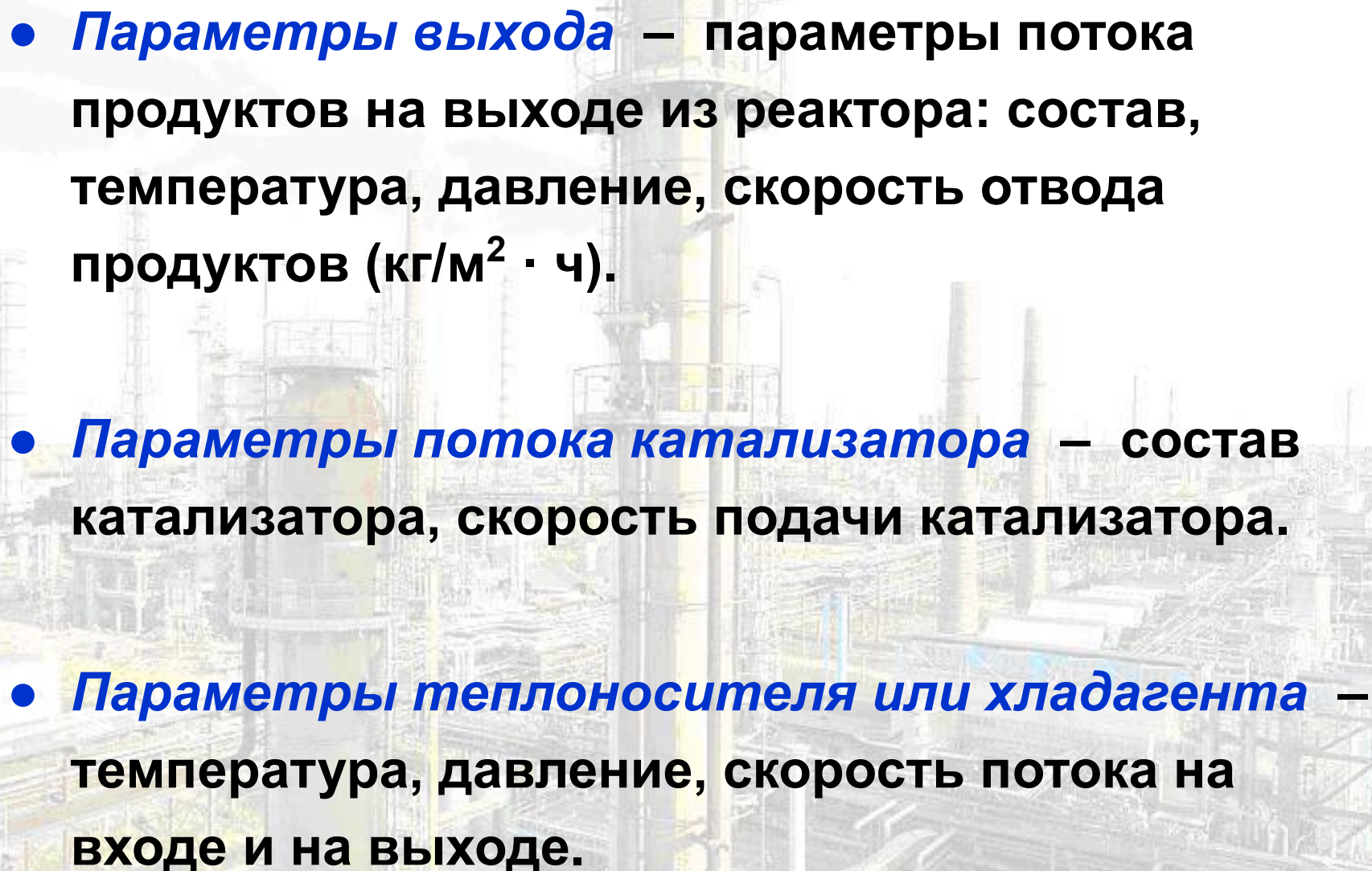
Работу реактора характеризуют следующие показатели:

- ***Производительность*** – это количество готового продукта фактически вырабатываемого реактором в единицу времени;
- ***Мощность*** – максимальная производительность реактора;
- ***Интенсивность*** (*удельная производительность, средняя скорость технологического процесса*) – количество продукта, получаемого в единицу времени с единицы объёма или единицы поверхности реактора;

- 
- A detailed illustration of an industrial chemical plant, featuring a complex network of large, silver-colored pipes, cylindrical storage tanks, and multi-level metal walkways with railings. The scene is set against a bright, slightly hazy sky, suggesting an outdoor industrial environment. The overall aesthetic is clean and technical.
- *Пропускная способность* (производительность по сырью) – объёмный или весовой поток сырья, проходящий через реактор в единицу времени;
 - *Коэффициент полезного действия (КПД)* – отношение объёма реактора, работающего в оптимальном режиме, к фактическому объёму.

Параметры реактора

- 1. Конструктивные параметры** – габаритные размеры реактора (объём, высота, диаметр, объём катализатора, высота слоя катализатора, количество труб и их размеры и т.д.).
- 2. Технологические параметры** – параметры входа и параметры выхода.
 - **Параметры входа** – параметры потока сырья на входе в реактор: состав, температура, давление, скорость подачи сырья (кг/ч, м³/ч).

- 
- ***Параметры выхода*** – параметры потока продуктов на выходе из реактора: состав, температура, давление, скорость отвода продуктов ($\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}$).
 - ***Параметры потока катализатора*** – состав катализатора, скорость подачи катализатора.
 - ***Параметры теплоносителя или хладагента*** – температура, давление, скорость потока на входе и на выходе.

Основные требования, предъявляемые к реакторам:

- 1. Высокая производительность с единицы реакционного объёма;**
- 2. Высокая селективность для сложных реакций;**
- 3. Низкие энергетические затраты;**
- 4. Простота в обслуживании, дешевизна в изготовлении, высокие требования к технике безопасности;**
- 5. Надёжность регулирования и устойчивость технологического режима;**
- 6. Экономическая целесообразность.**

Режим работы реактора

Режим работы химического реактора подразделяют на *стационарный* или установившийся режим, и *нестационарный* – неуставившийся режим.

Для *стационарного режима* характерно отсутствие зависимости параметров процесса от времени, т.е. характерно постоянство параметров реактора во времени. Производная концентрации, температуры, давления по времени равна нулю:

$$\frac{dC}{d\tau} = 0; \quad \frac{dT}{d\tau} = 0; \quad \frac{dP}{d\tau} = 0$$

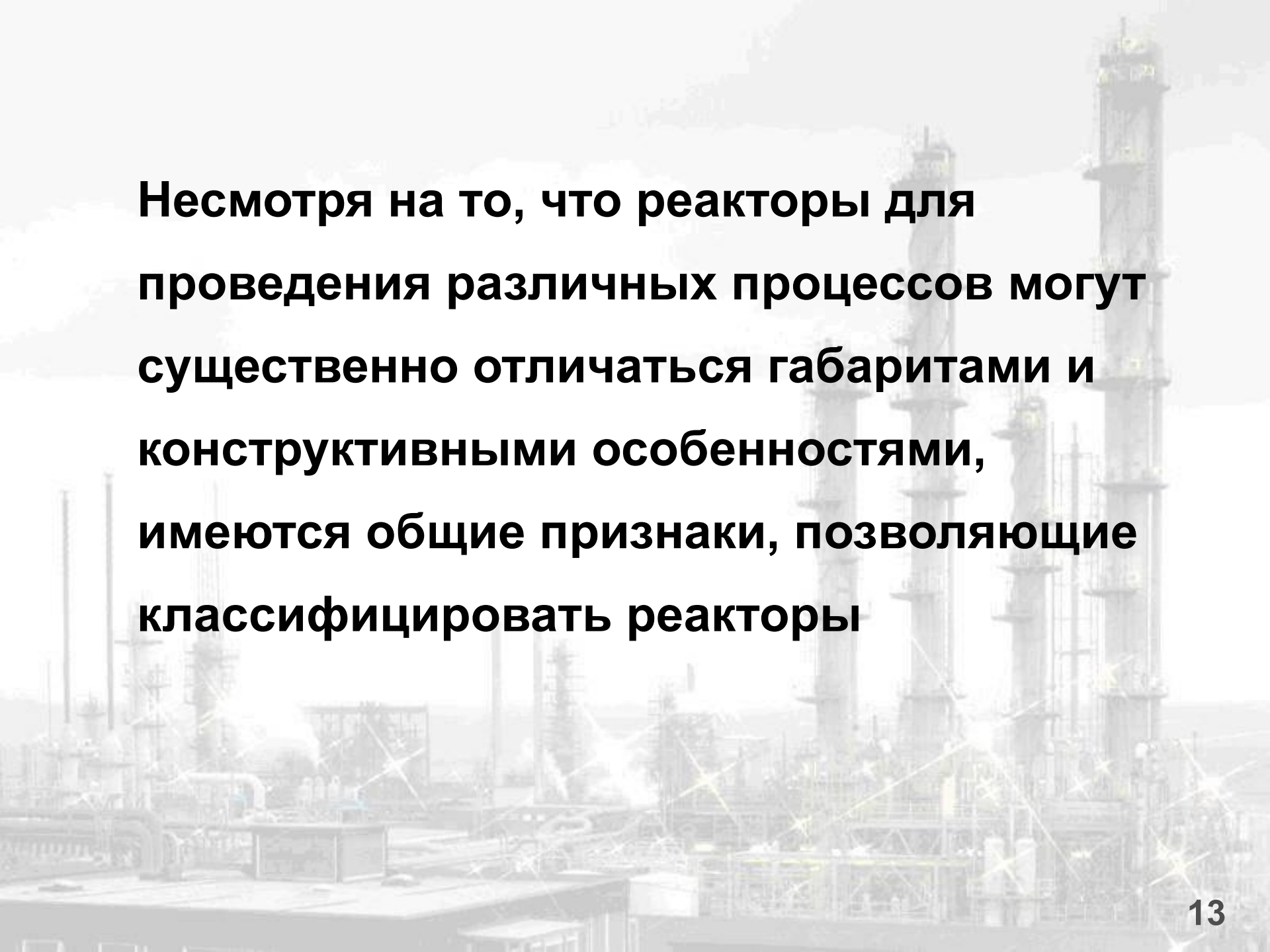
Стационарный режим характерен для непрерывно работающих реакторов.

При ***нестационарном режиме*** характерно непостоянство параметров во времени, происходит накопление тепла, веществ, давления.

Нестационарный режим характерен для периодических реакторов и непрерывных реакторов в период пуска и остановки реактора.

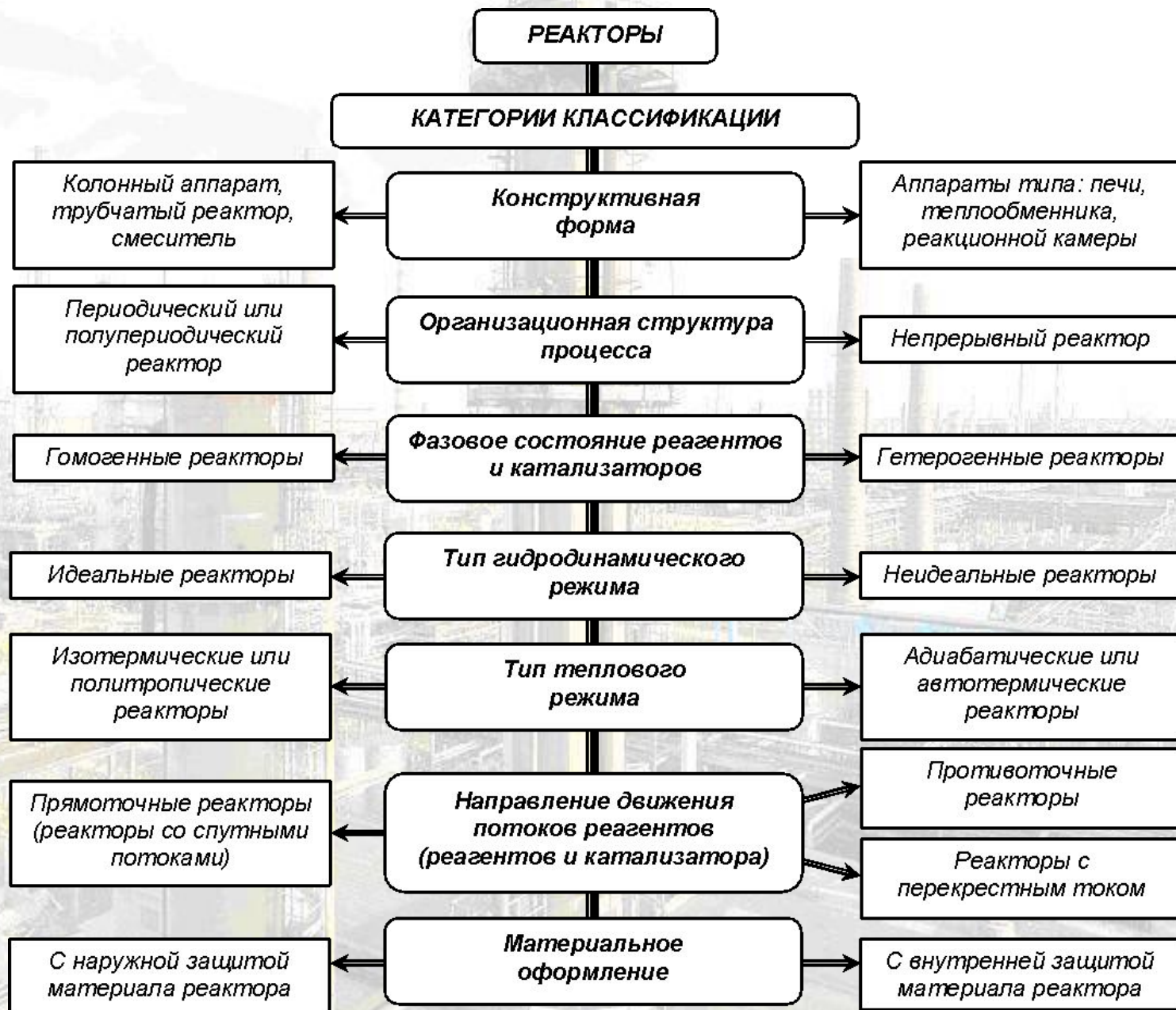
Нестационарный режим трудно автоматизировать и механизировать, качество получаемых продуктов невысокое.

$$\frac{dC}{d\tau} \neq 0; \quad \frac{dT}{d\tau} \neq 0; \quad \frac{dP}{d\tau} \neq 0$$

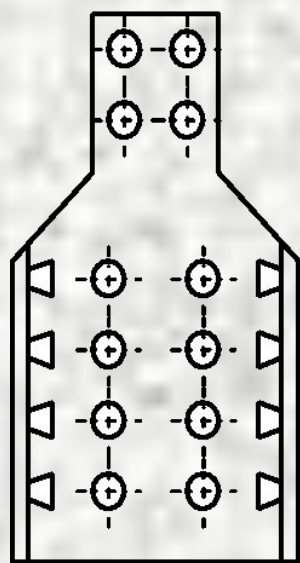


Несмотря на то, что реакторы для проведения различных процессов могут существенно отличаться габаритами и конструктивными особенностями, имеются общие признаки, позволяющие классифицировать реакторы

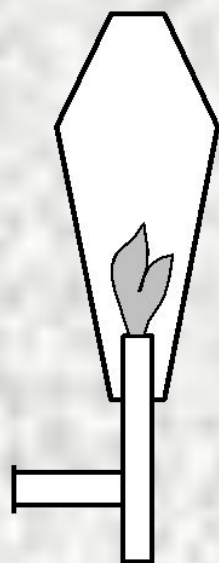
Классификация химических реакторов



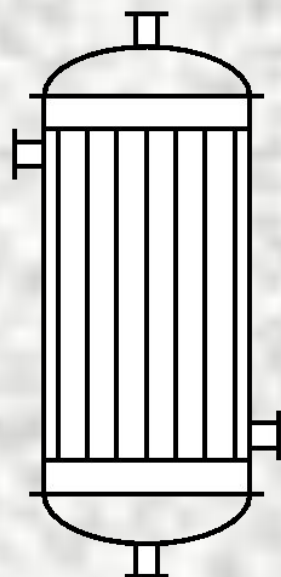
Классификация реакторов по конструктивной форме



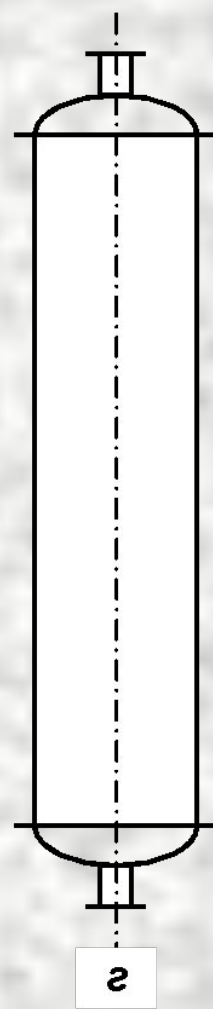
а



б

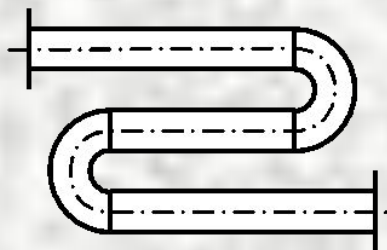


в

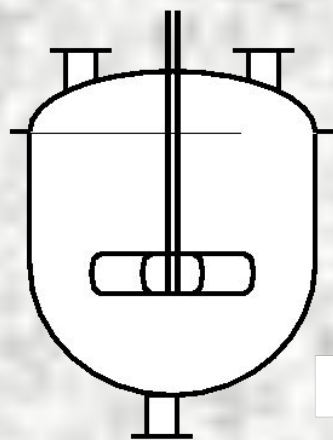


г

- а** – типа печи;
- б** – типа реакционной камеры;
- в** – типа теплообменника;
- г** – колонный аппарат;
- д** – трубчатый реактор;
- е** – смеситель (котломешалка)



д




е

Факторы, влияющие на конструкцию реактора

Габариты реактора определяются объёмом сырья, которое он может переработать.

Конструкцию реактора определяют:

- **О**рганизационная структура процесса (периодический или непрерывный);
- **Ф**азовое состояние реагентов (гомофазное или гетерофазное);
- **К**аталитическая или некаталитическая реакция;
- **Т**епловой и температурный режим;
- **Г**идродинамический режим, который обеспечивает необходимость перемешивания реагентов и обновления поверхности реагентов;

- 
- **Время пребывания сырья в зоне реакции для достижения требуемой степени превращения;**
 - **Удобство в обслуживании, монтажа и ремонта реакторов;**
 - **Коррозионная активность среды;**
 - **Температурный режим, рабочее давление определяют материал реактора;**
 - **Доступность конструкционных материалов.**

Агрегатное состояние вещества оказывает самое большое влияние на определение конструктивного типа реактора.

Классификация реакторов по фазовому состоянию реагентов

По фазовому состоянию реагентов реакторы подразделяются на гомогенные и гетерогенные.

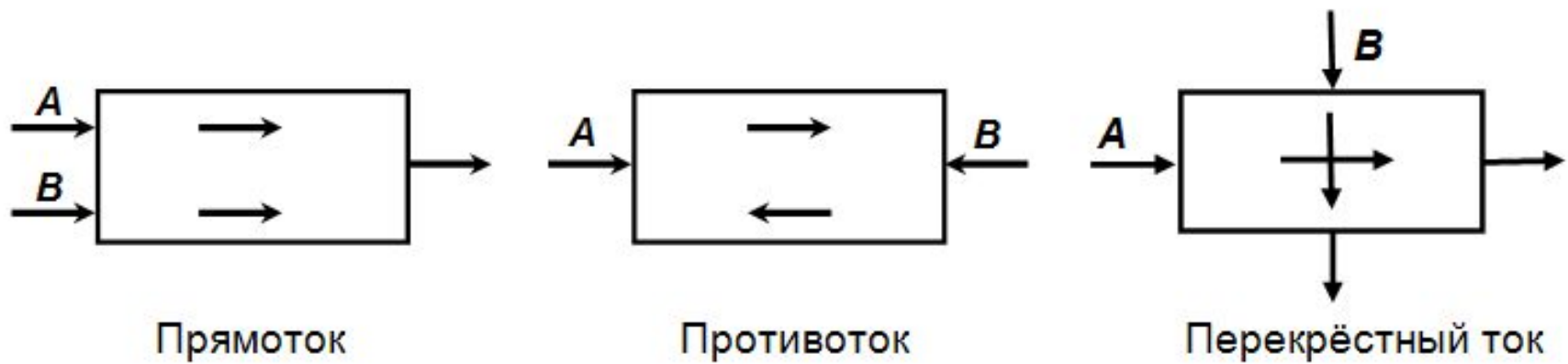
- ◆ Если при проведении химической реакции в реакторе находится одна фаза (только в газообразном, либо только в жидком состоянии), то такой реактор называют **гомогенным**.
- ◆ Если вещества в реакторе находятся в различных агрегатных состояниях, то такой реактор называют **гетерогенным**. Комбинации реакторов: Г-Ж; Г-Т; Ж-Т.

Классификация реакторов по тепловому режиму

По тепловому режиму реакторы
подразделяются:

- **адиабатические,**
- **автотермические,**
- **изотермические,**
- **политропические**

Классификация реакторов по направлению движения потоков




Классификация реакторов по гидродинамическому режиму

По гидродинамическому режиму реакторы подразделяются:

- реактор смешения;
- реактор вытеснения.

Три механизма переноса вещества, тепла и импульса – молекулярный (диффузией), квантовый (излучением) и конвективный (перенос движущейся массой вещества).



В ***ректорах смешения*** конвективный перенос вещества происходит путём интенсивного перемешивания (механической мешалкой, циркуляционным насосом, барботаж газа через жидкость).

Интенсивность конвективного переноса определяется скоростью вращения мешалки.

A detailed background image of an industrial facility, likely a chemical plant or refinery. It features a complex network of large, silver-colored metal pipes and ducts, some with yellow safety railings. In the center, there is a tall, cylindrical reactor vessel with a complex top structure. The sky is visible in the background, showing a blue sky with light clouds. The overall scene is brightly lit, suggesting a clear day.

В **реакторах вытеснения** конвективный перенос вещества осуществляется путём направленного движения потока реакционной смеси вдоль оси реактора.

Интенсивность конвективного переноса определяется линейной скоростью движения потока.

Классификация реакторов по организационной структуре

По способу организации процесса (или способу подвода сырья и отвода продуктов):

- **реактор периодического действия;**
- **реактор полупериодического (или полунепрерывного) действия;**
- **реактор непрерывного действия.**

Периодический реактор характеризуется единством места завершения всех стадий процесса.

Сырьё загружают в реактор, «устанавливают» рабочие параметры, проводят реакцию, охлаждают реакционную смесь, выгружают реакционную смесь, очищают реактор. Далее следующий цикл работы.

В *реакторе периодического действия* все отдельные стадии процесса протекают последовательно, в разное время.

Реактор работает в нестационарном режиме. Основные параметры химического процесса (состав, температура, давление) изменяются во времени.

$$\frac{dC}{d\tau} \neq 0; \quad \frac{dT}{d\tau} \neq 0; \quad \frac{dP}{d\tau} \neq 0$$

Продолжительность реакции можно измерить непосредственно.

- низкая производительность (минус);
- цикличность работы (минус);
- большие затраты ручного труда (минус);

- «гибкость» - широкий диапазон рабочих температур и давлений, легко перенастроить с одного режима на другой, нет жесткой привязки к конкретной химической реакции (плюс).



Реакторы *периодического действия* используются:

- при малотоннажном производстве продуктов широкого ассортимента (например, в фармакологии);
- при исследовании кинетических закономерностей химических реакций.

В *реакторе полупериодического действия* один из реагентов вводится непрерывно, а другой периодически.

В реакторе входящие и выходящие потоки не равны, вследствие чего изменяется общая масса реагирующих веществ.

**Параметры процесса изменяются во времени.
Реактор работает в нестационарном режиме.**

Реактор непрерывного действия (проточный)

имеет непрерывное питание и непрерывный отвод продуктов.

Все отдельные стадии технологического процесса (подача сырья, химическая реакция, вывод готового продукта) осуществляются параллельно и одновременно.

Реактор работает в стационарном режиме, его можно легко автоматизировать и механизировать, качество получаемого продукта высокое.

В **реакторах непрерывного действия** нельзя измерить непосредственно производительность. Вводится термин **«время пребывания реагентов в зоне реакции τ »**, которое определяется как отношение объёма реактора к объёмному расходу реагентов (объёмная скорость):

$$\tau = \frac{V_p}{V_0} \frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} \frac{\rho_1}{\rho_2}$$



Eva Valencia | evaiblogjournal.com | 50.188 of Photo Agency

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!