



SATBAYEV  
UNIVERSITY

# **Введение в химическую и биохимическую инженерию**

## **Химические реакторы**

лектор: доктор PhD Наурызова С.З.

**Алматы 2020**

# Химический реактор

- устройство, аппарат для проведения химических превращений.

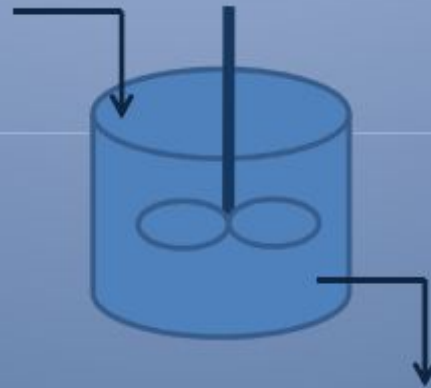
$$F_{j0} - F_j + \int_0^V r_j dV = \frac{dN_j}{dt}$$

$F_{j0}$  – входящий поток вещества  
 $F_j$  – исходящий поток вещества  
 $r$  – скорость реакции  
 $V$  – объем реакционной смеси  
 $N_j$  – концентрация

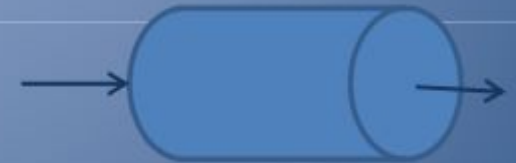


Реактор  
идеального смешения (batch)

$$\frac{dN_j}{dt} = \int_0^V r_j dV$$



Проточный реактор  
смешения



Реактор  
идеального вытеснения  
(constant flow)

$$\frac{dF_j}{dV} = r_j$$

Тип	Плюсы	Недостатки
Идеального смешения	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Простота (нет необходимости контролировать поток)</li> <li>•Экономичность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Неравномерность перемешивания и нагрева по объему</li> <li>•Периодичность действия</li> <li>•Объемность</li> <li>•Затраты энергии на перемешивание</li> <li>•Опасность (большие объемы ЛВЖ или нестабильных веществ)</li> </ul>
Проточный реактор смешения	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Простота (нет необходимости контролировать поток)</li> <li>•Экономичность</li> <li>•Легкость масштабирования</li> <li>•Легко организовать несколько последовательных стадий в потоке</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Неравномерность перемешивания и нагрева по объему</li> <li>•Объемность</li> <li>•Затраты энергии на перемешивание</li> <li>•Опасность (большие объемы ЛВЖ или нестабильных веществ)</li> </ul>
Идеального вытеснения	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Равномерность нагрева</li> <li>•Постоянный поток</li> <li>•Легкость масштабирования</li> <li>•Безопасность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Малоприменим при выпадении осадков</li> <li>•Необходимость обеспечить постоянство потока (аппаратное усложнение)</li> </ul>

# Схемы реакторов

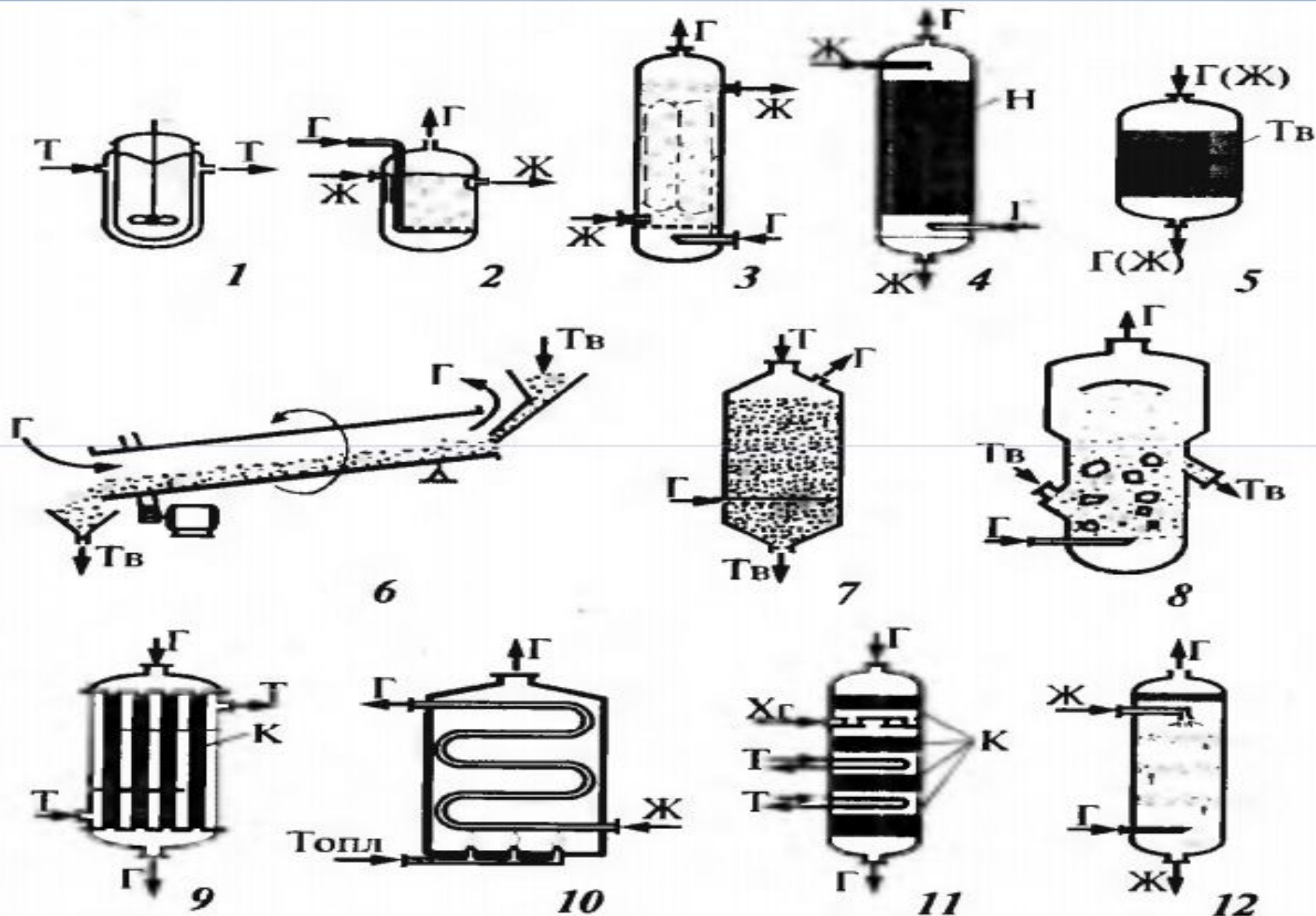


Рис. 2.1. Схемы химических реакторов:

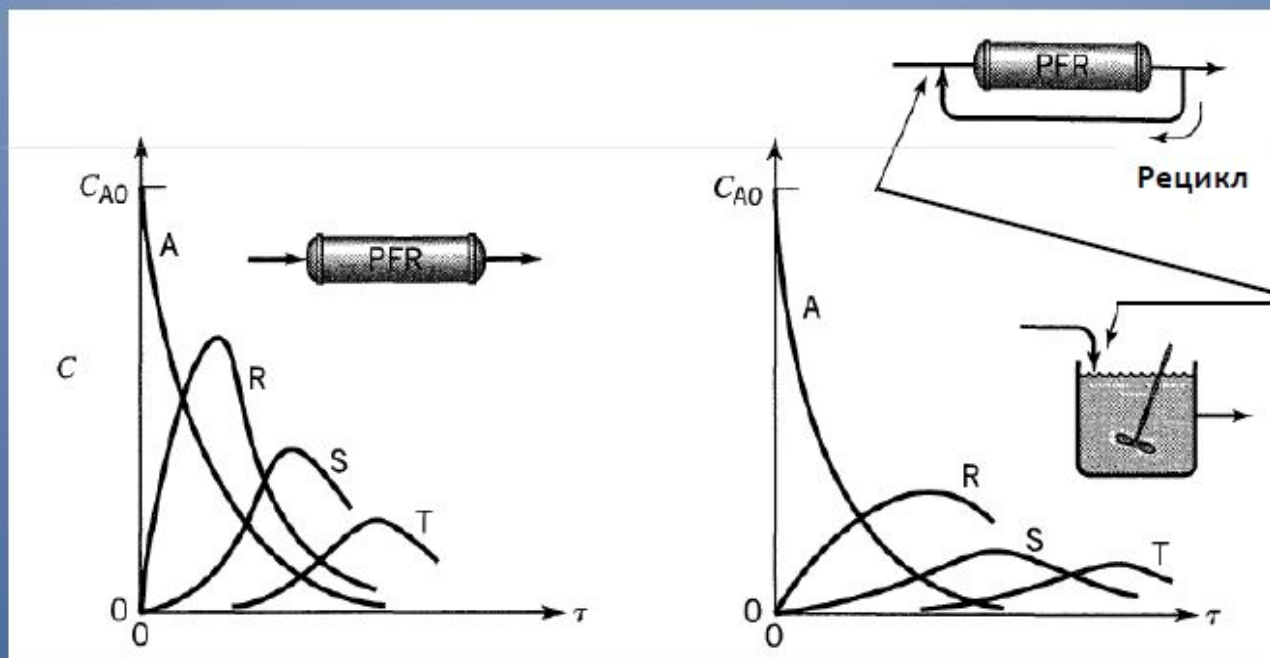
Г – газ; Ж – жидкость; Т – теплоноситель; Н – насадка; Тв – твердый реагент; К – катализатор; Хг – холодный газ

Для одной реакции.

Чтобы минимизировать объем реактора, нужна как можно более высокая концентрация реагентов, порядок по которым  $n > 1$ . Для тех компонентов, по которым порядок  $n < 1$ , концентрация должна быть низкой.

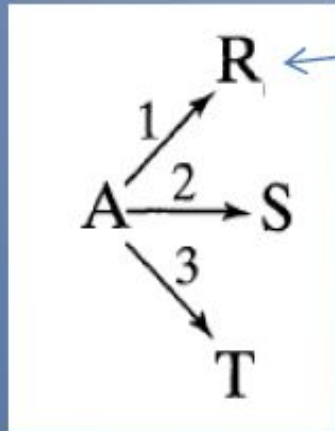
Для последовательных реакций.  $A \rightarrow R \rightarrow S \rightarrow T \dots$

Чтобы максимизировать выход любого из интермедиатов, не смешивайте жидкости с разными концентрациями активных ингредиентов (реагента или интермедиатов).



Здесь смешивается жидкость с исходной и выходящей концентрациями

Для параллельных реакций.



*Нужный продукт*

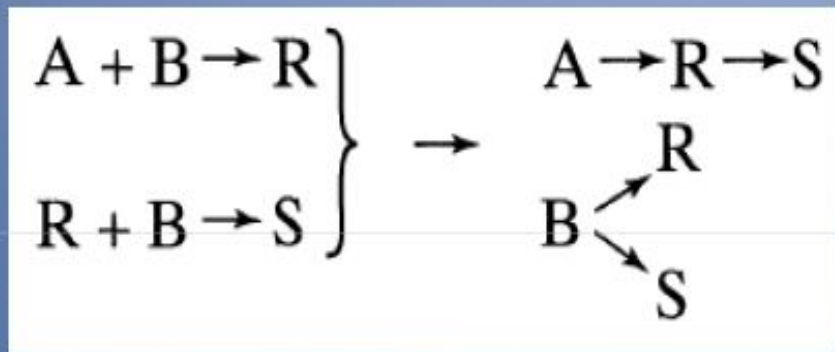
n1 – низкий порядок  
n2 – средний порядок  
n3 – высокий порядок

Для оптимального распределения продуктов:

- Низкая концентрация благоприятна для реакций низшего порядка
- Высокая – для высшего
- Средняя – для среднего
- Для реакций одного порядка концентрация не влияет на распределение продуктов.

## Сложные реакции.

Сложные процессы могут быть сведены к простым (параллельным или последовательным).



Здесь: если R – нужный продукт, то A и R вводятся в реактор идеального вытеснения, без всяких рециклизаций. А вот B можно вводить как угодно – его концентрация не повлияет на распределение продуктов.