



**SATBAYEV  
UNIVERSITY**

**Введение в химическую и биохимическую инженерию**

# **Проточные реакторы непрерывного действия**

лектор: доктор PhD Наурызова С.З.

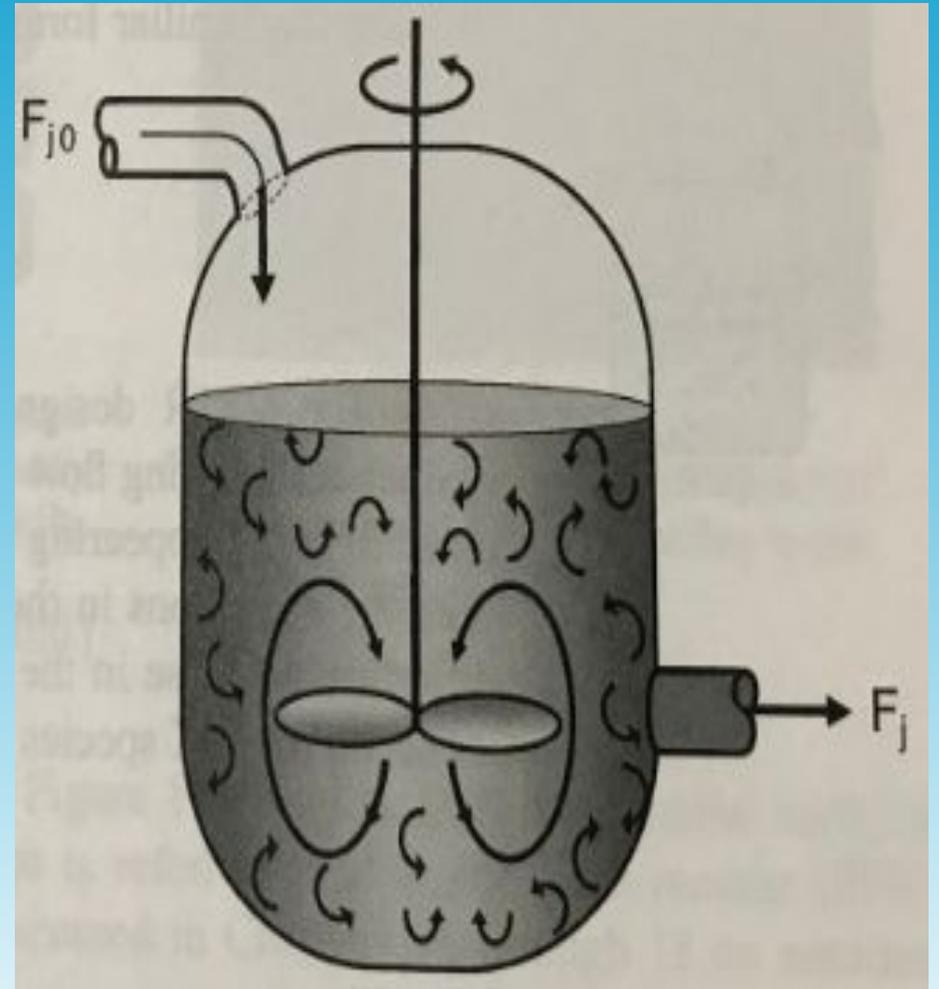
**Алматы 2020**

# Непрерывно-проточные реакторы

почти всегда работают в стационарном режиме.

Рассмотрим три типа таких реакторов:

- реактор с идеальным перемешиванием,
- реактор идеального вытеснения с поршневым потоком,
- реактор с уплотненным слоем.



# Проточный реактор идеального смешения

- используется для жидкофазных реакций,
- обычно работает в стационарном режиме,
- принимается как реактор с идеальным перемешиванием.

Следовательно, температура, концентрация или скорость реакции внутри аппарата не зависят от времени или местоположения.

Это означает, что в любой точке внутри реактора параметры будут одинаковы.

В системе, где перемешивание неидеально, чтобы получить значимые результаты, надо использовать другие моделирующие техники, такие как распределение времени пребывания.

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

$$\frac{dN_j}{dt} = 0$$

$$\int^V r_j dV = Vr_j$$

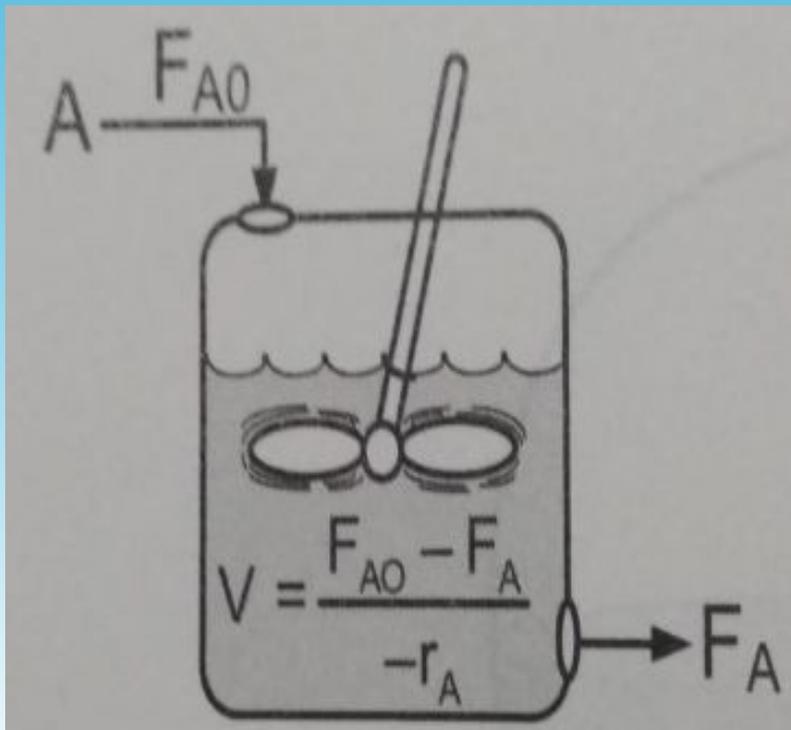
$$V = \frac{F_{j0} - F_j}{-r_j}$$

$F_j$  - это выходящий поток вещества  $j$ , равный произведению концентрации  $j$  на объемную скорость потока  $v$ :

$$F_j = C_j \cdot v$$

Точно также можно показать для  $F_{j0}$ :

$$F_{j0} = C_{j0} \cdot v_0$$



После подстановки выражений для  $F_j$  и  $F_{j0}$  в уравнение (1) получим:

$$V = \frac{v_0 C_{A0} - v C_A}{-r_A} \quad (2)$$

(2)- уравнение мольного баланса для реактора с непрерывным перемешиванием в стационарном режиме

# Реактор идеального вытеснения

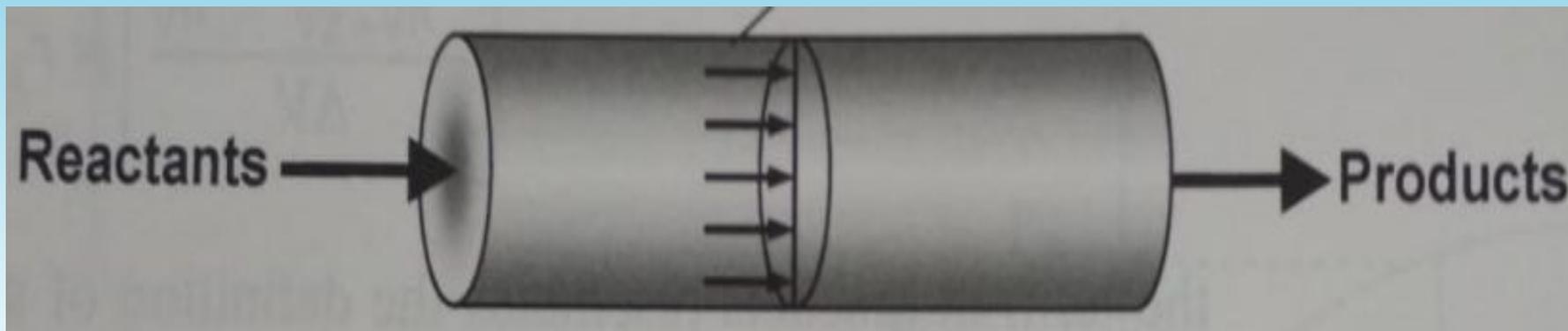
Реактор идеального вытеснения представляет собой длинный канал, через который реакционная смесь движется в поршневом режиме.

Каждый элемент потока движется через него как твердый поршень, вытесняя предыдущие элементы потока и не перемешиваясь ни с предыдущими, ни со следующими за ним элементами.

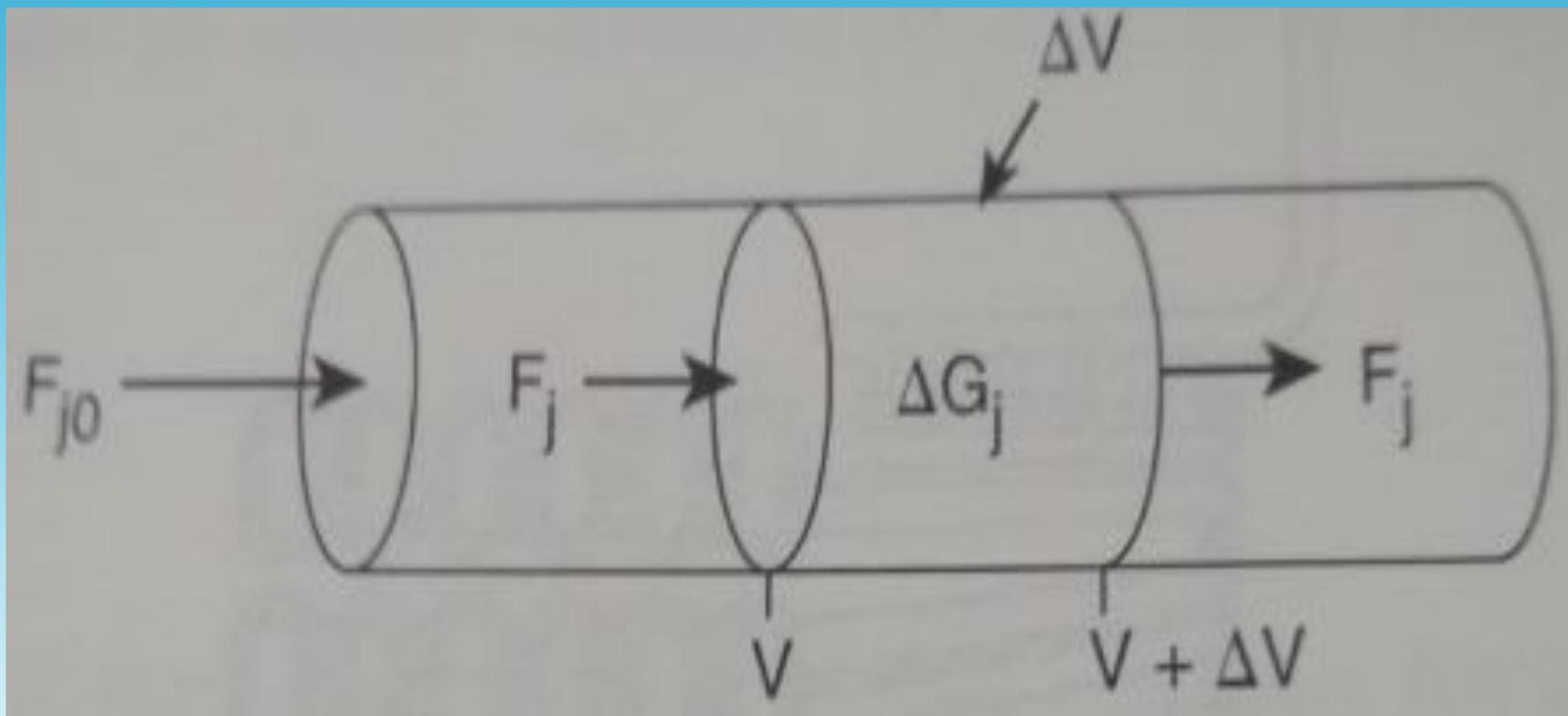
В таком реакторе скорость реакции изменяется аксиально.

Идеальное вытеснение возможно при выполнении следующих допущений:

- 1) отсутствует перемешивание в направлении оси потока;
- 2) в каждом отдельно взятом сечении, перпендикулярном оси потока, параметры процесса (концентрации, температуры и т. д.) полностью выравнены.



Возьмем элементарный объем  $\Delta V$ , достаточно малый, чтобы исключить изменение скорости реакции внутри этого объема:



Тогда

$$\Delta G_j = \int^{\Delta V} r_j dV = r_j \Delta V$$

Основное уравнение мольного баланса будет иметь вид:

$$F_{j,v} - F_{j,v+\Delta v} + r_j \Delta V = 0$$

Разделим каждый член на  $\Delta V$  и перегруппируем:

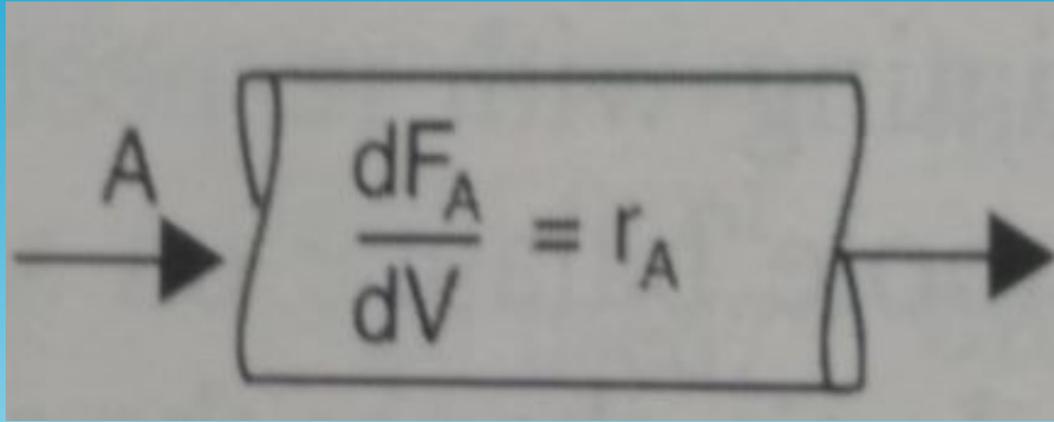
$$\frac{F_{j,v+\Delta v} - F_{j,v}}{\Delta V} = r_j$$

Для бесконечно малого изменения количества вещества  $j$  имеем:

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

дифференциальная форма уравнения  
материального баланса для реактора  
идеального вытеснения в стационарном режиме.

Для реакции вида  $\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{B}$ ,  
протекающей в реакторе идеального вытеснения:



уравнение материального баланса:  $\frac{dF_A}{dV} = r_A$

Отсюда  $dV = \frac{dF_A}{r_A}$

После интегрирования от

$V=0$  до  $V=V_1$

и от

$F_A = F_{A0}$  до  $F_A = F_{A1}$

$$V_1 = \int_{F_{A0}}^{F_{A1}} \frac{dF_A}{r_A} = \int_{F_{A1}}^{F_{A0}} \frac{dF_A}{-r_A}$$

При одинаковых условиях проведения реакции для достижения равной глубины превращения среднее время пребывания реагентов в проточном реакторе идеального смешения больше, чем в реакторе идеального вытеснения.

Это объясняется характером распределения концентраций реагентов по объему реакторов. Если в проточном реакторе идеального смешения концентрации во всех точках равны конечной концентрации, то в реакторе идеального вытеснения в двух соседних точках на оси реактора концентрации реагентов отличаются.

Скорость реакции, согласно закону действующих масс, пропорциональна концентрации реагентов. Следовательно, в реакторе идеального вытеснения она всегда выше, чем в проточном реакторе идеального смешения.