



SATBAYEV  
UNIVERSITY

**Введение в химическую и биохимическую инженерию**

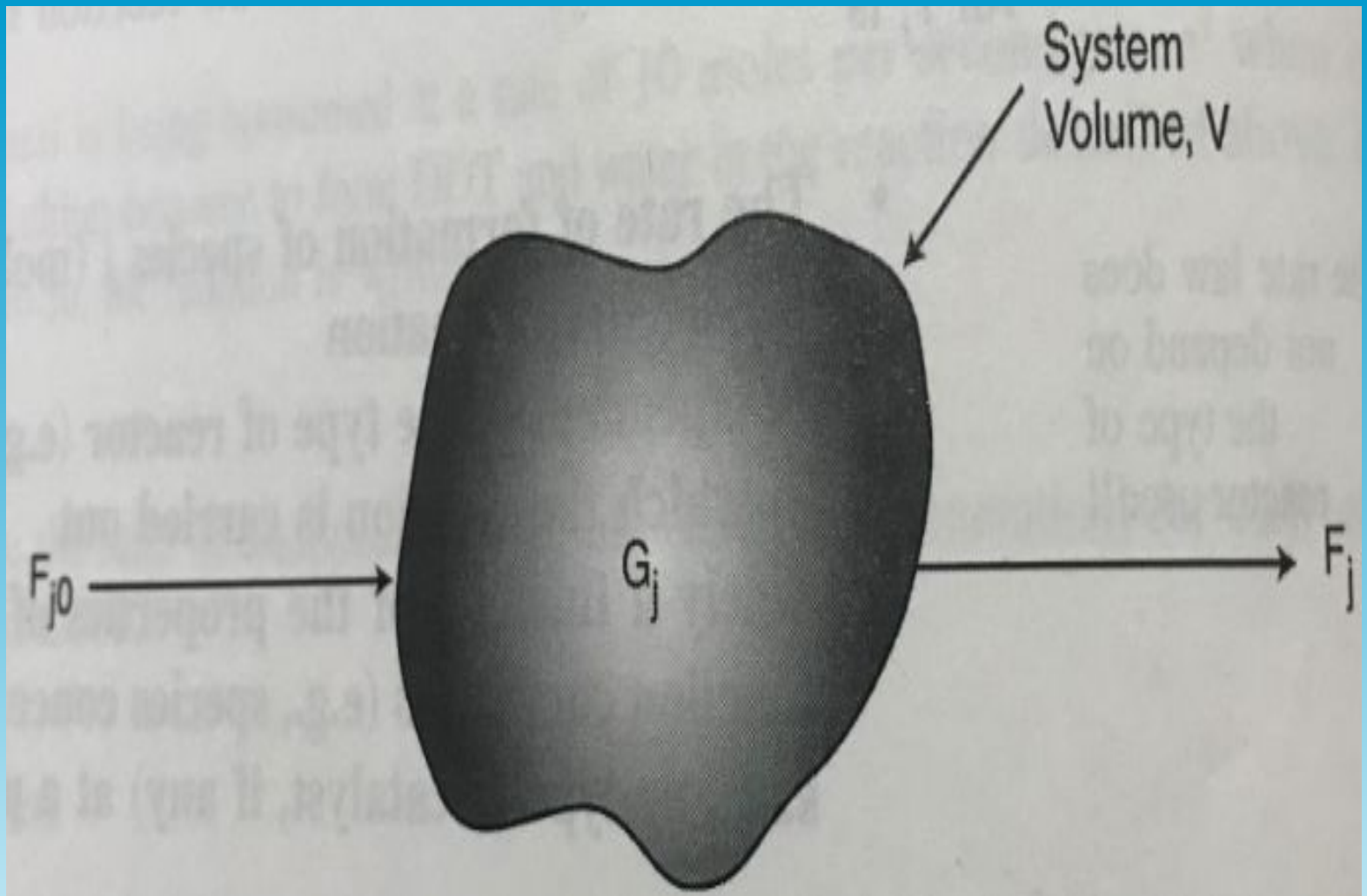
**Уравнение материального  
баланса технологического  
процесса**

лектор: доктор PhD Наурызова С.З.

Для определения конструкции и размеров любого реактора необходимы сведения о скоростях протекания химических реакций, тепло- и массопередачи; о гидродинамической обстановке в реакторе.

Во всех случаях исходным соотношением является материальный баланс, составленный по одному из компонентов реакционной смеси. Их закона сохранения массы вещества следует, что масса вещества, поступающего систему, должна быть равна массе веществ, покидающих систему и остающихся в ней.

Материальный баланс можно представить в виде дифференциальных уравнений, относящихся к единице объема.



Для составления мольного баланса любой системы сначала надо обозначить границы системы.

Мольный баланс в любой момент времени  $t$  выразится уравнением:

$$F_{j0} - F_j + G_j = \frac{dN_j}{dt}$$

$F_{j0}$ - входящий поток вещества или количество вещества, поступающего в элементарный объем в единицу времени

$F_j$ - исходящий поток вещества или количество вещества, выходящего из элементарного объема в единицу времени

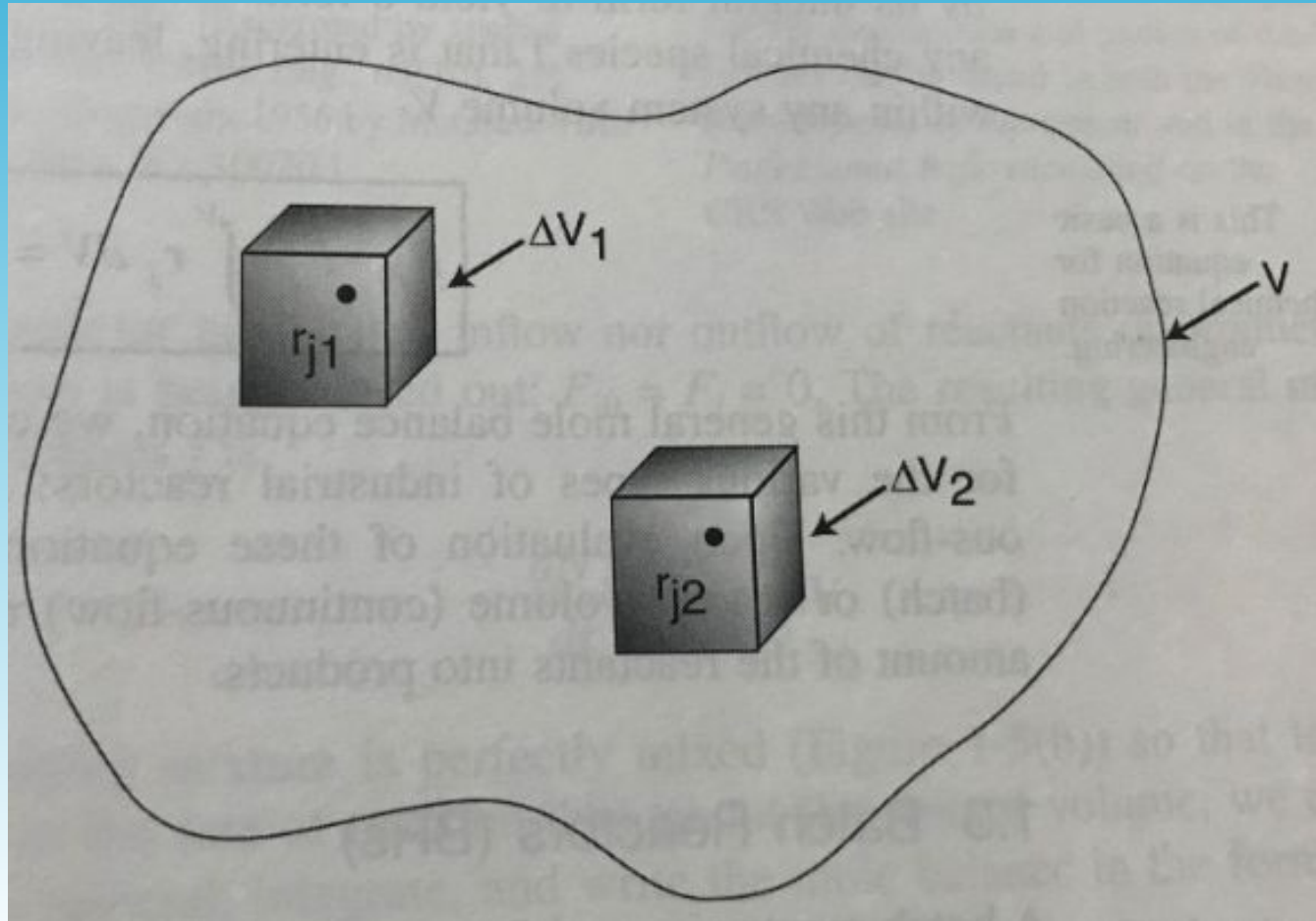
$G_j$ - скорость образования вещества внутри системы или скорость расходования исходного вещества в результате химической реакции, протекающей в элементарном объеме

$N_j$  - концентрация вещества или скорость накопления вещества в элементарном объеме

Если все параметры (температура, активность катализатора, концентрация вещества) системы одинаковы во всем объеме системы, скорость образования вещества  $G_j$  внутри системы равна произведению реакционного объема на скорость образования вещества в каждом объеме заключенного пространства :

$$G_j = r_j \cdot V$$

Пусть скорость образования вещества изменяется в различных точках объема системы: например, в точке 1, занимающей объем  $\Delta V_1$ , скорость  $r_{j1}$ , а в точке 2 с объемом  $\Delta V_2$  скорость равна  $r_{j2}$ .



Тогда скорость образования вещества  $\Delta G_{j1}$  в парциальном объеме  $\Delta V_1$  будет равна:

$$\Delta G_{j1} = r_{j1} \Delta V_1$$

Подобные выражения можно записать для  $\Delta G_{j2}$  и парциальных объемов системы  $\Delta V_i$ .

Полная скорость образования внутри объема системы есть сумма всех скоростей образования в каждом парциальном объеме:

$$G_j = \sum_{i=1}^M \Delta G_{ji} = \sum_{i=1}^M r_{ji} \Delta V_i$$

Тогда при  $M \rightarrow \infty$  и  $\Delta V \rightarrow 0$

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

$$F_{j0} - F_j + G_j = \frac{dN_j}{dt}$$

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

*основное уравнение мольного баланса*



Если концентрация вещества во всем объеме реактора одинакова, то материальный баланс можно составить для всего аппарата.

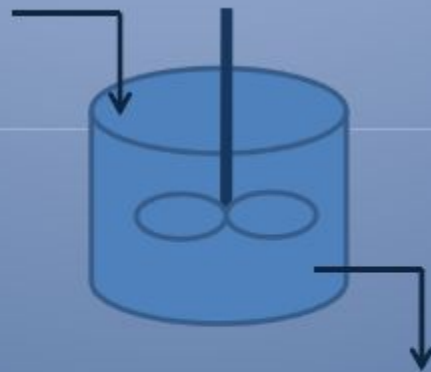
Если же концентрация вещества различна в разных точках реакционного пространства, то материальный баланс составляется для элементарного объема, и затем уравнение интегрируют в соответствии с распределением потоков и концентраций в объеме реактора.

Если реакция протекает в неизотермических условиях, то материальный баланс рассматривают совместно с тепловым.

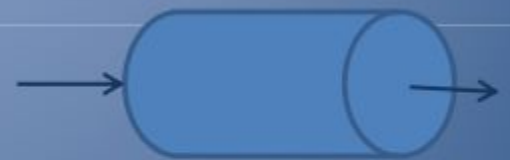
*Из основного уравнения мольного баланса можно получить уравнения для различных типов промышленных реакторов. Решая эти уравнения, можно определить время (реактор идеального смешения) или реакционный объем (проточный реактор смешения), необходимые для превращения определенного количества реагентов в продукты.*



Реактор  
идеального смешения (batch)



Проточный реактор  
смешения



Реактор  
идеального вытеснения  
(constant flow)