



**SATBAYEV  
UNIVERSITY**

**Введение в химическую и биохимическую инженерию**

# **Реакторы периодического действия**

лектор: доктор PhD Наурызова С.З.

**Алматы 2020**

# Химические реакторы принято классифицировать по следующим признакам:

- 1) организация работы (периодические, непрерывные, полунепрерывные процессы)
- 2) гидродинамическая структура потока (идеальное смешение или вытеснение, промежуточная модель)
- 3) тепловой режим (изотермические, адиабатические, политропные)
- 4) фазовое состояние смеси (жидкостные, газожидкостные, твердофазные)

Периодический процесс характеризуется последовательным, раздельным по времени протеканием стадий:

- загрузки сырья
- ввода реактора на заданный режим
- проведения химического процесса
- вывода реактора из рабочего режима
- выгрузки прореагировавшей смеси.

Для периодического процесса в любой точке смеси характерно изменение параметров (например, концентрации) во времени. Такие процессы называют нестационарными.

Периодические процессы предпочтительно использовать в следующих ситуациях:

- малотоннажные производства, то есть там, где для получения глубокой степени превращения необходимо относительно большое время, а объемы производства невелики
- частая смена ассортимента продукции;
- малая скорость протекания реакции (присуще органическим реакциям);
- проведение лабораторных и научно-исследовательских работ.

Периодические реакторы предпочтительны в микробиологической промышленности:

процесс культивирования микроорганизмов довольно длителен - 48– 72 ч.

Интенсивное перемешивание не допускает локальных зон перегрева, которые губительны для микроорганизмов.

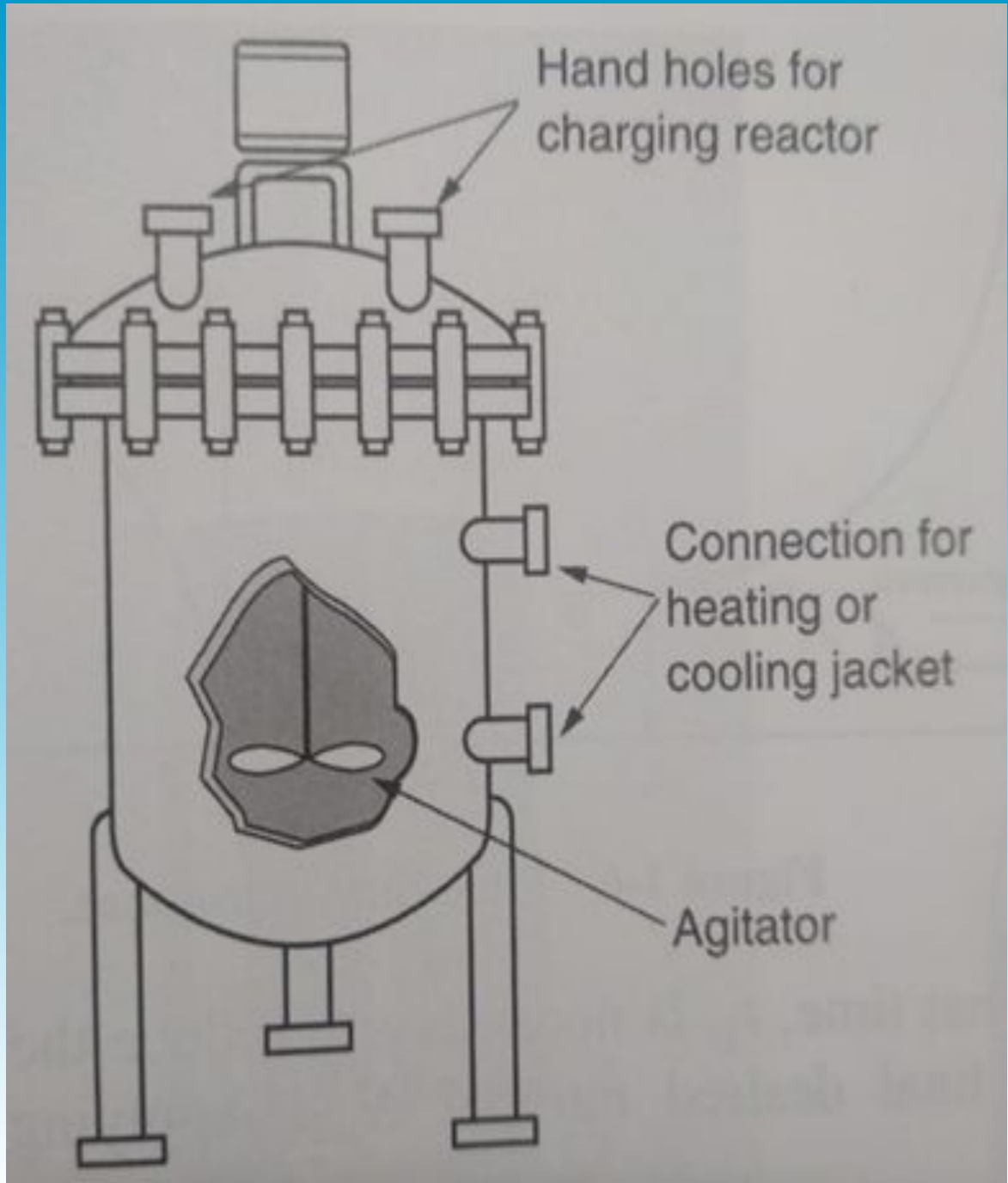
В периодическом реакторе меньше опасность отравления микроорганизмов случайными примесями, которые с большей вероятностью попадают в аппарат при непрерывной подаче реагентов.

## Недостатки

- необходимость времени на вспомогательные операции загрузки и выгрузки (полное время одного цикла работы периодического реактора складывается из основного времени химической реакции и вспомогательного времени)
- наличие вспомогательных операций приводит к снижению производительности химического реактора
- большие затраты ручного труда
- сложность решения задач автоматизации.

Окончательное решение о целесообразности применения периодического процесса можно вынести лишь на основании экономической оценки.

Как правило, при проведении такого сравнения оказывается, что периодические процессы выгодны при относительно невысокой производственной мощности в тех случаях, когда получают *дорогостоящие* продукты.



Hand holes for charging reactor

Connection for heating or cooling jacket

Agitator



В периодический реактор реагенты вводят до начала реакции, а все продукты выводят из него только после окончания процесса; в ходе реакции никаких веществ в реактор не вводят и из него не выводят, поэтому:

$$F_{j0} = F_j = 0$$

Тогда основное уравнение мольного баланса примет вид:

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

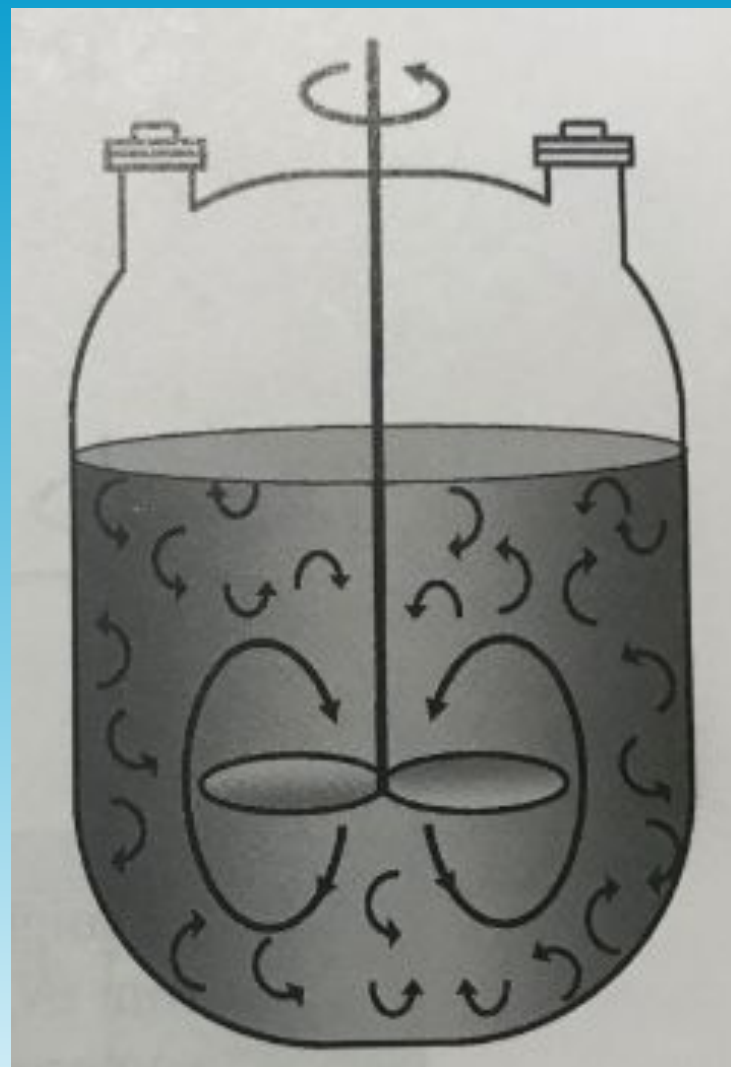
Если реакционная смесь идеально перемешивается, то по объему реактора скорость реакции не меняется.

Поэтому в уравнении  $r_j$  - постоянная величина.

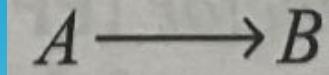
Тогда после интегрирования получим:

(1)

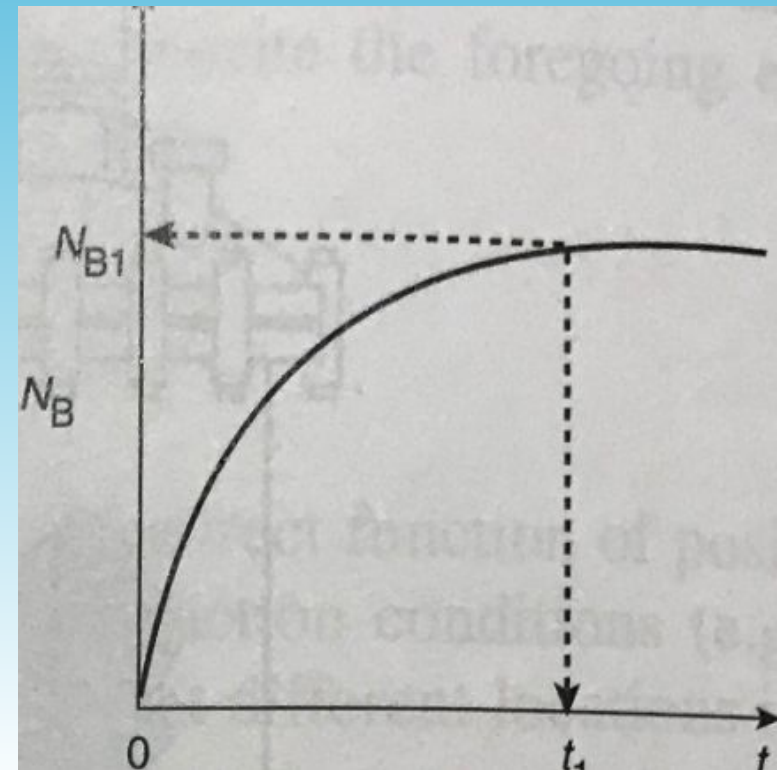
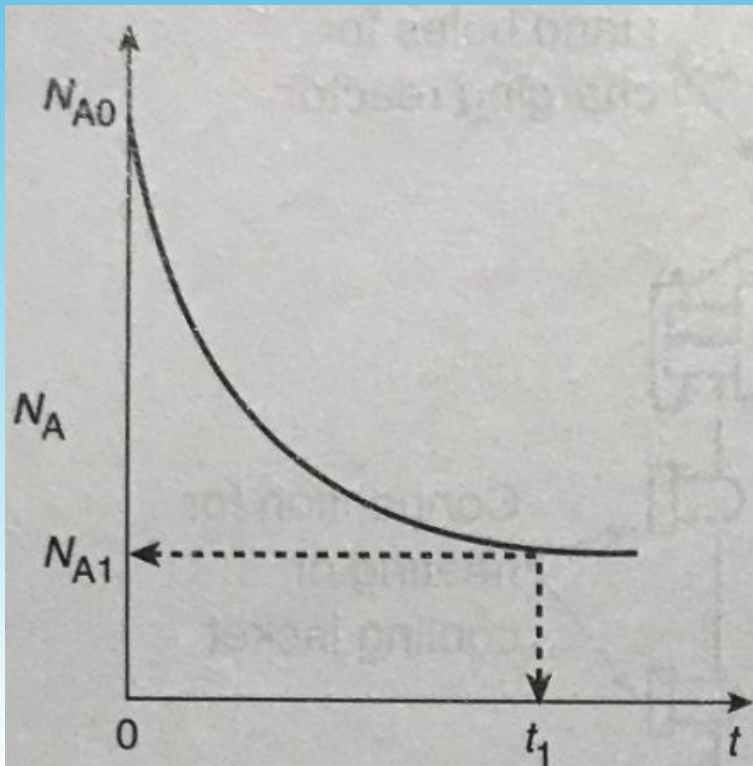
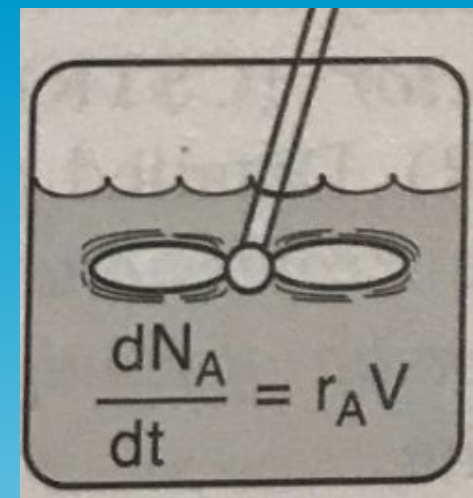
$$\frac{dN_j}{dt} = r_j V$$



Рассмотрим реакцию изомеризации вещества А в периодическом реакторе смешения:



При протекании реакции число молей А уменьшается, а число молей В растет:



Можно задать время  $t_1$ , в течение которого исходное число молей  $N_{A0}$  уменьшится до  $N_{A1}$ .

Используя уравнение (1)

для изомеризации, получим:

$$\frac{dN_A}{dt} = r_A V$$

Разделим переменные:

$$dt = \frac{dN_A}{r_A V}$$

Интегрируем в пределах от  $t=0$  и  $N_A = N_{A0}$  и до  $t=t_1$  и  $N_A = N_{A1}$ :

$$t_1 = \int_{N_{A1}}^{N_{A0}} \frac{dN_A}{-r_A V}$$

(2)

Уравнение (2) - это интегральная форма уравнения мольного баланса для периодического реактора смешения.

Уравнение позволяет определить время пребывания реакционной смеси в реакторе.

Если время меньше необходимого, будет мал выход продукта.

Если время пребывания слишком велико, могут пойти нежелательные побочные реакции.

Еще одна важная характеристика периодического реактора - **эффективность смешения**. В промышленности существуют различные методы смешения реагентов и перемешивания реакционной смеси. Чаще всего для этих целей используют вращающиеся мешалки различной конфигурации. Каждый реактор со своим перемешивающим устройством можно охарактеризовать некоторым *средним временем смешения*  $t_{см}$ .

**Измерение  $t_{см}$**  - в какое-то место реактора вводится окрашенное вещество (индикатор). Затем, отбирая пробы в разных точках, определяют, за какое время весь объем реактора станет равномерно окрашенным. В реакторе идеального смешения выполняется условие:

$$t_{см} = t_{хим},$$

где  $t_{хим}$  - *характерное время химической реакции*.

При этом концентрации всех веществ в любой момент времени будут одинаковы во всех точках реактора.

В некоторых случаях в реактор сначала вводится часть реагентов, а затем постепенно добавляется наиболее реакционноспособный реагент. Так, при получении хлорбензола в реактор с бензолом медленно вводится газообразный хлор. Если при этом также выполняется условие (1), то реактор носит название реактора идеального смешения полупериодического действия. Заметим, что в этом случае особенно важно, что критерием идеальности смешения является соотношение времени смешения и времени химической реакции, а не времени пребывания, которое может значительно превышать время химической реакции.