

# ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ

**Химический реактор** – агрегат для проведения химических реакций объёмом от нескольких миллилитров до десятков кубометров. В зависимости от условий протекания реакций и технологических требований реакторы делятся: реакторы для реакций в гомогенных системах и в гетерогенных системах; реакторы низкого, среднего и высокого давления; реакторы низкотемпературные и высокотемпературные; реакторы периодического, полунепрерывного и непрерывного действия.



Цель работы реактора – выработка конечного продукта из исходных компонентов при соблюдении требований максимальной эффективности процесса:

- Создание устойчивого и стабильного режима проведения реакции;
- высокие энергетические показатели;
- минимальная стоимость реактора;
- простота работы и ремонта.
- Процессы, протекающие в химических реакторах, могут быть описаны в рамках нескольких идеальных моделей:
- идеального смешения, где концентрация целевого продукта мгновенно скачкообразно меняется от начальной до установившейся в реакторе;
- идеального вытеснения, где движущийся поток можно представить в виде нескольких несмешивающихся друг с другом объемов и характер движения их поршнеобразный;
- однопараметрическая диффузионная модель - допускается, что в потоке имеет место только продольная диффузия;
- ячеечная модель - поток представляется в виде совокупности ячеек, а каждой из которых происходит идеальное смешение, а между ними массообмен отсутствует.

# Применение по объёму реактора

- Химические реакторы внутренним объёмом до 10 литров применяются в основном в лабораториях в исследовательских целях и в пилотных установках.
- Реакторы объёмом от 100 литров работают в химической, фармацевтической, целлюлозной, парфюмерной промышленности и других. Химические реакторы используются для ведения различных химических реакций, испарения, кристаллизации, плавления и гомогенизации исходных компонентов или продуктов реакции.

# Реактор периодического действия

В реактор периодического действия одновременно загружают определенное количество реагентов, которое находится в нем до тех пор, пока не будет достигнута желаемая степень превращения. После этого реактор разгружают. В таком реакторе распределение концентрации при любой степени смешения во времени аналогично реактору идеального вытеснения.

- Количество исходного вещества, вступающего в реакцию в единицу времени определяется по формуле:

$$G_{x_p} = u_A v.$$

$$v C_{A_0} \frac{dx_A}{d\tau} = u_A v.$$

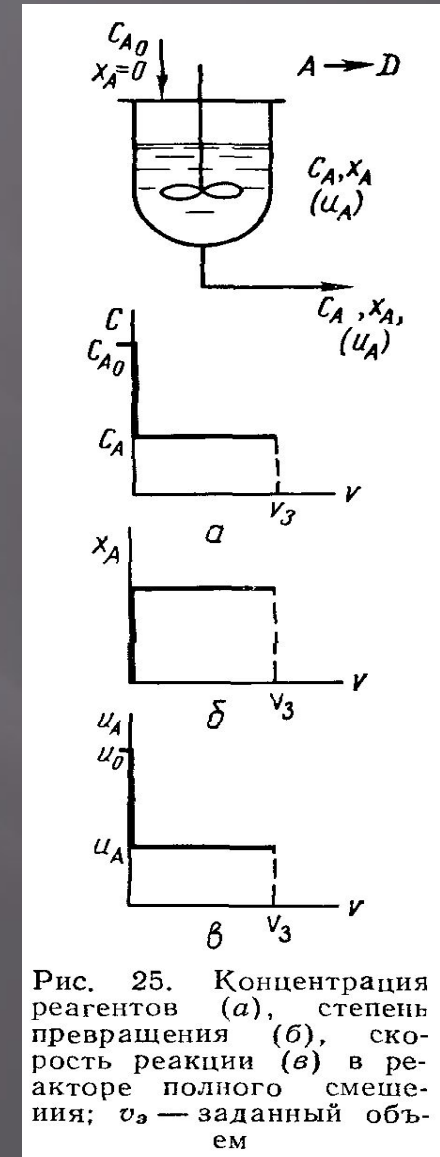
- Уравнение материального баланса

$$\tau = C_{A_0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{u_A}$$

- Характеристическое уравнение.

# Реактор полного смешения проточный

Проточный реактор смешения представляет собой аппарат, в котором интенсивно перемешиваются реагенты, например, при помощи мешалки. В него непрерывно подаются реагенты и непрерывно выводятся продукты реакции. Поступающие в аппарат этого типа частицы вещества мгновенно смешиваются с находящимися в нем частицами, то есть равномерно распределяются в объеме аппарата. В итоге во всех точках реакционного объема мгновенно выравниваются параметры, характеризующие процесс. На рис 25 показаны зависимости концентрации (а), степени превращения (б), скорости реакции (в) от объема реактора.



□ Материальный баланс  $\tau = v/V_c = C_{A_0} x_A / u_A$

□ Количество исходного вещества  $G_{x.p} = u_A v.$

□ Характеристическое уравнение:

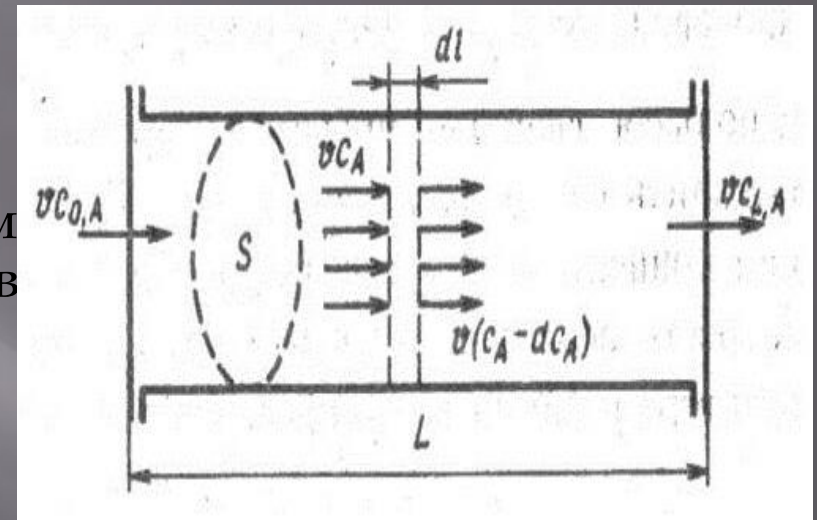
$$\tau = \frac{C_{A_0} x_A}{kC_A^n} = \frac{C_{A_0} x_A}{kC_{A_0}^n (1-x_A)^n} = \frac{1}{kC_{A_0}^{n-1}} \cdot \frac{x_A}{(1-x_A)^n}$$

# Реактор идеального вытеснения

Примером такого реактора может служить трубчатый реактор для производства малеинового ангидрида. В таком реакторе все частицы движутся в заданном направлении не перемешиваясь с движущимися впереди и сзади и полностью вытесняя подобно поршню находящиеся впереди частицы потока (поршневое движение потока).

Время пребывания всех частиц в аппаратах идеального вытеснения одинаково, то есть временной реактора сл

$$\tau' = \tau = v/V_c,$$



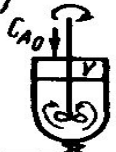
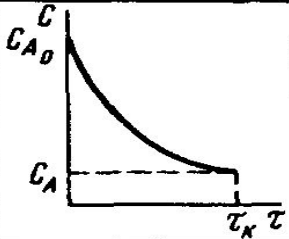
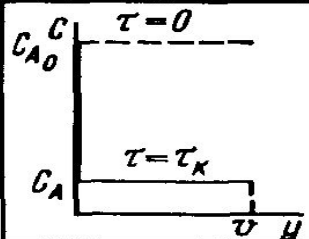
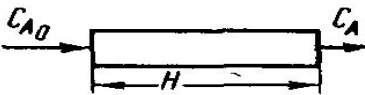
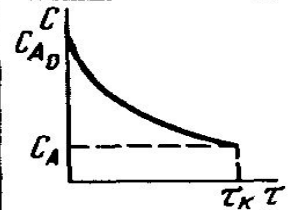
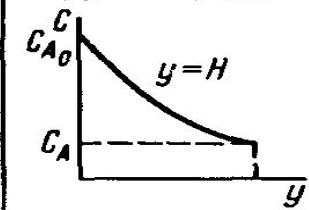
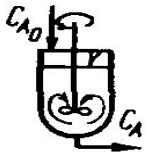
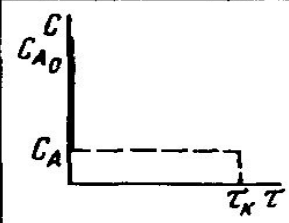
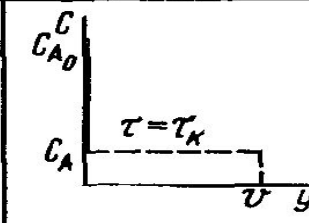
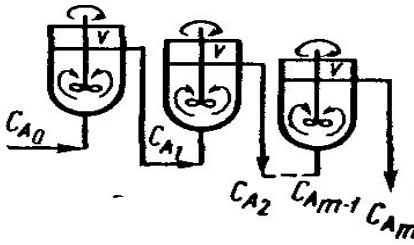
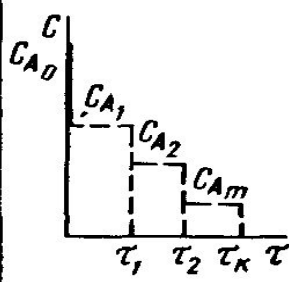
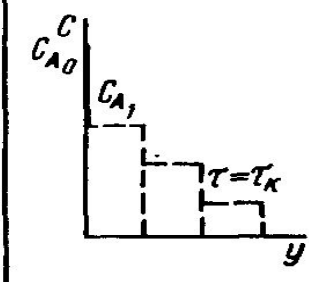


□ Количество исходного вещества  $G_{x_p} = u_A dv,$

□ Материальный баланс  $V_c C_{A_0} dx_A = u_A dv.$

□ Характеристическое уравнение  $\tau = \frac{v}{V_c} = C_{A_0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{u_A}.$

Таблица 2. Изменение концентраций исходного вещества в реакторах разного типа

Реактор	Распределение концентраций		Характеристическое уравнение
	по времени	в пространстве реактора	
Полного смешения периодического действия (нестационарный) 			$\tau = C_{A0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{-r_A}$
Идеального вытеснения (стационарный) 			$\tau = C_{A0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{-r_A}$
Полного смешения проточный (стационарный) 			$\tau = \frac{C_{A0} x_A}{-r_A}$
Каскад реакторов полного смешения 			$\tau_m = \frac{C_{A(m-1)} - C_{Am}}{-r_{Am}}$

# Температурный режим реактора

Температура существенно влияет на результат химико-технологического процесса в целом и особенно на химическую реакцию. В зависимости от температурного режима различают следующие основные типы реакторов: адиабатический, изотермический и политермический.

- ▣ **Адиабатическими** называются реакторы идеального вытеснения, работающие без подвода и отвода теплоты в окружающую среду через стенки реактора или при помощи теплообменных элементов. Вся теплота в этом случае, выделяемая (поглощаемая) в реакторе, аккумулируется реакционной смесью.
- ▣ **Изотермическими** называются реакторы, в которых процесс протекает при постоянной температуре во всем объеме реактора. Изотермичность достигается интенсивным перемешиванием реагентов. Необходимая температура устанавливается или благодаря подводу или отводу теплоты реакции, или за счет регулирования температуры поступающей реакционной смеси. Данный режим может быть достигнут и в реакторе идеального вытеснения при проведении процессов с малыми тепловыми эффектами.
- ▣ **Политермическими** называются реакторы, которые характеризуются частичным подводом теплоты или отводом теплоты из зоны реакции в соответствии с заданной программой изменения температуры по длине (высоте) реактора идеального вытеснения или неполного смешения. Политермическими реакторами во времени являются реакторы полного смешения периодического действия. При изучении и количественной оценке процессов, происходящих в реакторе, для вывода уравнений температурного режима используют тепловые балансы.