

Каскад реакторов идеального смешения



В практике проведения химических реакций в **реакторе идеального смешения** вследствие **немедленного вывода части исходных компонентов** из реактора **всегда** присутствует **неполнота** завершения процесса. Поэтому прибегают к каскадам реакторов идеального смешения.

Можно ли **увеличить степень превращения** в отдельном реакторе? Да, но для этого необходимо задержать его в реакторе на **большее время**, т.е. **уменьшить производительность**. Тогда, **чтобы получить высокую производительность** необходимо **увеличить объем** реактора.

Напомним, что в единичном реакторе идеального смешения **концентрация исходных веществ мгновенно снижается до конечного значения.**

В каскаде реакторов идеального смешения непрерывного действия (К-РИС) концентрация исходного реагента снижается до конечного значения, но не сразу, а постепенно от секции (реактора) к секции (реактор). (рисунок). В этом плане кинетика процесса приближается к реактору идеального вытеснения. При бесконечно большом количестве реакторов в каскаде система соответствующим образом от реактора идеального

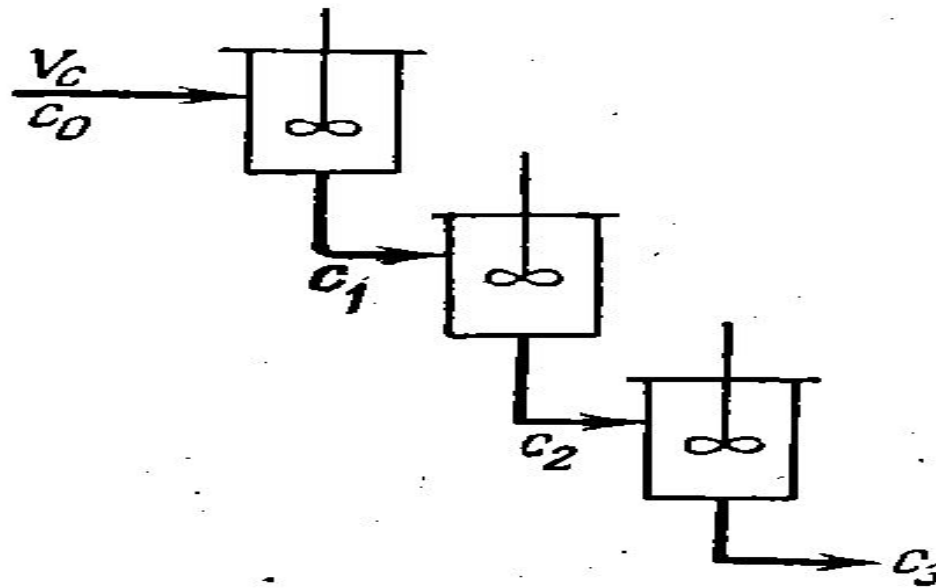
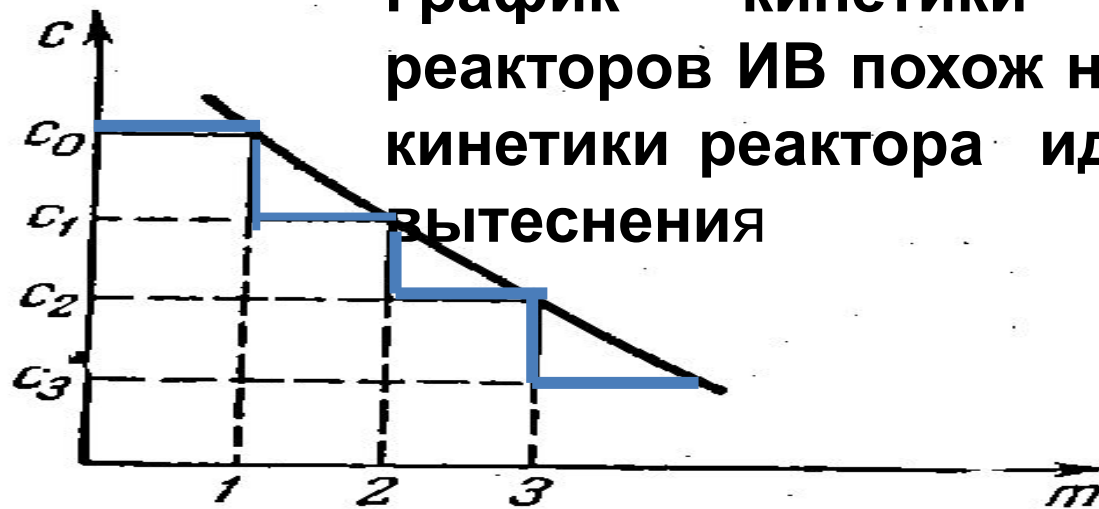


График кинетики каскада реакторов ИВ похож на график кинетики реактора идеального вытеснения



Расчет каскада реакторов идеального смешения обычно сводится к

1. определению числа секций заданного объема, необходимых для достижения определенной глубины превращения, или к

2. определению состава реакционной смеси на выходе из m -й секции каскада.

Расчет (алгебраический метод) сводится к последовательному решению уравнений материального баланса для каждой секции относительно концентрации реагента (или продукта) на выходе.

Алгебраический метод расчета.

Очевидно, что, например, для реакции первого порядка концентрация вещества на выходе первой ступени реактора идеального смешения равна (1), где C_{A0} - концентрация на входе, а C_{A1} на выходе. Так как концентрация на выходе первой ступени есть концентрация на входе второй ступени, то второе уравнение (2) выглядит так:

$$C_{A1} = \frac{C_{A0}}{1 + k\tau_1} \quad (1)$$

$$C_{A2} = \frac{C_{A1}}{1 + k\tau_2} = \frac{C_{A0}}{(1 + k\tau_1)(1 + k\tau_2)} \quad (2)$$

Если время пребывания во всех ступенях одинаково, то

$$c_{Am} = \frac{c_{A0}}{(1 + k\tau)^m}$$

$$m = \frac{\lg \frac{c_{A0}}{c_{Am}}}{\lg (1 + k\tau)}$$

m – число ступеней;

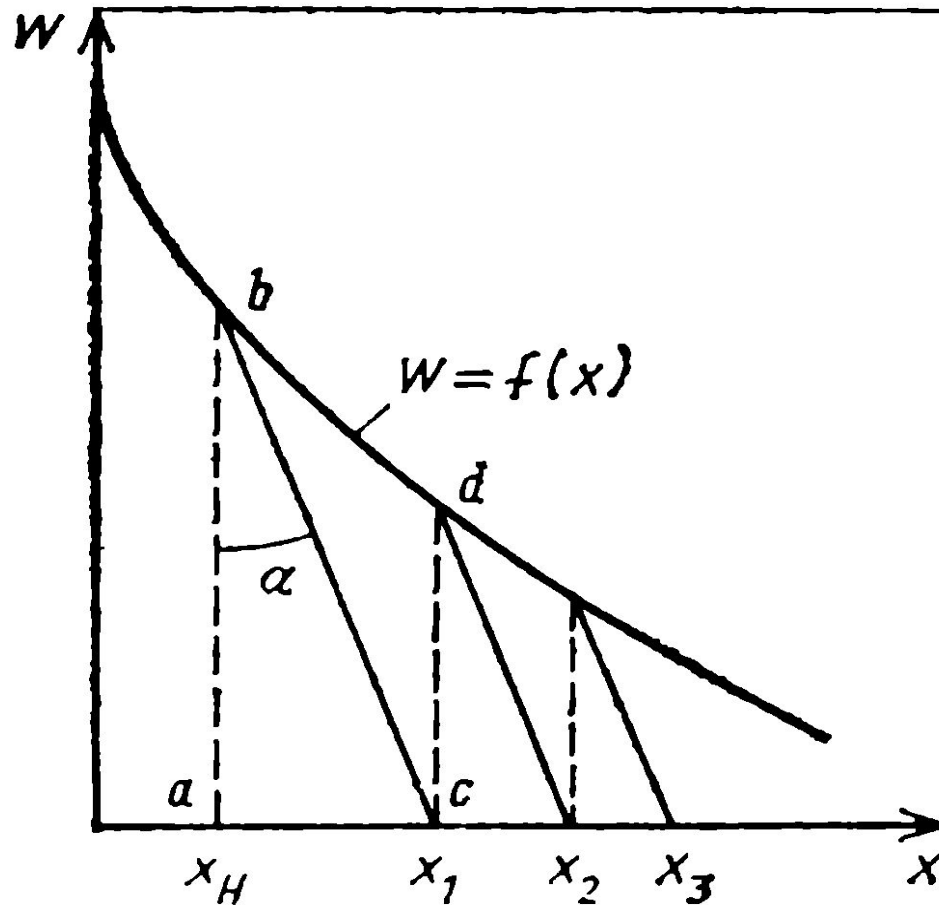
c_{Am} – концентрация основного реагента после m -ой ступени;

c_{A0} – начальная концентрация основного реагента.

Анализ этого уравнения показывает, что **с увеличением числа реакторов общий объем каскада реакторов, необходимый для достижения заданной степени превращения, уменьшается.** Особенно значительно это уменьшение при высоких степенях превращения.

Такой расчет каскада реакторов для реакции высоких порядков весьма сложен, поэтому в ряде практических случаев используется **графический метод.**

Графический метод определения числа реакторов в каскаде



Пусть для реакции первого порядка в первом реакторе начальная степень превращения X_H увеличивается до X_1 . Из рассмотрения треугольника abc следует:

$$ac/ab=(X_1- X_H)/w= \text{tg } \alpha$$

где $\text{tg } \alpha$ —наклон прямой bc к оси скоростей реакции $w= \Delta X/ \Delta \tau$,

Проводя из точки b прямую до пересечения с осью абсцисс (точка c), получим концентрацию X_1 . Вертикаль из этой точки до пересечения с кривой скорости дает точку d . Проводя прямую из точки d под углом α , найдем

на пересечении с осью абсцисс концентрацию X_2

Угол α для определения положения наклонных линий легко найти путем следующих рассуждений.

По определению $\text{tg } \alpha = \tau$.

Но $\tau = V_{\text{реак}}/V_{\text{потока}}$ и,

следовательно,

$$\text{tg } \alpha = \tau$$

Обычно при проведении расчетов имеют заданную величину $V_{\text{потока}}$. Значением $V_{\text{реак}}$ (в данном случае объемом одного аппарата каскада)

обеспечивается и достижением оптимальной температуры