



Лекция 2

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Химико-технологический процесс (ХТП) представляет собой совокупность операций, позволяющих получить целевой продукт из исходного сырья. Все эти операции входят в состав трёх основных стадий, характерных практически для каждого химико-технологического процесса: 1) подготовка исходных реагентов к проведению химической реакции; 2) химическое взаимодействие; 3) выделение продукта(ов).



Технологическая схема – рационально построенная система единичных аппаратов, соединённых различными видами связей, позволяющая получить заданный продукт заданного качества.

Технико-экономические показатели химико-технологических процессов

Производительность

Показателем, характеризующим эффективность работы машин, аппаратов, установок, цехов и заводов в целом, служит производительность.

Производительность – это количество выработанного продукта или переработанного сырья в единицу времени:

$$П = \frac{В}{\tau}$$

$П$ – производительность;

$В$ – количество продукта или переработанного сырья;

τ – время.

Максимально возможная производительность (проектная) называется ***мощностью***.

Интенсивность – это производительность, отнесённая к какой-либо величине, характеризующей размеры аппарата, - его объёму, площади поперечного сечения и т.д.

$$I = \frac{\Pi}{V} = \frac{B}{V \cdot \tau}$$

$$I = \frac{\Pi}{S} = \frac{B}{S \cdot \tau}$$

I – интенсивность;

V - объём аппарата;

S – площадь сечения аппарата

Интенсивность измеряется, например, количеством тонн или кг продукта, получаемого в течение суток или часа с единицы объёма аппарата - т/(сутки·м³), кг/(ч·м³), или количеством тонн продукта, полученного в сутки с единицы сечения аппарата – т/(сутки·м²).

При разработке новых процессов или усовершенствовании существующих стремятся к созданию высокоинтенсивных аппаратов. Повышение интенсивности аппарата возможно, например, за счёт увеличения скорости процесса.

Степень превращения (степень конверсии) – это отношение количества реагента, вступившего в реакцию, к его исходному количеству.

Степень превращения реагента показывает, насколько полно в химико-технологическом процессе используется исходное сырьё или долю исходного реагента, вступившего в реакцию, и выражается в долях или процентах.

$$x_A = \frac{N_{A0} - N_A}{N_{A0}}$$

$$0 \leq x \leq 1$$

$$\text{или } 0\% \leq x \leq 100\%$$

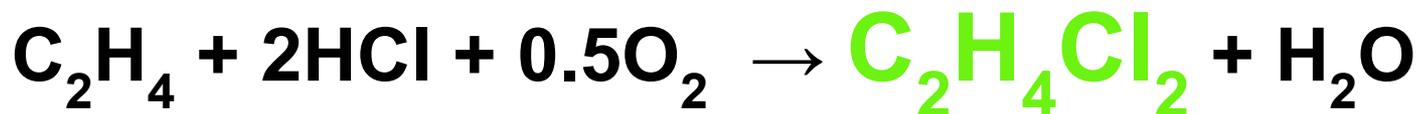
Выход продукта – это отношение количества полученного целевого продукта к максимально возможному его количеству, которое могло бы быть получено при данных условиях осуществления химической реакции.

$$\varphi_R = \frac{n_R}{n_{R,max}}$$

$$0 \leq \varphi \leq 1$$

$$0\% \leq \varphi \leq 100\%$$

Селективностью (избирательностью) называется отношение количества исходного вещества, расходуемого на целевую реакцию, к общему количеству исходного вещества, израсходованного на все реакции (и целевую, и побочные)



Расходным коэффициентом называют отношение количества сырья, материалов, топлива и энергии, затраченных на проведение химико-технологического процесса, к количеству полученного целевого продукта.

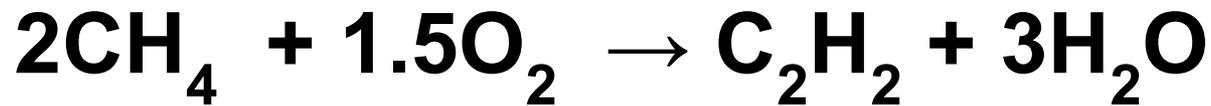
$$\eta = \frac{Q}{B}$$

Q – количество затраченного сырья, материалов, топлива, энергии;

B – количество полученного продукта.

Расходные коэффициенты показывают количество сырья, материалов, топлива и энергии, затраченных на производство единицы продукции. Их выражают в тоннах на тонну (т/т), килограммах на тонну (кг/т), кубических метрах на тонну (м³/т), для энергии - в киловатт-часах на тонну (кВт·ч/т) и т.д.

Задание: Рассчитайте практический расходный коэффициент по природному газу (м³) в производстве ацетилена методом окислительного пиролиза, если известно, что объёмная доля метана в природном газе составляет 94%, селективность по ацетилену 34%, а степень конверсии метана 95%. Расчёт вести на 1 т ацетилена.



Ответ: на получение 1 тонны ацетилена требуется 5675 м³ природного газа.

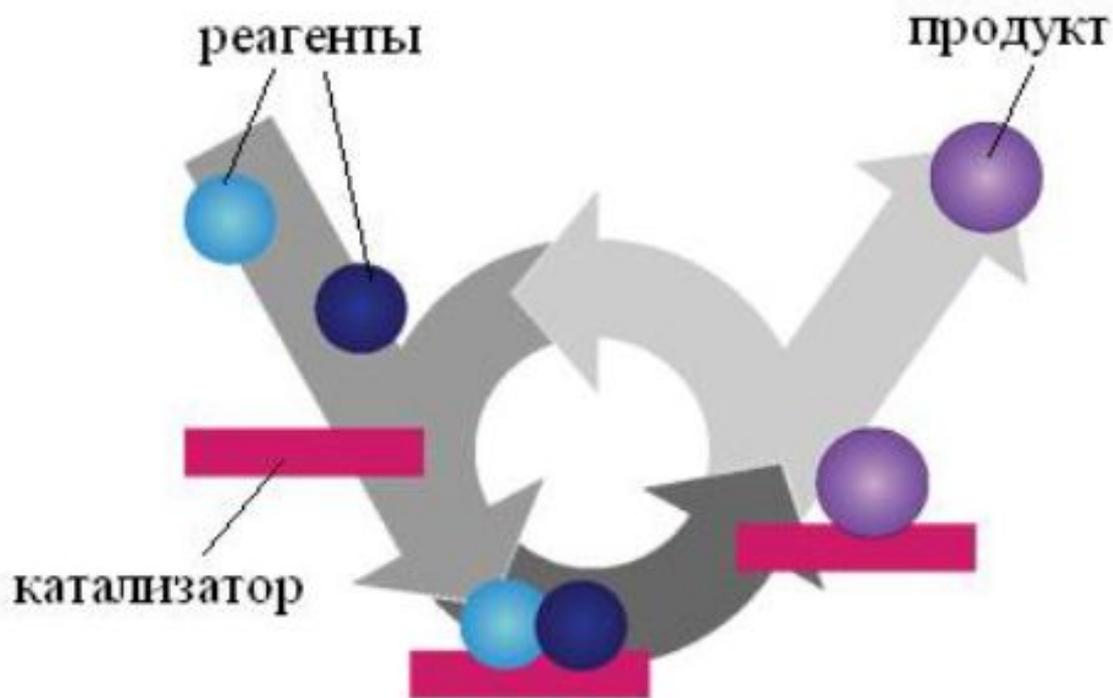
Себестоимость продукции – это денежное выражение затрат данного предприятия на изготовление и сбыт единицы продукции. Затраты предприятия, непосредственно связанные с производством продукции, складываются из следующих статей:

- 1) сырье, полуфабрикаты и основные материалы, непосредственно участвующие в химических реакциях;
- 2) топливо и энергия на технологические цели;
- 3) заработная плата основных производственных рабочих;
- 4) амортизация, т.е. отчисления на возмещение износа основных производственных фондов: зданий, сооружений, оборудования и др.;
- 5) цеховые расходы, включающие затраты на содержание и текущий ремонт основных производственных фондов (в том числе и зарплату вспомогательных и ремонтных рабочих), а также затраты на содержание административно-управленческого персонала цеха, охрану труда и технику безопасности;
- 6) налог за загрязнение окружающей среды;
- 7) общезаводские расходы.

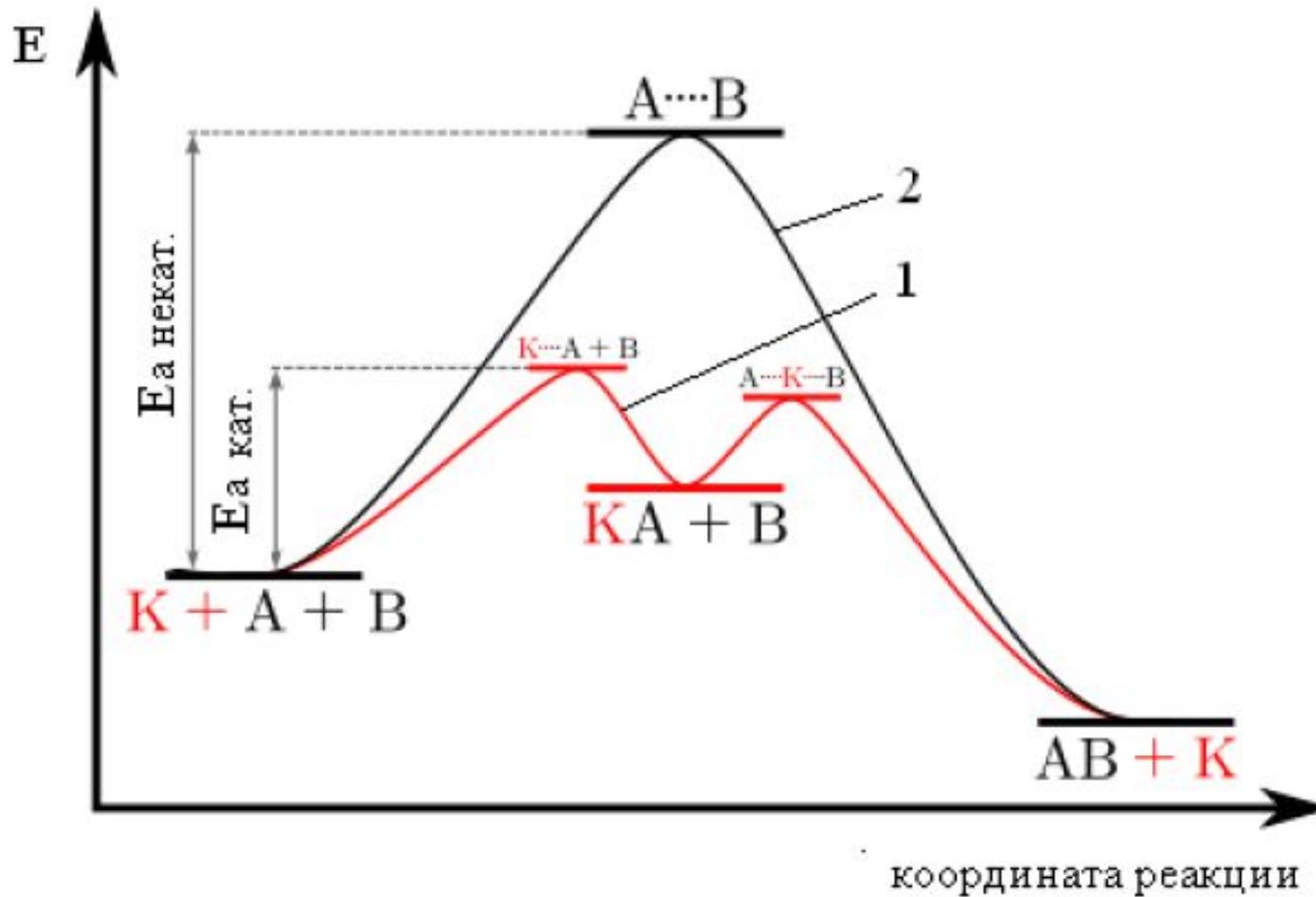
Задание: В реактор окисления толуола в бензойную кислоту загружают 40 тонн толуола, который занимает 75% объёма реактора. **Процесс окисления в среднем длится 10 часов.** Рассчитайте производительность и интенсивность процесса окисления при высоте реактора 10 метров и диаметре 2.5 метра. Реактор имеет форму цилиндра.

Общие представления о каталитических реакциях

Катализаторы – это вещества, которые увеличивают скорость реакции. Катализатор многократно участвует в реакции, вступая в промежуточное химическое взаимодействие с реагентами, но по окончании каталитического акта восстанавливает свой химический состав. Таким образом, сам катализатор в реакции не расходуется и в состав конечных продуктов не входит



Механизм действия катализатора. Катализатор направляет реакцию по другому пути, который требует меньших затрат энергии



Катализатор не изменяет ни энергии реагентов, ни энергии продуктов, следовательно, не влияет на состояние химического равновесия, которое не зависит от пути реакции. Он лишь ускоряет достижение равновесия при данной температуре.

Одну и ту же реакцию разные катализаторы ускоряют по-разному:



E_a , кДж/моль

Без катализатора 186

Катализатор Au 105

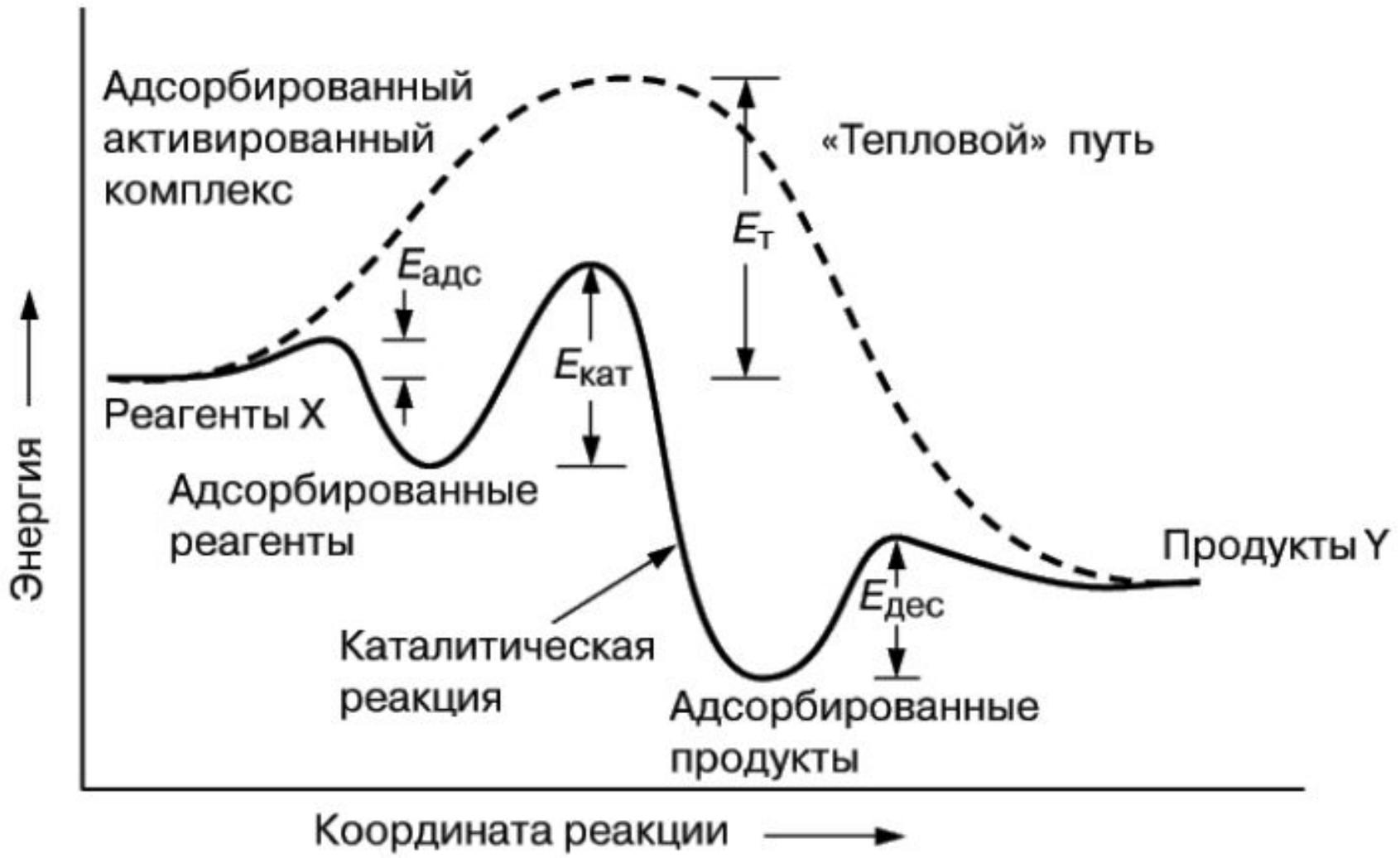
Катализатор Ag 59

Каталитические процессы подразделяют на две большие группы: гомогенные и гетерогенные. Наибольшее распространение в промышленности получили гетерогенно-каталитические процессы с использованием твёрдых катализаторов.

Скорость каталитической реакции пропорциональна концентрации катализатора (гомогенный катализ) или площади поверхности катализатора (гетерогенный катализ).

Производство	Каталитический процесс
Окисление диоксида серы до триоксида в производстве серной кислоты	$2SO_2 + O_2 \xrightleftharpoons{V_2O_5} 2SO_3$
Получение водорода конверсией природного газа в производстве аммиака	$CH_4 + H_2O \xrightleftharpoons{Ni} 3H_2 + CO$
Синтез аммиака	$N_2 + 3H_2 \xrightleftharpoons{Fe} 2NH_3$
Окисление аммиака в производстве азотной кислоты	$4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow{Pt-Rh} 4NO + 6H_2O$
Производство метанола из синтез-газа	$CO + 2H_2 \xrightleftharpoons{Zn-Cr} CH_3OH$
Окисление метанола в производстве формалина	$CH_3OH + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{Ag} HCHO + H_2O$

Энергетическая диаграмма гетерогенно-каталитической реакции



Важной технологической характеристикой каталитического процесса является **время контактирования (время контакта)**.

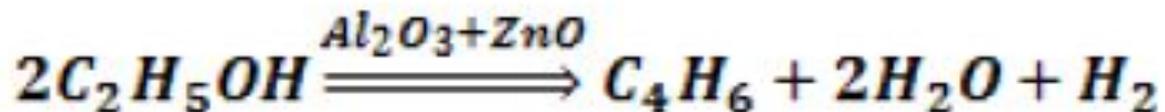
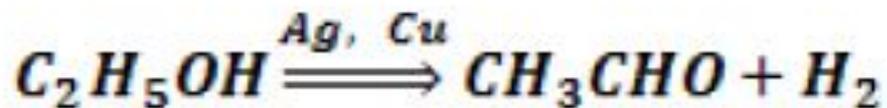
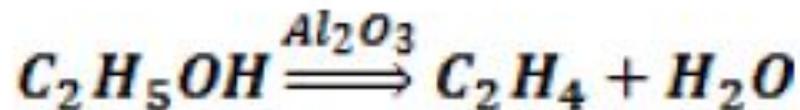
$$\tau = \frac{V_{kat}}{V}$$

где V_{kat} - свободный объём катализатора, м³; V - объём реагирующей смеси, проходящей через катализатор за секунду, м³/с.

Величина, обратная времени контакта, называется объёмной скоростью газа.

Если каталитический процесс протекает в диффузионной области, то увеличить общую скорость процесса можно перемешиванием реагирующей смеси с катализатором. На практике для этого используют «кипящий» или псевдооживленный слой катализатора и другие приёмы.

Селективность (избирательность) катализатора – это свойство катализатора ускорять одну целевую реакцию из нескольких возможных. Если одновременно протекает несколько параллельных реакций, то можно подобрать разные селективные катализаторы для каждой из этих реакций. Например, в присутствии оксида алюминия Al_2O_3 этанол разлагается на этилен и воду; в присутствии серебра или меди протекает реакция дегидрирования этанола с образованием уксусного альдегида; в присутствии смешанного катализатора $Al_2O_3 + ZnO$ идут реакции дегидратации и дегидрирования с образованием бутадиена:



**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ**

Q&A

ETHYLENE PLANT

