

## Раздел 12. Жидкостная экстракция

### Лекция №15

Экстракцией в широком смысле называют процессы извлечения одного или нескольких компонентов из растворов или твердых тел с помощью избирательных растворителей (экстрагентов). При взаимодействии с экстрагентом в нем хорошо растворяются только извлекаемые компоненты и значительно слабее или практически вовсе не растворяются остальные компоненты исходной смеси.

#### Общие сведения

Для повышения скорости процесса исходный раствор и экстрагент приводят в тесный контакт, осуществляемый обычно многократно. В результате взаимодействия фаз получают экстракт – раствор извлеченных веществ в экстрагенте и рафинат – остаточный исходный раствор, из которого с той или иной степенью полноты удалены экстрагируемые компоненты. Полученные жидкие фазы (экстракт и рафинат) отделяются друг от друга отстаиванием, реже центрифугированием. После этого производят извлечение целевых продуктов из экстракта и регенерацию экстрагента из рафината.

Основным достоинством процесса экстракции по сравнению с другими процессами разделения жидких смесей (ректификацией, выпариванием и др.) является низкая рабочая температура процесса, который проводится наиболее часто при нормальной (комнатной) температуре. Кроме того, при экстракции обычно возможно из многочисленных растворителей подбирать высокоизбирательный экстрагент, отличающийся по химическим свойствам от компонентов исходной смеси и часто позволяющий достичь более полного разделения, чем это осуществимо с помощью других массообменных процессов. Вместе с тем применение дополнительного компонента – экстрагента и необходимость его регенерации приводит к некоторому усложнению аппаратного оформления и удорожанию процесса экстракции.

Ограничением жидкостной экстракции является также условие, что смесь должна иметь различные плотности, т.к. при малой разности плотностей процесс будет протекать при очень низких скоростях и на его проведение потребуется очень большие объемы аппаратов.

Практически процессы экстрагирования проводятся с системами, состоящими минимально из трех компонентов и двух жидких фаз. Поэтому

при экстракции равновесие системы представляют в виде треугольных диаграмм.

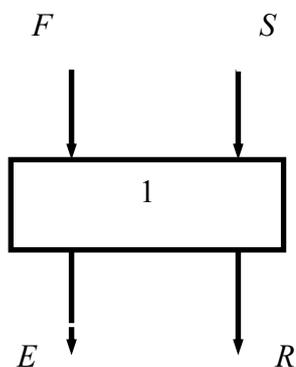
## Методы экстракции

При экстракции неорганических веществ обычно извлекают одно или несколько веществ из водной фазы одним экстрагентом.

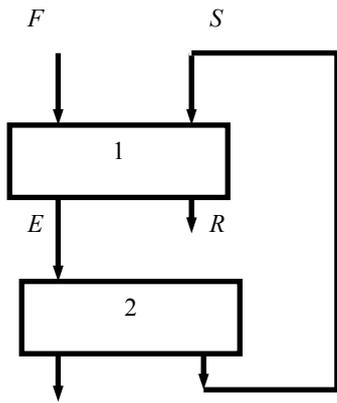
При разделении экстракцией смесей органических веществ в зависимости от числа применяемых экстрагентов различают:

1. экстракцию одним экстрагентом в системах, состоящих минимум из трех компонентов (двух разделяемых компонентов исходного раствора и экстрагента);
2. экстракцию двумя экстрагентами (фракционная экстракция) в системах, состоящих минимум из четырех компонентов (двух компонентов исходного раствора, распределяющихся между двумя несмешивающимися экстрагентами).

**Одноступенчатая (однократная экстракция).** Этот простейший метод заключается в том, что исходный раствор  $F$  и экстрагент  $S$  подаются в аппарат 1, после чего разделяются на два слоя: экстракт  $E$  и рафинат  $R$ . При таком однократном взаимодействии экстрагента и исходного раствора при достаточном времени контакта могут быть получены близкие к равновесным составы экстракта и рафината.



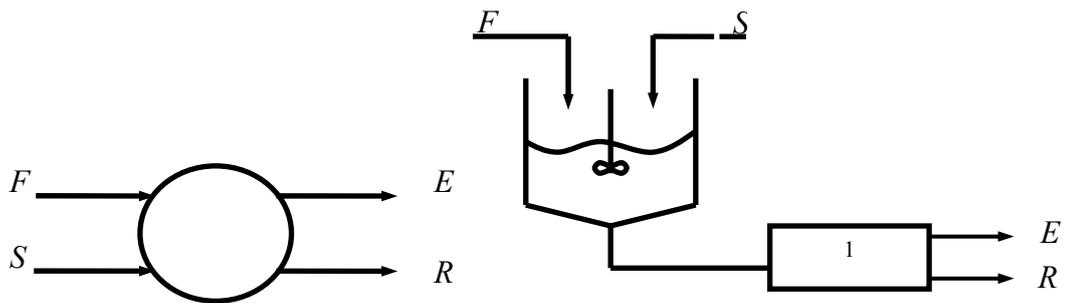
Данная схема без регенерации экстрагента. В схемах с регенерацией добавляют специальный реэкстрактор.



После рекстрактора 2 очищенный экстрагент возвращается в аппарат 1.

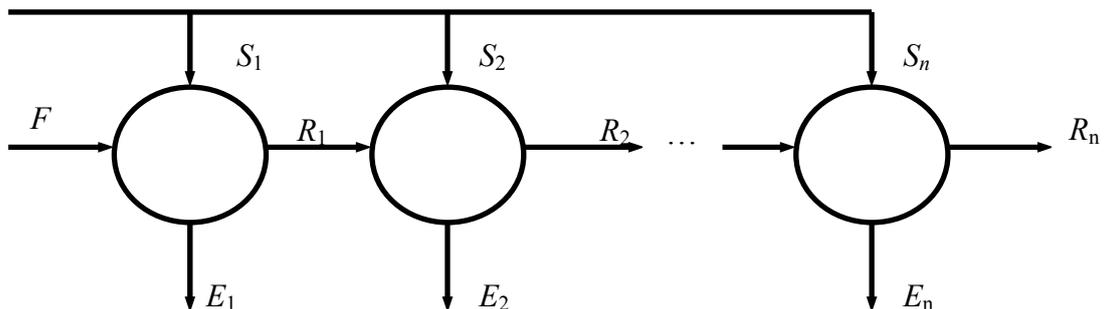
### Способы проведения жидкостной экстракции

#### 1. Однократное взаимодействие фаз



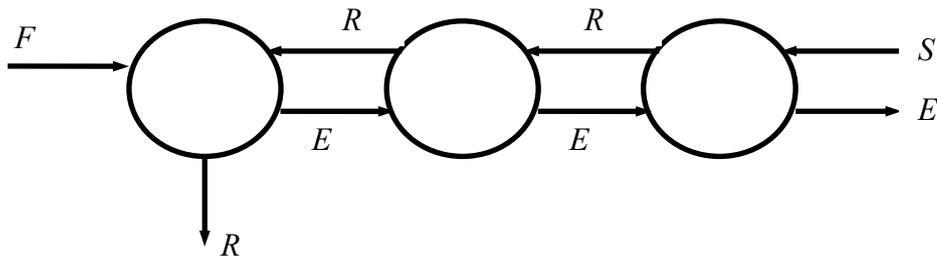
В отстойнике 1 происходит расслаивание рафината и экстракта.

#### 1. Многоступенчатая экстракция при перекрестном токе.



Взаимодействие с новым экстрагентом происходит в каждом аппарате, рафинат удаляется также из каждого аппарата.

#### 3. Противоточный способ экстракции



### Конструкции жидкостных экстракторов

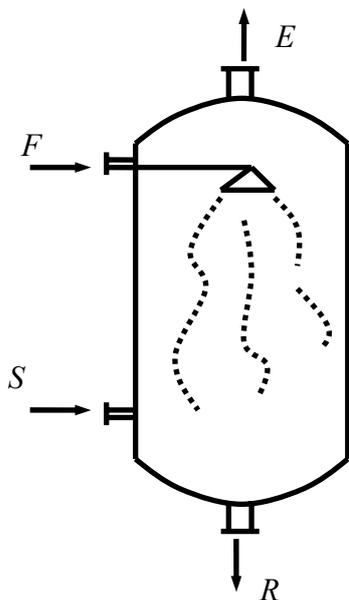


Рис.. Полный распыливающий аппарат

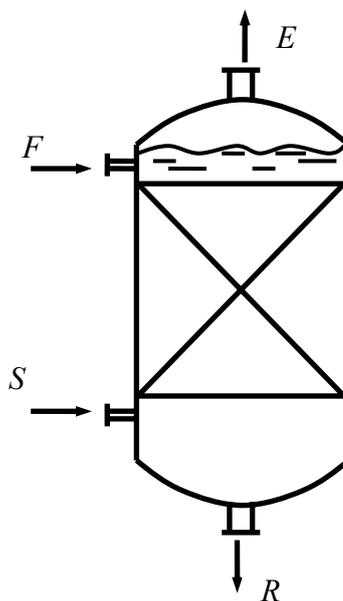


Рис... Насадочный экстрактор

Фаза  $F$  распределяется в виде капель в сплошной  $S$ . Эффективность работы аппарата зависит от размера капель и скорости относительного движения фаз. Как правило, КПД таких аппаратов низкий. Для повышения эффективности экстракторов в аппаратах устанавливают насадочные слои. Материал насадки выбирают исходя из того, чтобы он смачивался преимущественно сплошной фазой. Часто используют фарфоровые или металлические кольца Рашига.

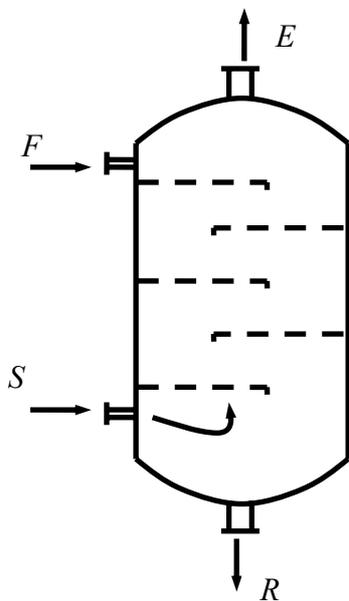


Рис.... Экстрактор с ситчатыми тарелками

Рассмотренные экстракторы относятся к гравитационным (без подвода внешней энергии), кроме аппарата с мешалкой. Для повышения эффективности процесса экстракции в контактирующие фазы вводят внешнюю энергию путем вибраций или пульсационного движения. Вибрационные или пульсационные взаимодействия повышают интенсивность дробления капель и процесс идет наиболее эффективно. На валу находятся диски с перфорацией или другими элементами, которые способствуют дроблению капель. Кроме этого, вдоль стенок установлены отражательные перегородки.

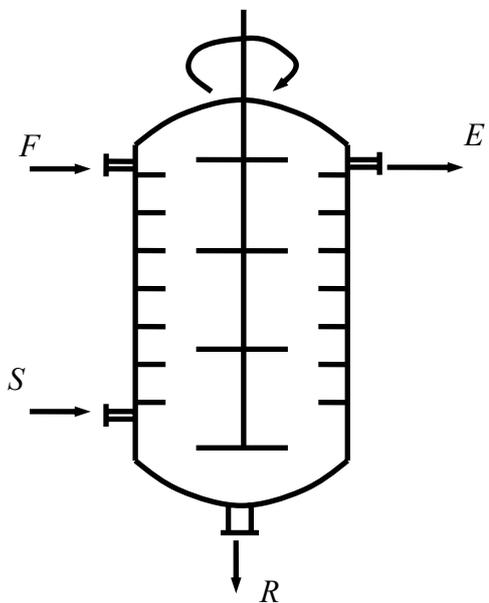


Рис....Схема роторно – дискового экстрактора

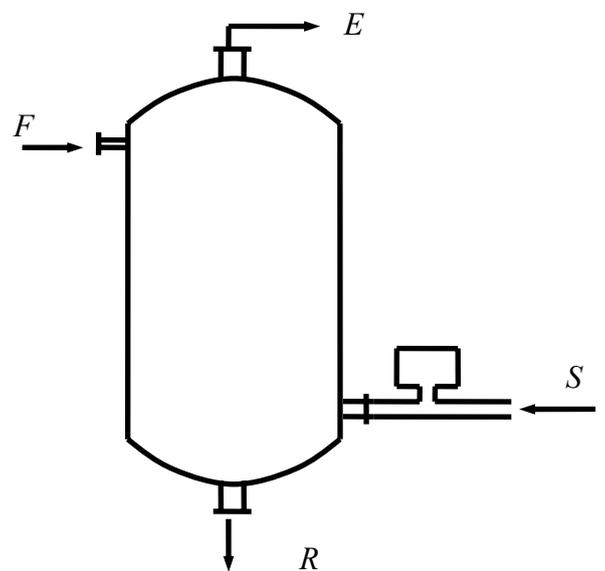


Рис... Пульсационные экстракторы

В пульсационных аппаратах на один из потоков накладывают пульсационное движение.

## Порядок расчета экстракторов

1. Первоначально составляется материальный баланс установки:

$$F+S=E+R$$

2. Находятся равновесные характеристики смеси по треугольной диаграмме и вычисляется движущая сила процесса.

Важным этапом при расчете жидкостных экстракторов является определение коэффициентов массоотдачи в сплошной и дисперсной фазах при движении капель. В сплошной фазе часто используется модель диффузионного пограничного слоя или модель проникания или обновления поверхности (Хигби).

Для сферических капель эти модели дают почти одинаковые результаты:

$$\beta_c = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{D \cdot U_{\text{ср}}}{\pi \cdot d_k}}$$

где  $D$  – коэффициент диффузии;  $U_{\text{ср}}$  – скорость движения капель;  $d_k$  – диаметр капли.

При расчете коэффициентов массоотдачи в дисперсной фазе, т.е. в капле, необходимо учитывать, что процесс нестационарный, т.е. зависит от времени движения капли. Для этого используются различные нестационарные модели, которые для крупных капель дают незначительную погрешность.

3. Определяют коэффициент массопередачи, необходимый для заданной степени извлечения компонента. Далее определяют площадь  $F$ :

$$F = \frac{M}{K \cdot \Delta C}$$

где  $M$  – масса компонента;  $\Delta C$  – разность концентраций (движущая сила процесса).

При расчете экстракторов важно рассчитать скорость захлебывания, иначе сплошная фаза будет уносить дисперсную.