



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Абсорбция

к.т.н., старший преподаватель
НОЦ им. Кижнера
Богданов Илья Александрович

среда, 15 октября 2025 г.



АБСОРБЦИЯ

Абсорбция – процесс избирательного поглощения жидкостью газов или паров из газовых смесей.



Различают абсорбцию **физическую** и **химическую** (хемосорбцию)

Физическая абсорбция

Физическая абсорбция обусловлена только силами Ван-дер-Ваальса

Химическая абсорбция (хемосорбция)

Кроме физического растворения газа происходит его химическое взаимодействие с жидкостью

Газовый компонент, поглощаемый жидкостью при абсорбции, называют **абсорбатом**.

Жидкость, в которой растворяется абсорбат, называется **абсорбентом**.

Аппараты для проведения абсорбции называются **абсорберами**.

Газовая смесь, поступающая в абсорбер на разделение, называется **исходной**, газовая смесь на выходе из абсорбера – **очищенной**.

Жидкая фаза, подаваемая в абсорбер, называется **свежим абсорбентом**, а жидкая фаза на выходе из абсорбера – **отработанным абсорбентом**.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССА АБСОРБЦИИ



Абсорбция проводится для:

- получения товарных продуктов (серной кислоты из SO_3 , соляной кислоты при поглощении HCl водой)
- для извлечения из газовых смесей компонентов, которые являются ценными товарными продуктами или полупродуктами производства (бензол из коксового газа, ацетилен из крекингowego газа)
- для улавливания вредных примесей из технологических газов (соединений серы как каталитических ядов)
- для улавливания ценных компонентов из газовых выбросов (паров растворителей из газов, отходящих из сушильных камер покрасочных участков)
- для очистки газовых выбросов от вредных веществ (сероводорода, окислов азота и т.д.), для дезодорации

Абсорбция – обратимый процесс. Обратный абсорбции процесс называют **десорбцией. При десорбции можно получить абсорбат в чистом виде либо регенерировать абсорбент, подготовив его таким образом к повторному использованию.*



АБСОРБЕНТЫ

Требования к абсорбентам:

- селективность (избирательная способность к поглощению заданных компонентов газовой смеси)
- высокая поглотительная способность (емкость по абсорбату)
- пассивность к разделяемым средам, конструкционным материалам
- активность к абсорбату (**при хемосорбции**)
- достаточная собственная химическая стойкость
- достаточно высокая термостойкость (при необходимости проведения термической регенерации)
- низкая летучесть паров (для предотвращения значительных потерь за счет собственного испарения)
- малая вязкость (обеспечиваются низкие расходы на транспортировку)
- безопасность в обращении (нетоксичность, негорючесть, неедкость)
- доступность и дешевизна
- хорошая регенерируемость



АБСОРБЕРЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ

Как и другие процессы массопередачи, абсорбция протекает на поверхности раздела фаз. Поэтому абсорберы должны иметь развитую поверхность соприкосновения между жидкостью и газом.

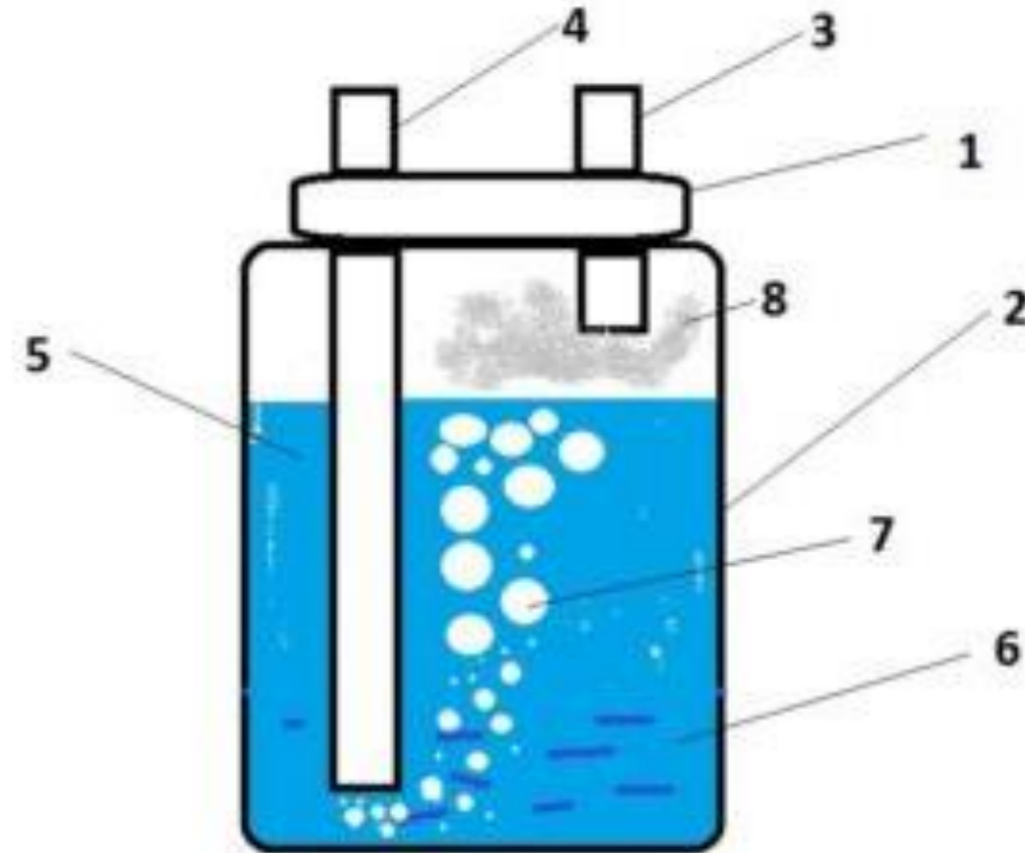


ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

По способу образования этой поверхности абсорберы можно условно разделить на следующие группы:

- поверхностные
- пленочные
- насадочные
- барботажные (тарельчатые)
- распыливающие

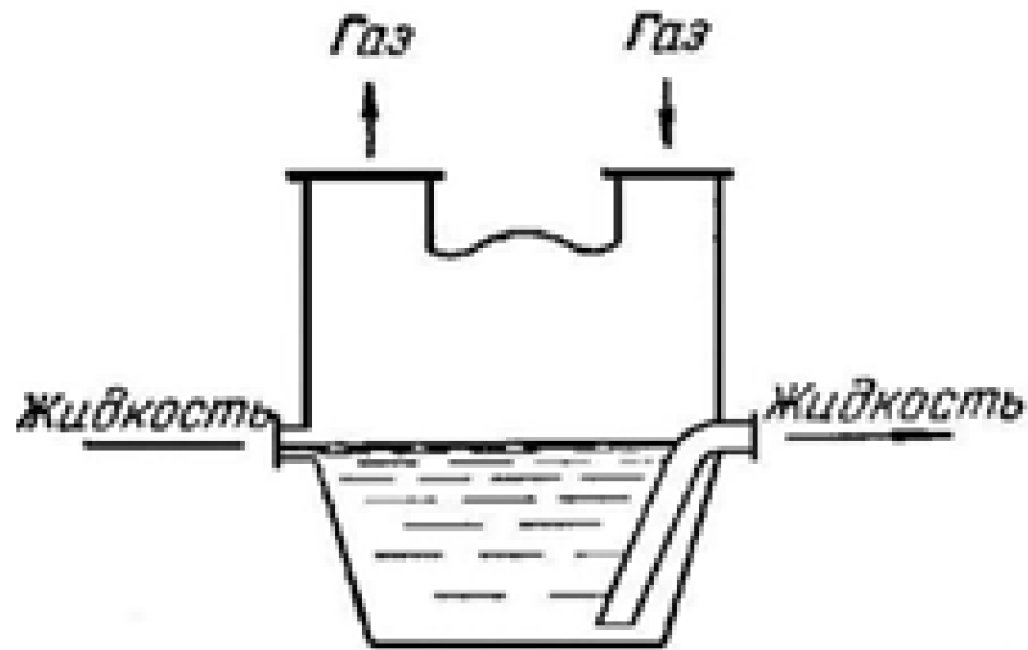
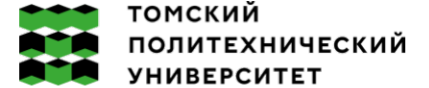
Абсорбция с точки термодинамики является экзотермическим процессом. Абсорбат после растворения в абсорбенте переходит в жидкое состояние, в результате чего выделяется теплота конденсации.



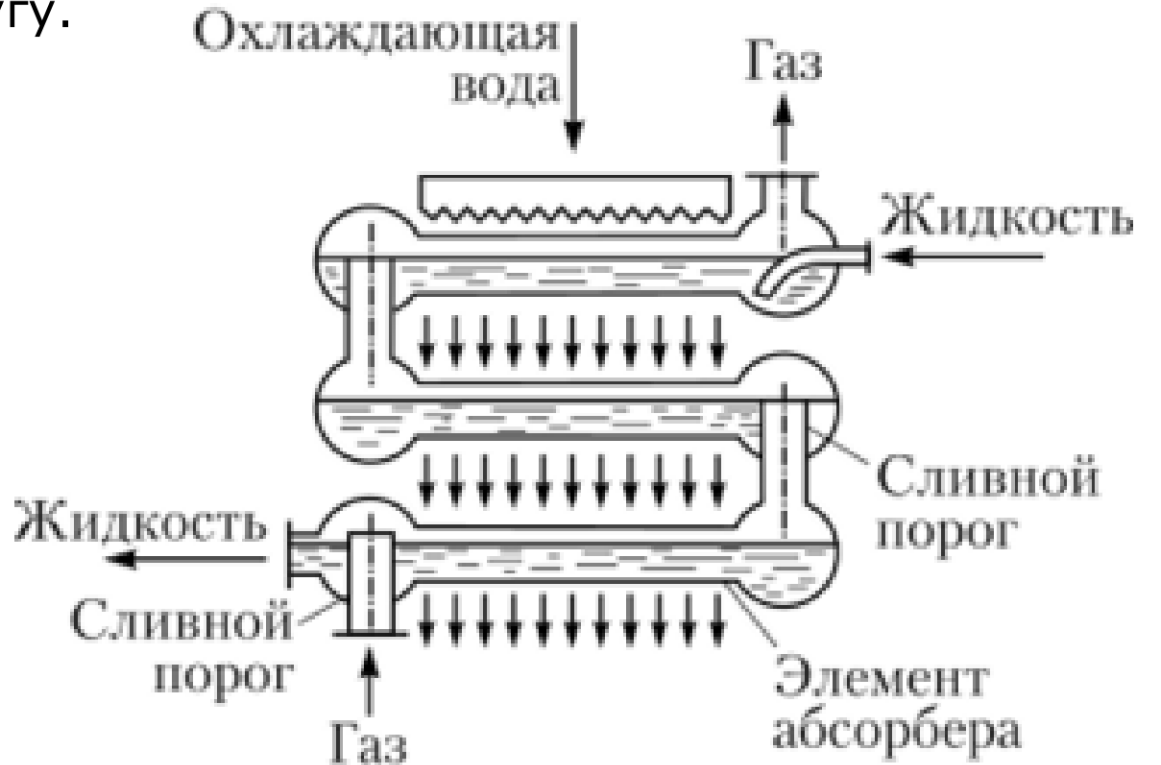
Следует отметить, большинство конструкций аппаратов, применяемых для проведения процесса абсорбции, весьма широко применяются и для проведения других массообменных процессов.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ АБСОРБЕРЫ

Поверхностные абсорберы используют для поглощения хорошо растворимых газов (например, для поглощения хлористого водорода водой). В них газ проходит над поверхностью неподвижной или медленно движущейся жидкости. Так как поверхность соприкосновения в таких абсорберах мала, то устанавливают несколько последовательно соединенных аппаратов, в которых газ и жидкость движутся противотоком друг к другу.



Поверхностный абсорбер

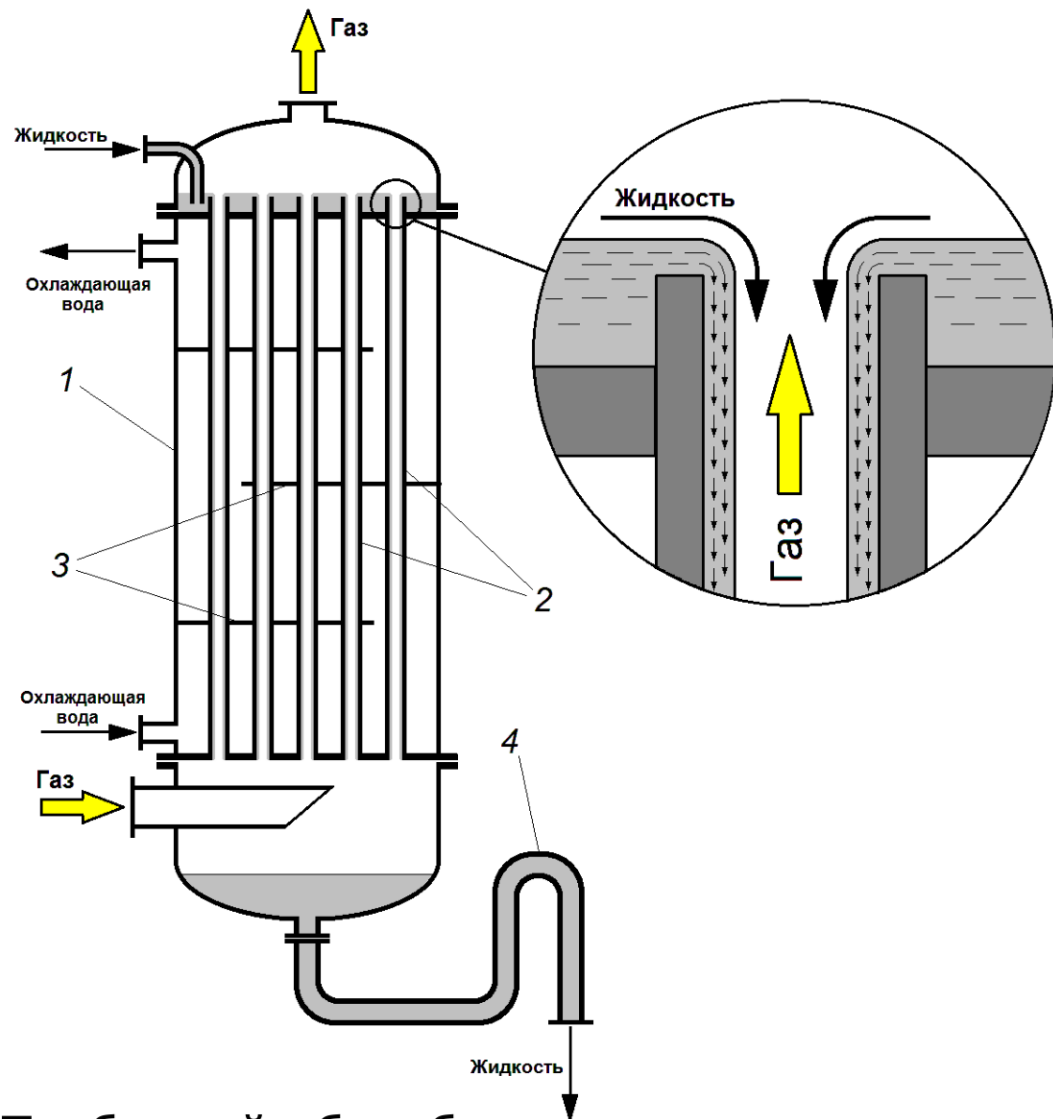


Оросительный абсорбер

Для отвода тепла, выделяющегося при абсорбции, в аппаратах устанавливают змеевики, охлаждаемые водой или другим охлаждающим агентом, либо помещают абсорберы в сосуды с проточной водой.

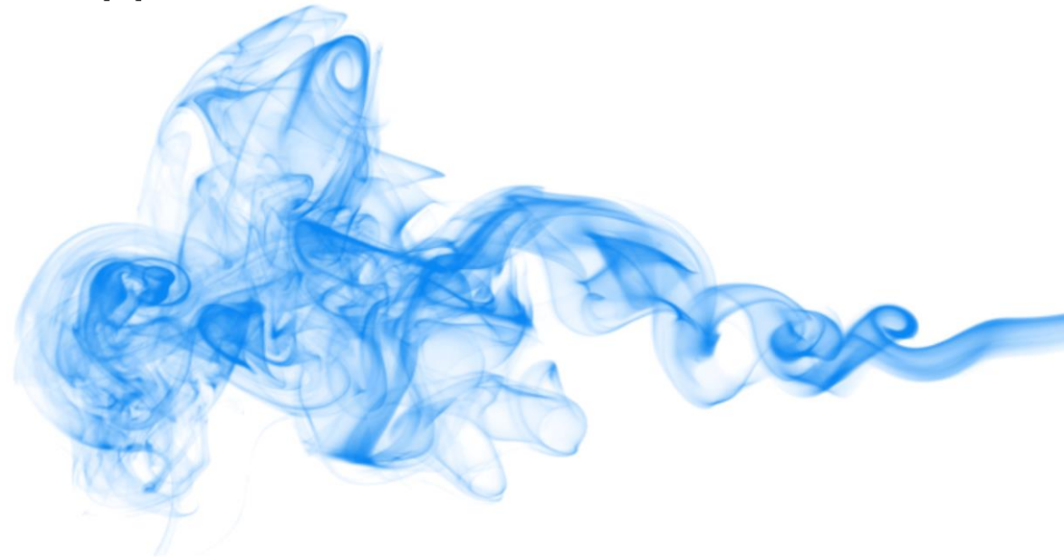
ПЛЕНОЧНЫЕ АБСОРБЕРЫ

В пленочных абсорберах поверхностью контакта фаз является поверхность текущей пленки жидкости. Эти аппараты более эффективны и компактны, чем поверхностные абсорберы.



Различают следующие разновидности аппаратов данного типа:

1. трубчатые абсорберы
2. абсорберы с плоско-параллельной или листовой насадкой
3. абсорберы с восходящим движением пленки жидкости



Трубчатый абсорбер

ПЛЕНОЧНЫЕ АБСОРБЕРЫ

Абсорбер с восходящим движением пленки. В данном абсорбере движущийся с достаточно большой скоростью газ увлекает жидкую пленку в направлении своего движения (снизу вверх), т. е. аппарат работает в режиме восходящего прямотока. На выходе из труб жидкость сливается на верхнюю трубную решетку и выводится из абсорбера. Для отвода тепла абсорбции по межтрубному пространству пропускают охлаждающий агент.

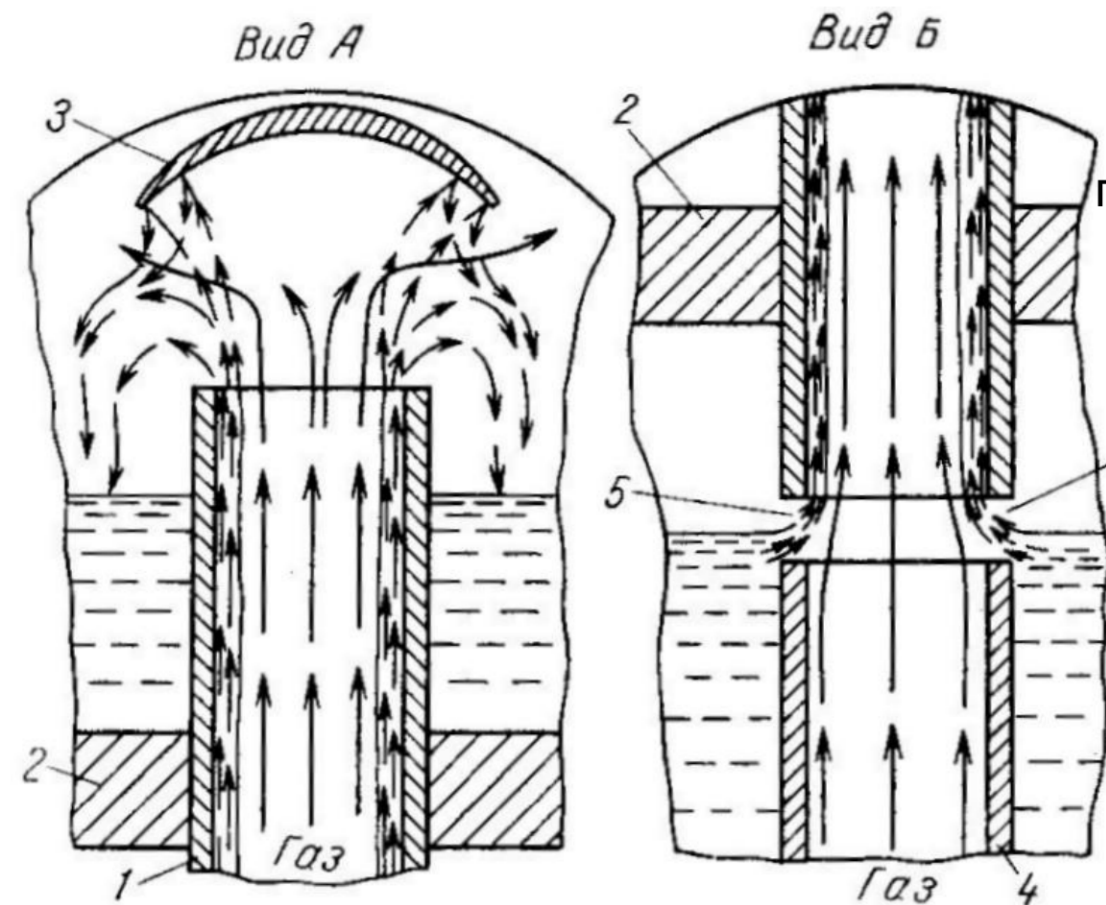
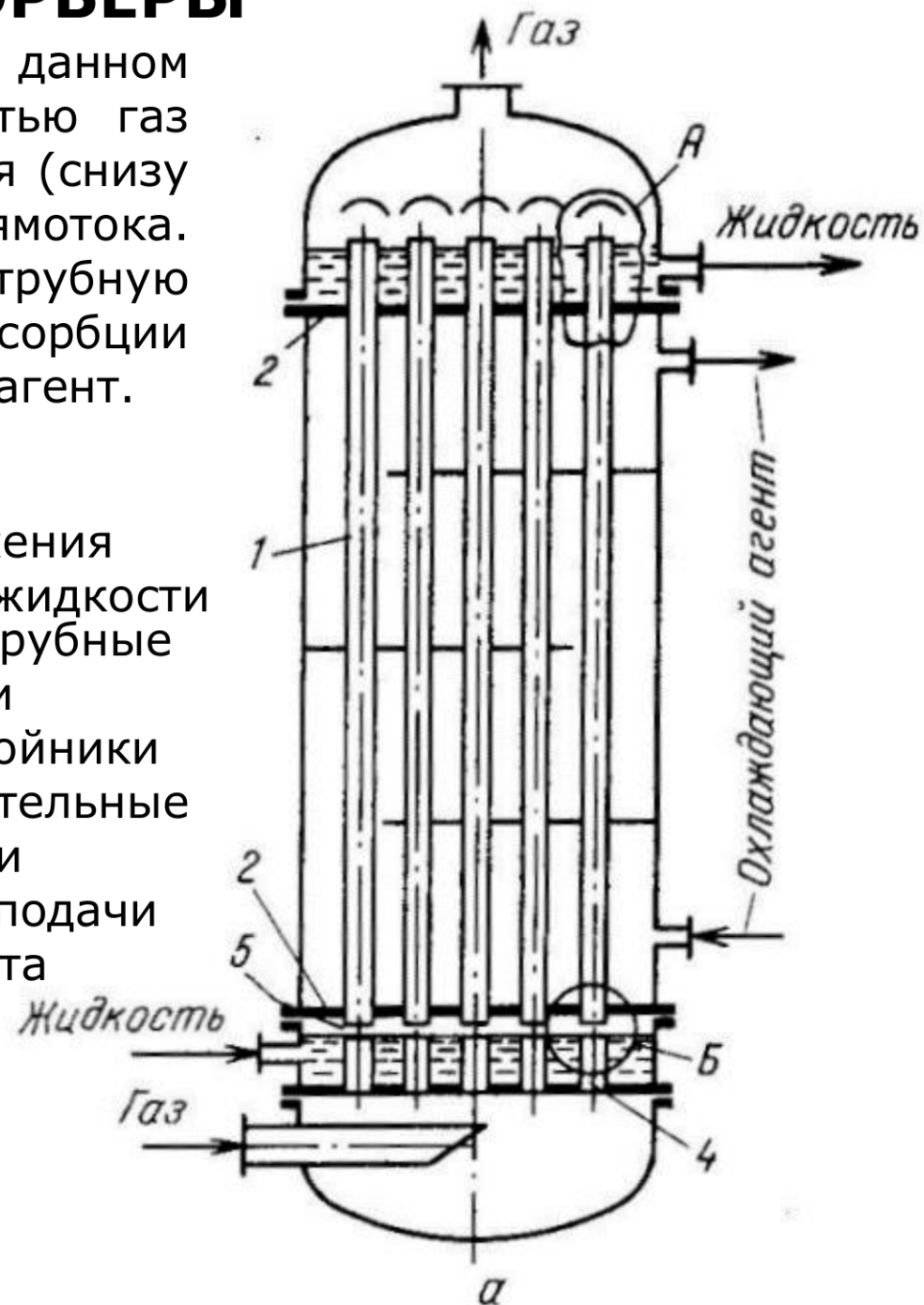
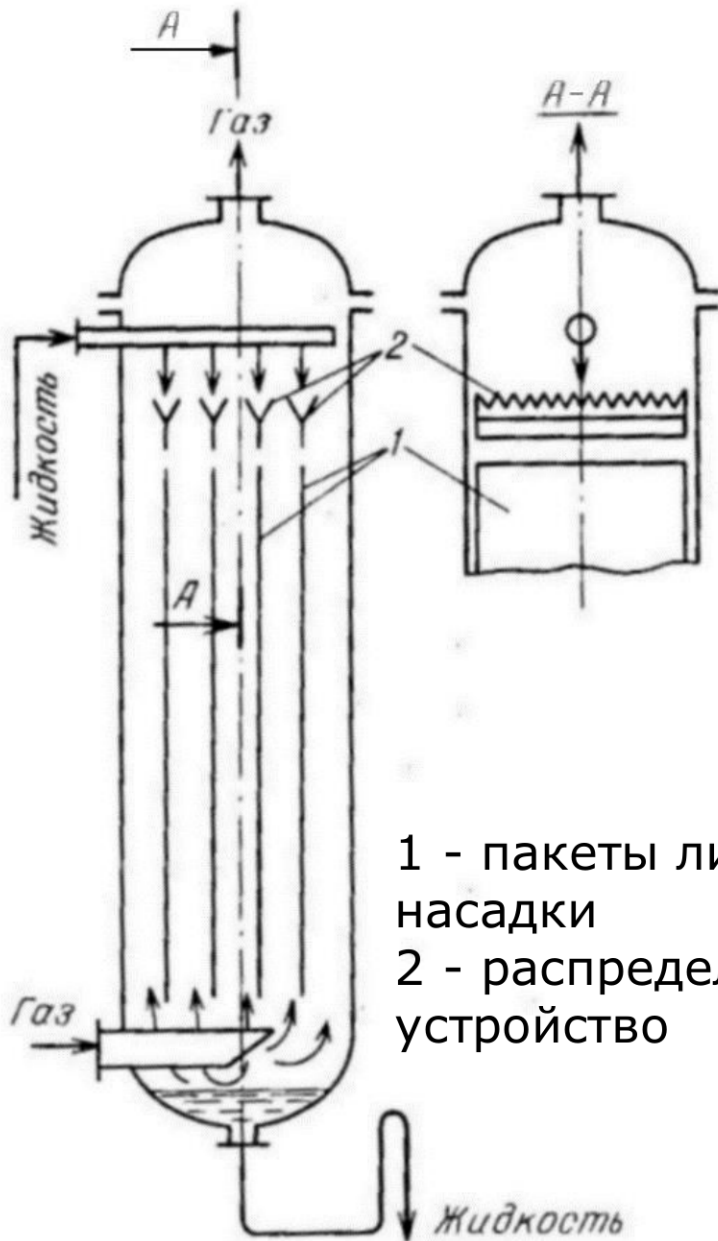


Схема движения потоков газа и жидкости
1 - трубы 2 - трубные решетки
3 - брызгоотбойники
4 - распределительные патрубки
5 - щели для подачи абсорбента

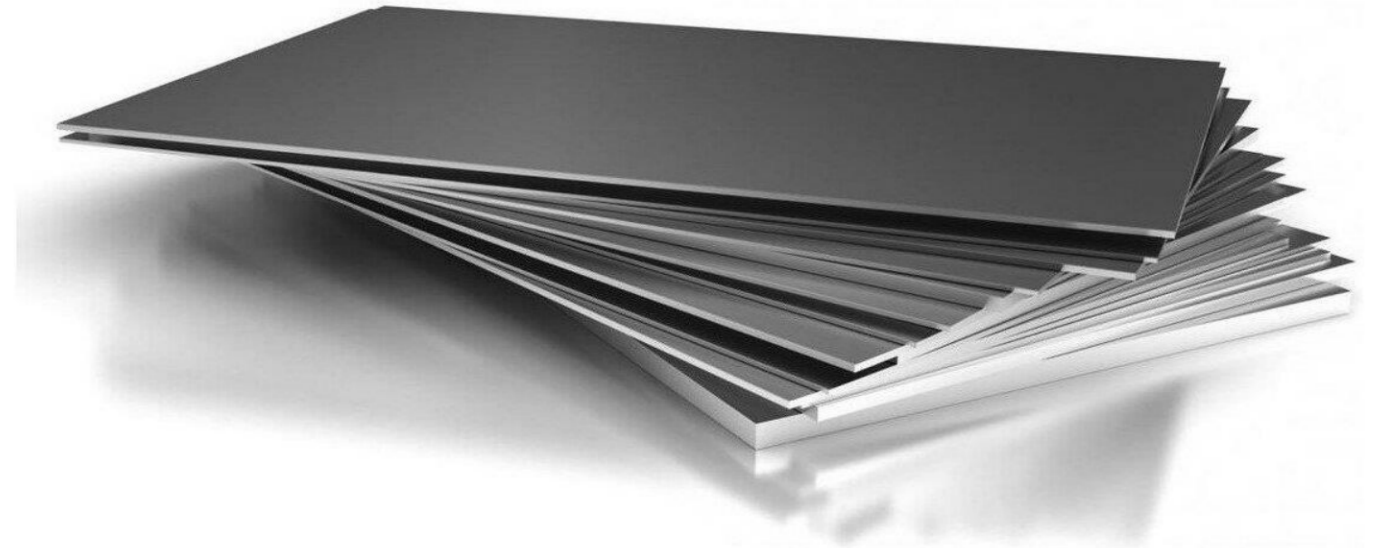


ПЛЕНОЧНЫЕ АБСОРБЕРЫ



- 1 - пакеты листовой насадки
2 - распределительное устройство

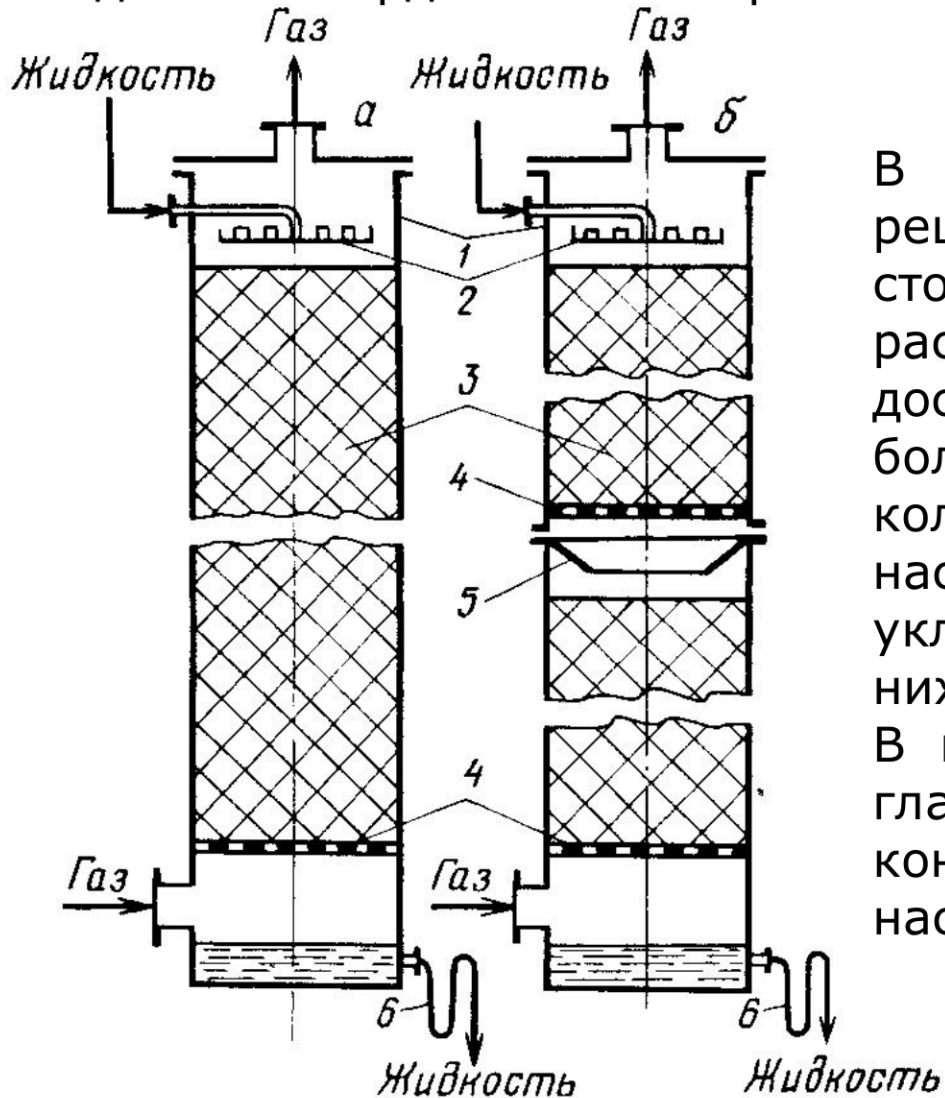
Абсорбер с плоскопараллельной насадкой представляет собой колонну с листовой насадкой в виде вертикальных листов из различного материала (металл, пластические массы и др.) или туго натянутых полотнищ из ткани. В верхней части абсорбера находятся распределительные устройства для равномерного смачивания листовой насадки с обеих сторон.



Абсорбер с плоскопараллельной насадкой

НАСАДОЧНЫЕ АБСОРБЕРЫ

Насадочные абсорберы представляют собой колонные аппараты, заполненные насадкой — твердыми телами различной формы.

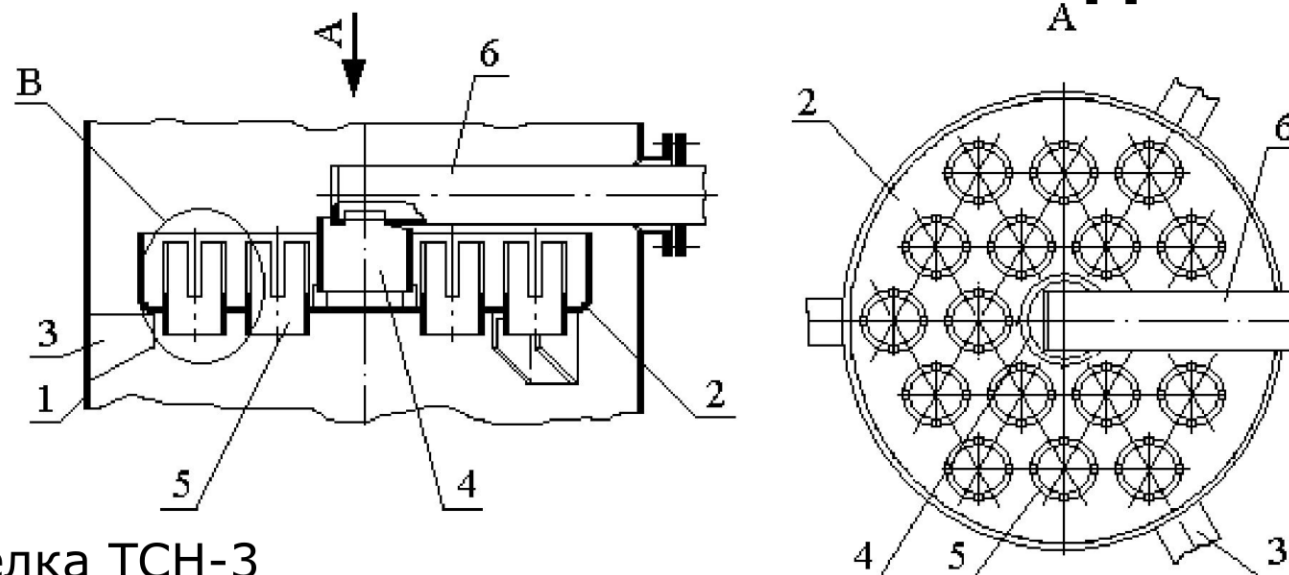


В насадочной колонне насадка укладывается на опорные решетки, имеющие отверстия или щели для прохождения газа и стока жидкости. По всей высоте слоя насадки равномерное распределение жидкости по сечению колонны обычно не достигается, что объясняется пристеночным эффектом — большей плотностью укладки насадки в центральной части колонны, чем у ее стенок. Поэтому для улучшения смачивания насадки в колоннах большого диаметра насадку иногда укладывают слоями (секциями) и под каждой секцией, кроме нижней, устанавливают перераспределители жидкости.

В насадочной колонне жидкость течет по элементу насадки главным образом в виде тонкой пленки, поэтому поверхностью контакта фаз является в основном смоченная поверхность насадки.

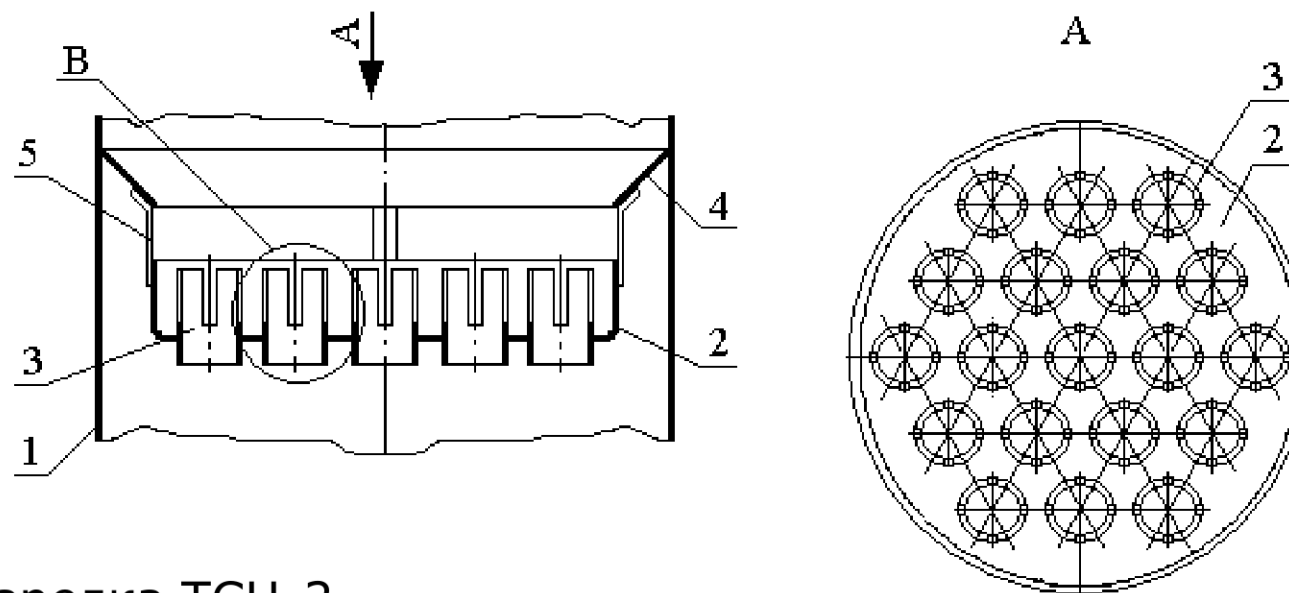
а - со сплошным слоем насадки; б - с секционной загрузкой насадки: 1-корпуса 2 - распределители жидкости 3 - насадка 4 - опорные решетки 5 - перераспределитель жидкости

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА В НАСАДОЧНЫХ КОЛОННАХ



Распределительная тарелка ТСН-3

1 – корпус аппарата 2 – основание тарелки 3 – кронштейн 4 – стакан 5 – патрубок 6 – труба подачи жидкости



Перераспределительная тарелка ТСН-2

1 – корпус аппарата 2 – основание тарелки 3 – патрубок 4 – конус 5 – кронштейн

НАСАДКИ

Насадка – твердые тела различной формы используемые в колоннах главным образом для увеличения поверхности контакта фаз



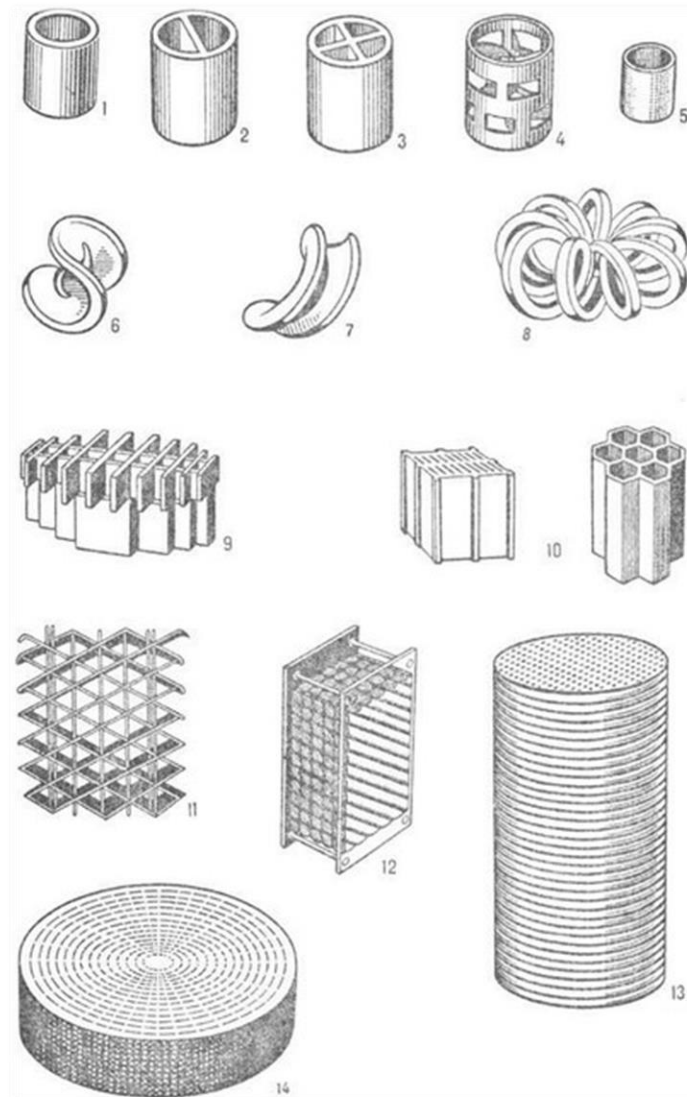
Основными характеристиками насадки являются ее удельная поверхность a ($\text{м}^2/\text{м}^3$) и свободный объем ϵ ($\text{м}^3/\text{м}^3$). Свободный объем для непористой насадки обычно определяют путем заполнения объема насадки водой. Отношение объема воды к объему, занимаемому насадкой, дает ϵ .

Для того чтобы насадка работала эффективно, она должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) обладать большой поверхностью в единице объема
- 2) хорошо смачиваться орошающей жидкостью
- 3) оказывать малое гидравлическое сопротивление газовому потоку
- 4) равномерно распределять орошающую жидкость
- 5) быть стойкой к химическому воздействию жидкости и газа, движущихся в колонне
- 6) иметь малый удельный вес;
- 7) обладать высокой механической прочностью
- 8) иметь невысокую стоимость

Насадок, полностью удовлетворяющих всем указанным требованиям, не существует, так как, например, увеличение удельной поверхности насадки влечет за собой увеличение гидравлического сопротивления аппарата и снижение предельных нагрузок.

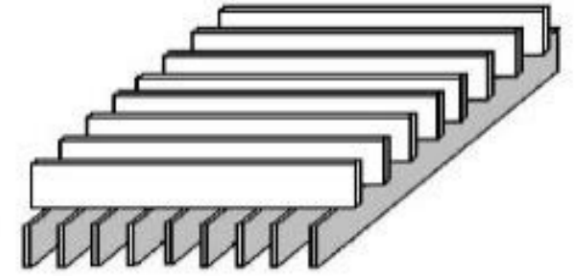
НАСАДКИ



Типы насадок

1. Кольцо Рашига
2. Кольцо Лессинга
3. Кольцо Лессинга с крестообразной перегородкой
4. Кольцо Палля
5. Кольцо Ба-рада
6. Седло Берля
7. Седло Инталлокс
8. Розетка Теллера
9. 9-ти хордовая насадка
10. Керамическая блочная
11. Спрейпак
12. Зувльцера
13. Седмена
14. Гудлоу

Хордовая насадка



В промышленности применяют разнообразные по форме и размерам насадки, которые в той или иной мере удовлетворяют требованиям, являющимся основными при проведении конкретного процесса абсорбции.



Насадки изготавливают из разнообразных материалов (керамика, фарфор, сталь, - пластмассы и др.), выбор которых диктуется величиной удельной поверхности насадки, смачиваемостью и коррозионной стойкостью.