

ЛЕКЦИЯ 10

ТИПЫ АБСОРБЕРОВ

Абсорбция, как и другие процессы массопередачи, протекает на поверхности раздела фаз. Поэтому абсорбционные аппараты должны обеспечивать развитую поверхность контакта между жидкой и газовой фазами. Как следствие, основная классификация абсорберов производится по способу образования этой поверхности (рис. 10-1).

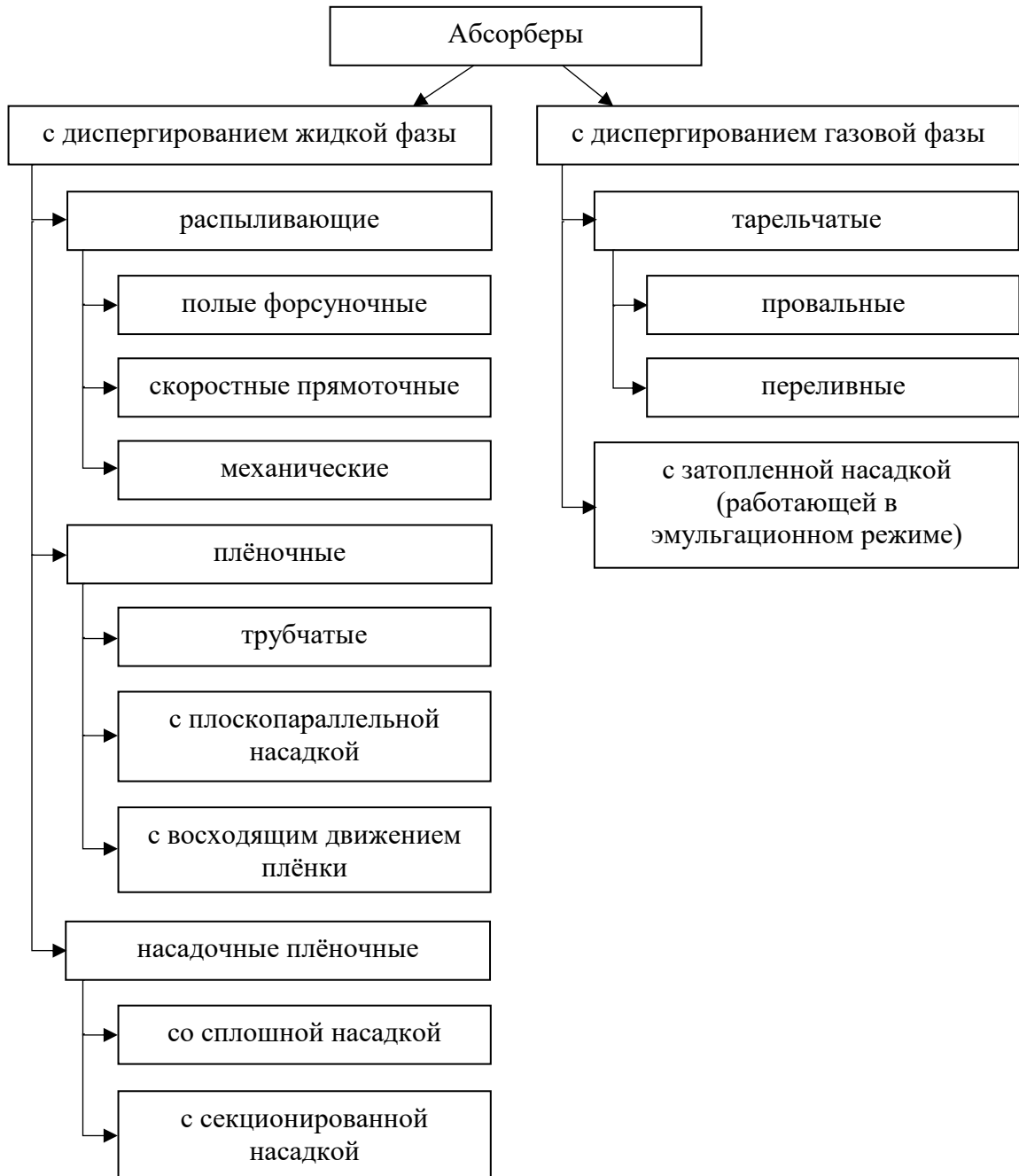


Рис. 10-1. Основные типы абсорберов

В промышленности абсорбцию применяют для решения следующих основных задач:

1) для получения готового продукта, например, абсорбция разбавленной серной кислотой серного ангидрида в производстве серной кислоты, абсорбция водой хлороводорода при получении соляной кислоты, абсорбция водой оксидов азота в производстве азотной кислоты;

2) для выделения ценных компонентов из газовых смесей, например, абсорбция бензола из коксового газа, абсорбция ацетиленов из газов крекинга и пиролиза природного газа; при этом абсорбцию проводят в сочетании с десорбцией;

3) для очистки газов от примесей, например, очистка коксового и нефтяного газов от сероводорода, очистка азотоводородной смеси от угарного и углекислого газа при синтезе аммиака;

4) для осушки газов, например, нефтяного газа и природного газа при их переработке;

5) для очистки газовых выбросов от вредных примесей, например, очистка топочных газов от диоксида серы, очистка от фтористых соединений газов, выделяющихся при производстве минеральных удобрений.

Трубчатый плёночный абсорбер

В плёночных абсорберах поверхностью контакта фаз является поверхность жидкости, текущей по твёрдой вертикальной стенке. К этому виду аппаратов относятся: трубчатые абсорберы, абсорберы с плоскопараллельной или листовой насадкой, абсорберы с восходящим движением плёнки жидкости. Из вышеперечисленных абсорберов наиболее распространены трубчатые абсорберы (рис. 10-2), которые по устройству аналогичны кожухотрубчатому теплообменнику.

Абсорбент поступает на верхнюю трубную решётку, распределяясь по трубам и стекает по их внутренней поверхности в виде тонкой плёнки. Газ движется по трубам снизу вверх навстречу стекающей жидкой плёнке. в случае необходимости отвода теплоты при экзотермической абсорбции в межтрубное пространство абсорбера подают охлаждающую воду.

Достоинства плёночного трубчатого абсорбера:

- 1) низкое гидравлическое сопротивление, по сравнению с насадочными и тарельчатыми;
- 2) высокая движущая сила благодаря структуре потоков, близкой к МИВ;
- 3) возможность отвода теплоты.

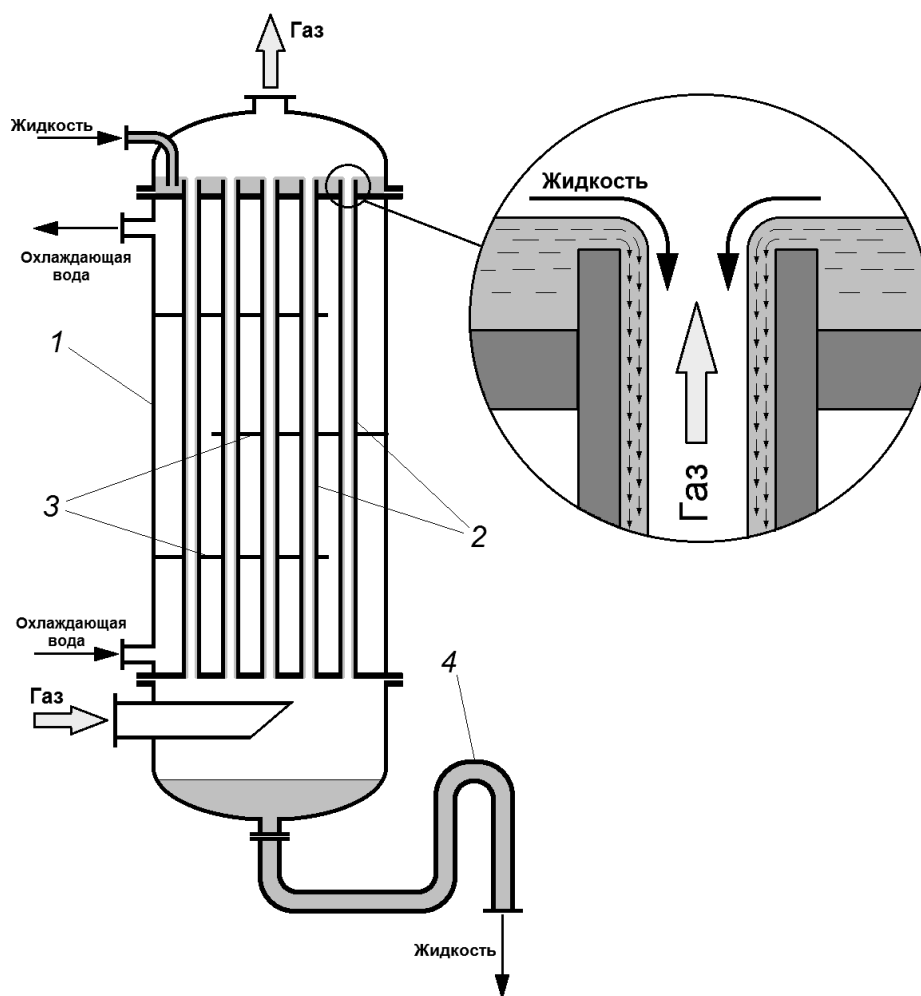


Рис. 10-2. Трубчатый плёночный абсорбер:

1 – корпус; 2 – трубки; 3 – сегментные перегородки; 4 – гидрозатвор

Недостатки плёночного трубчатого абсорбера:

- 1) трудности с осуществлением равномерного распределения жидкости по трубам в виде плёнки;
- 2) низкая площадь поверхности контакта фаз, делающая использование этих абсорберов весьма редким.

Полый распыливающий абсорбер

Полые (форсуночные) распыливающие абсорберы представляют собой полые колонны (рис. 10-3). В этих абсорберах газ движется снизу вверх, а жидкость подаётся через расположенные в несколько горизонтальных рядов форсунки с направлением факела распыла обычно сверху вниз.

Достоинства полых распыливающих абсорберов:

- 1) простота устройства и низкая стоимость;
- 2) низкое гидравлическое сопротивление по газовой фазе, по сравнению с другими типами абсорберов.

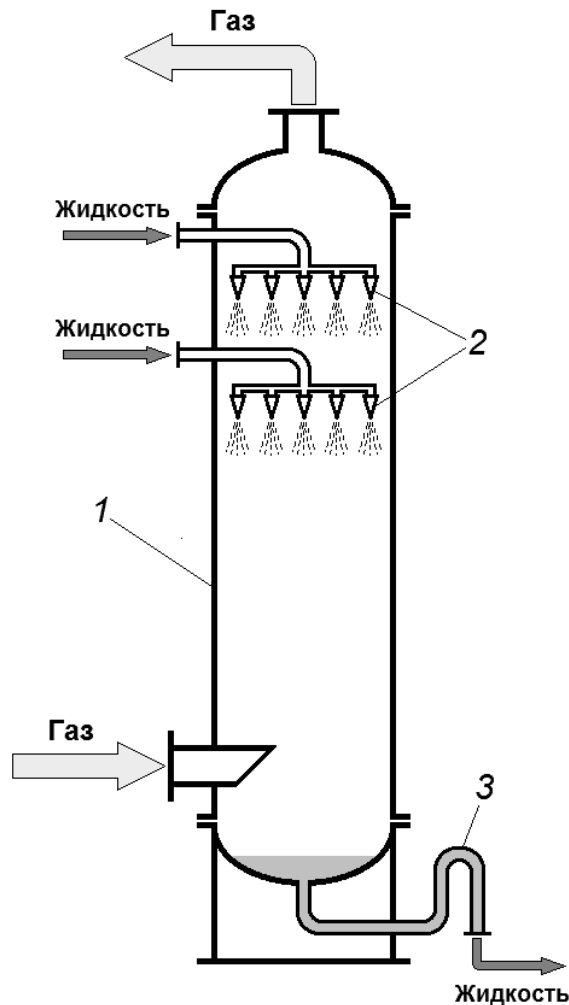


Рис. 10-3. Полный распыливающий абсорбер:

1 – корпус; 2 – форсунки; 3 – гидрозатвор

Недостатки полых распыливающих абсорберов:

- 1) невысокая площадь поверхности контакта фаз, отнесённая к объёму аппарата, и, как следствие, громоздкость;
- 2) высокий расход энергии на распыление жидкости;
- 3) брызгоунос при высоких скоростях газа;
- 4) снижение движущей силы из-за возникновения обратного перемешивания, и, как следствие, невысокая степень разделения.

Абсорбер Вентури

Скоростные прямоточные распыливающие абсорберы отличаются тем, что в случае прямотока процесс можно проводить при высоких скоростях газа, причём вся жидкость уносится с газом и отделяется от него в сепарационном пространстве. К этому типу аппаратов относится абсорбер Вентури (рис. 10-4).

Основной частью абсорбера является труба Вентури. Жидкость поступает в конфуззор, течёт в виде плёнки и в горловине распыляется газовым потоком. Затем жидкость газовым потоком выносится в диффузор, в виде мелких капель, создающих поверхность контакта фаз. Отделение капель от газа происходит в сепараторе.

Достоинства абсорбера Вентури:

- 1) простота конструкции;
- 2) работа при высоких расходах газовой фазы.

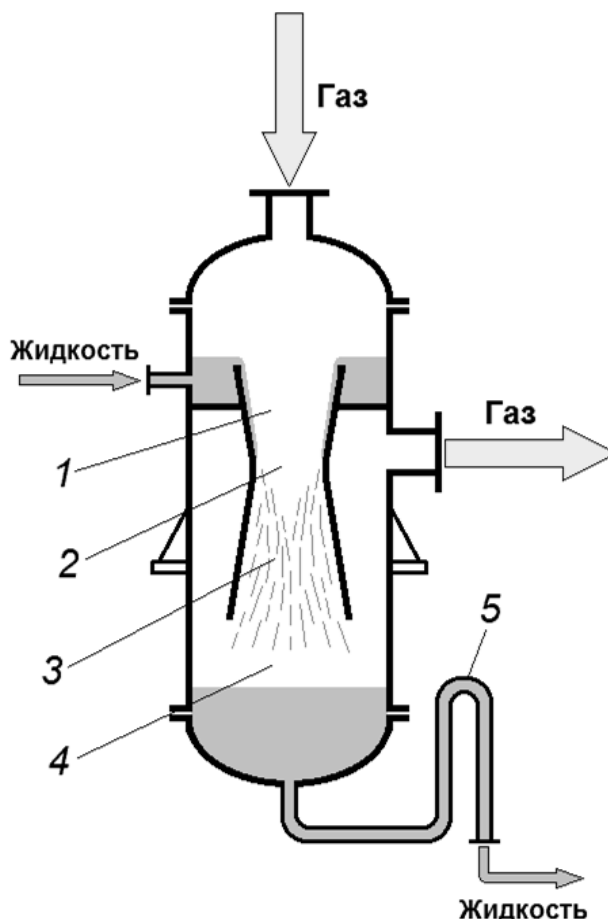


Рис. 10-4. Абсорбер Вентури с плёночным орошением:

1 – конфуззор; 2 – горловина; 3 – диффузор; 4 – сепаратор; 5 – гидрозатвор

Недостатки абсорбера Вентури:

- 1) разделяющая способность вследствие прямотока фаз ограничена возможностью лишь однократного достижения равновесия между фазами;
- 2) малая площадь поверхности контакта фаз на единицу объёма аппарата;
- 3) сравнительно высокое гидравлическое сопротивление.

Насадочный плёночный абсорбер

Насадочные абсорберы, работающие в плёночном режиме (рис. 10-5), получили наибольшее распространение в промышленности. Эти абсорберы представляют собой

полые колонны, заполненные насадкой, которая уложена на опорные решётки. Для улучшения равномерности орошения насадки и предотвращения разрушения хрупких элементов насадки под её весом насадку укладывают слоями. Каждый слой опирается на свою опорную решётку, а между слоями установлены перераспределительные тарелки.

Жидкость в насадочной колонне течёт по элементам насадки в виде тонкой плёнки, поэтому площадь поверхности контакта фаз примерно равна площади смоченной поверхности насадки. Газ подаётся в колонну снизу и движется вверх через свободный объём насадки, контактируя со стекающей плёнкой жидкости.

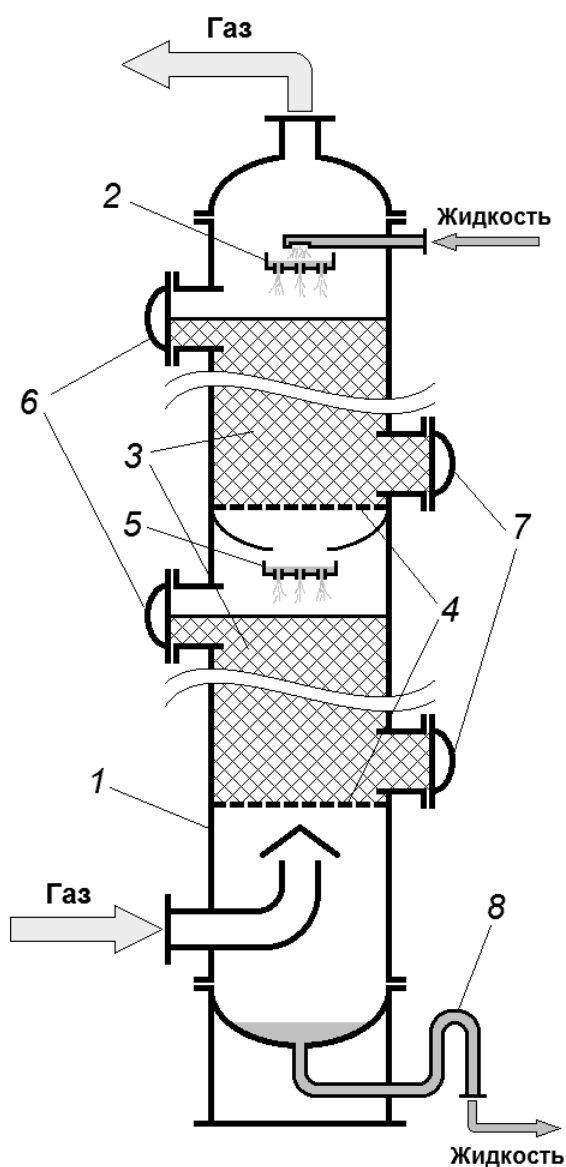


Рис. 10-5. Насадочный плёночный абсорбер:

1 – корпус; 2 – распределительная тарелка; 3 – сегменты насадки;

4 – опорные решётки; 5 – перераспределительные тарелки;

6 – люки для загрузки насадки; 7 – люки для выгрузки насадки; 8 – гидрозатвор

Достоинства насадочного плёночного абсорбера:

- 1) относительно большая площадь поверхности контакта фаз, по сравнению с плёночными трубчатыми и полыми распыливающими абсорберами;
- 2) низкое гидравлическое сопротивление, по сравнению с тарельчатыми абсорберами;
- 3) высокая коррозионная стойкость контактных элементов;
- 4) более простая и менее металлоёмкая конструкция по сравнению с тарельчатыми аппаратами;
- 5) высокая движущая сила благодаря малому продольному перемешиванию.

Недостатки насадочного плёночного абсорбера:

- 1) меньшая поверхность контакта фаз, по сравнению с тарельчатыми барботажными колоннами, и, как следствие, большие объёмы аппаратов;
- 2) плохое смачивание насадки при малых расходах жидкой фазы;
- 3) сложность отвода теплоты при экзотермическом эффекте абсорбции.

Эмульгационный абсорбер с затопленной насадкой

В насадочных аппаратах при больших расходах газовой фазы происходит *инверсия фаз*. До этого сплошной фазой была газовая, а жидкая фаза была дисперсной (распределённой по насадке в виде плёнки). При инверсии происходит обращение фаз – сплошной фазой становится жидкая, а газовая фаза переходит в дисперсное состояние (распределяясь в жидкости в виде пузырьков).

После инверсии фаз насадка переходит в *режим эмульгирования*. В свободном объёме насадки образуется газожидкостная дисперсная система, по внешнему виду напоминающая барботажный слой (пену). Режим эмульгирования начинается в самом узком сечении насадки, плотность засыпки которой всегда имеет некоторую неравномерность. Путём тщательного регулирования подачи газа режим эмульгирования может быть установлен по всей высоте насадки. Данный режим отличается высоким гидравлическим сопротивлением. Кроме того, режим эмульгирования сложно поддерживать, поскольку мал интервал изменения скоростей газа, при которых режим сохраняется. Всё это резко ограничивает применение режима эмульгирования на практике.

Режим эмульгирования соответствует максимальной эффективности насадочных колонн преимущественно вследствие увеличения площади поверхности контакта фаз, которая в этом режиме определяется не поверхностью насадки, а межфазной поверхностью образующейся газожидкостной дисперсии, заполняющей весь свободный объём насадки. В насадочных колоннах без специальных устройств поддерживать режим эмульгирования

очень трудно, так как мал интервал изменения скоростей газа, при котором колонна работает в этом режиме. Поэтому разработана специальная конструкция эмульгационной насадочной колонны (рис. 10-6), в которой насадка погружена в жидкость – затоплена.

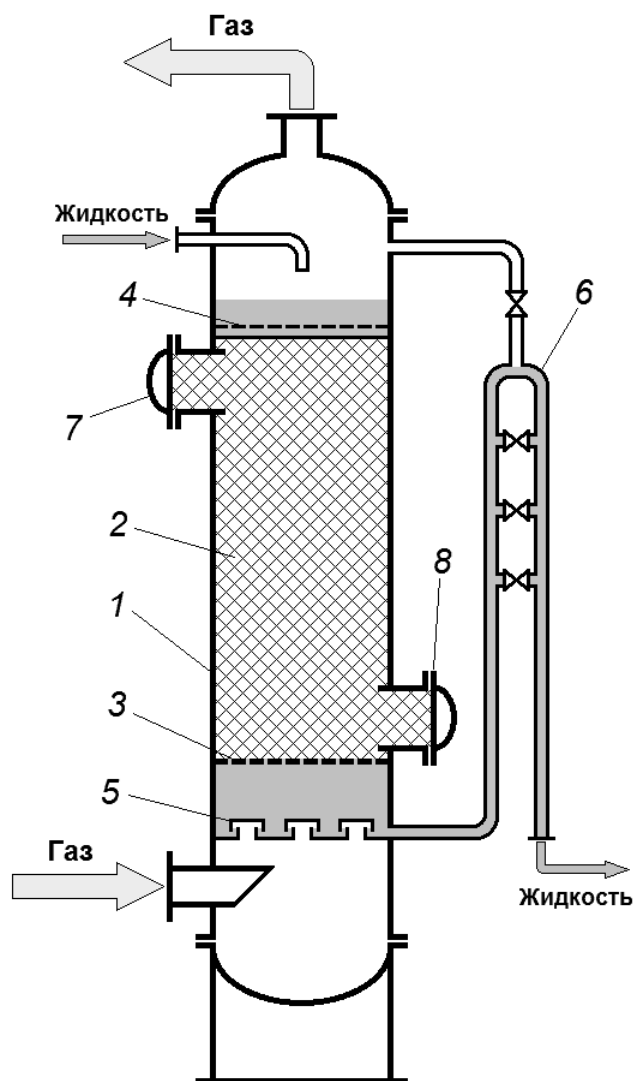


Рис. 10-6. Эмульгационный абсорбер с затопленной насадкой:

- 1 – корпус; 2 – насадка; 3 – опорная решётка; 4 – сетка, фиксирующая насадку;
5 – газораспределительная тарелка; 6 – гидрозатвор; 7 – люк для загрузки насадки;
8 – люк для выгрузки насадки

Достоинства эмульгационного абсорбера с затопленной насадкой:

- 1) высокая движущая сила благодаря незначительному продольному перемешиванию из-за наличия насадки;
- 2) возможность работы в широком интервале расходов фаз (возможность работы при низком расходе жидкой фазы является преимуществом перед насадочными плёночными абсорберами, при низком расходе газовой фазы – перед тарельчатыми абсорберами).

Недостатки эмульгационного абсорбера с затопленной насадкой:

- 1) высокое гидравлическое сопротивление;
- 2) сложность отвода теплоты в случае высокого экзотермического эффекта абсорбции.

Тарельчатый абсорбер

В тарельчатых абсорберах поверхность контакта фаз больше, чем у других абсорберов. Однако для абсорбера большую роль играет его гидравлическое сопротивление, при высоком его значении энергетические затраты на транспортировку газа становятся недопустимо большими. Высокое гидравлическое сопротивление тарельчатых абсорберов ограничивает их применение. Поэтому из всех тарельчатых аппаратов наибольшее распространение в качестве абсорберов получили аппараты с провальными решетчатыми тарелками (рис. 10-7), гидравлическое сопротивление которых не столь велико. Абсорбер с провальными решетчатыми тарелками – это противоточный аппарат со ступенчатым контактом фаз, где поверхность контакта фаз образуется за счёт барботажа газа через слой жидкости на тарелках.

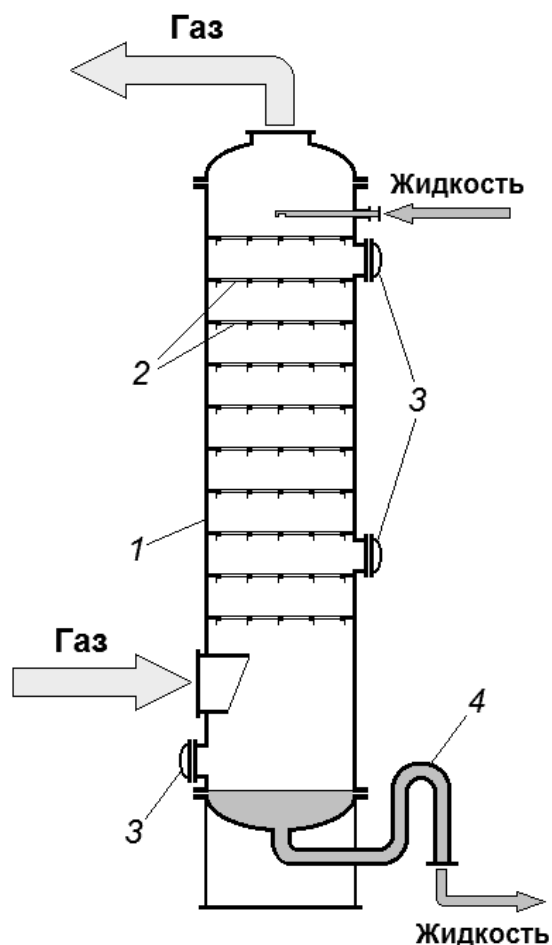


Рис. 10-7. Абсорбционная колонна с решетчатыми тарелками:

1 – корпус; 2 – тарелки; 3 – люки для обслуживания; 4 – гидрозатвор

Достоинства абсорбера с провальными решетчатыми тарелками:

- 1) большая поверхность контакта фаз на единицу объёма аппарата;
- 2) возможность работы при небольших расходах жидкости, в отличие от насадочных плёночных абсорберов;
- 3) возможность отвода теплоты путём установки на тарелках трубочки, по которой движется охлаждающая вода.

Недостатки абсорбера с провальными решетчатыми тарелками:

- 1) высокое гидравлическое сопротивление (ниже, чем у других тарелок, но выше, чем у насадки, работающей в плёночном режиме);
- 2) невозможность работы при низких расходах газовой фазы из-за того, что при низком расходе газа жидкость не удерживается на тарелке, стекая через отверстия, и барботажный слой не образуется.

Схемы абсорбционно-десорбционных установок

Схемы промышленных абсорбционных установок можно разделить на две основные группы:

- 1) с однократным использованием абсорбента (т.е. десорбция поглощённых компонентов не производится);
- 2) с многократным использованием абсорбента (т.е. с регенерацией абсорбента десорбцией).

Схемы с однократным использованием абсорбента (рис. 10-8) применяют, когда продуктом абсорбции является газовая смесь, очищенная от абсорбтива, поэтому извлечение абсорбтива из абсорбента не требуется. Схемы с однократным использованием абсорбента часто применяются при очистке газов от вредных примесей. При этом поглотитель должен быть недорогим, а концентрация поглощаемых примесей незначительной. Тогда использованный поглотитель можно не десорбировать, а применять для каких-то иных целей или сбрасывать его как отход (если это допустимо по санитарным нормам).

Схемы с многократным использованием абсорбента применяют в промышленности намного чаще. На рис. 10-9 представлена схема абсорбционной установки с десорбцией абсорбента и его рециркуляцией. Десорбция осуществляется в противоточной насадочной колонне путём повышения температуры и понижения давления. Для более полной десорбции организована отдувка абсорбтива в десорбере инертным носителем.

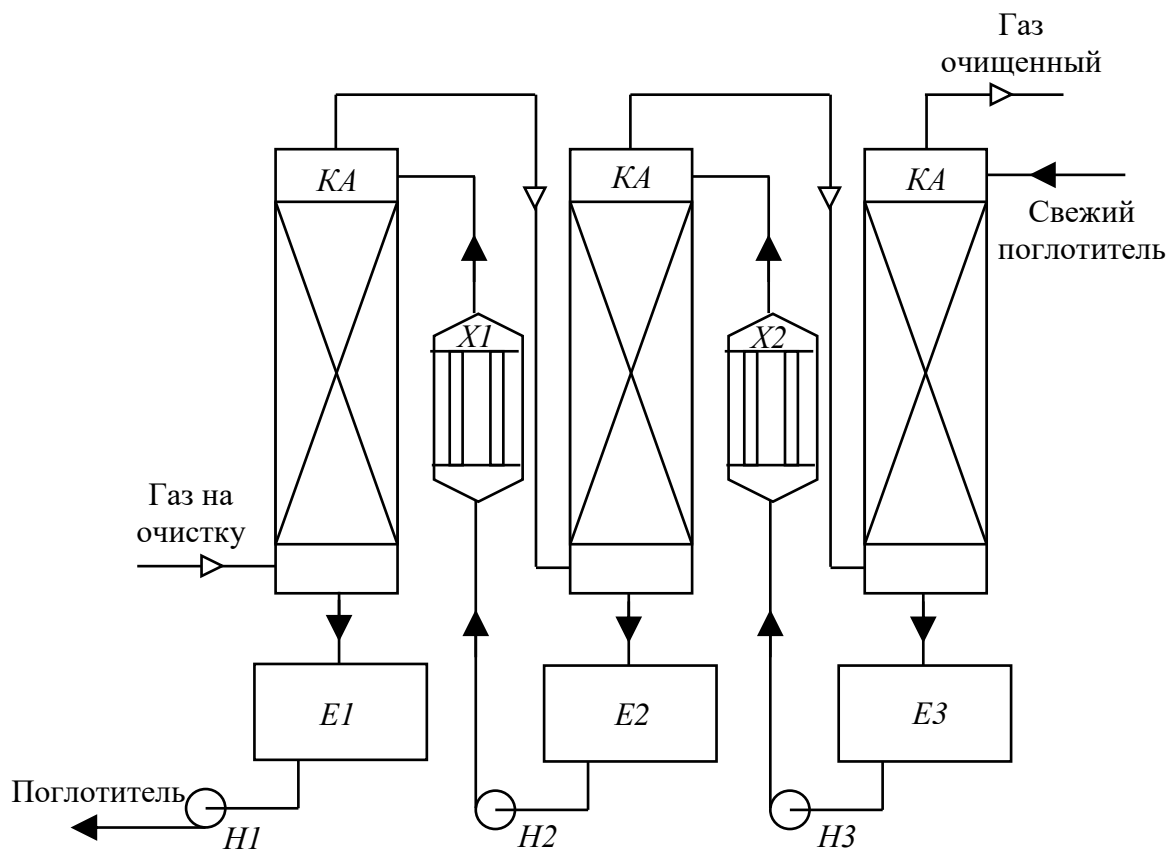


Рис. 10-8. Противоточная многоступенчатая абсорбционная установка с последовательным соединением абсорберов и промежуточным подогревом: *KA* – колонны абсорбционные, *X* – холодильники, *E* – ёмкости, *H* – насосы

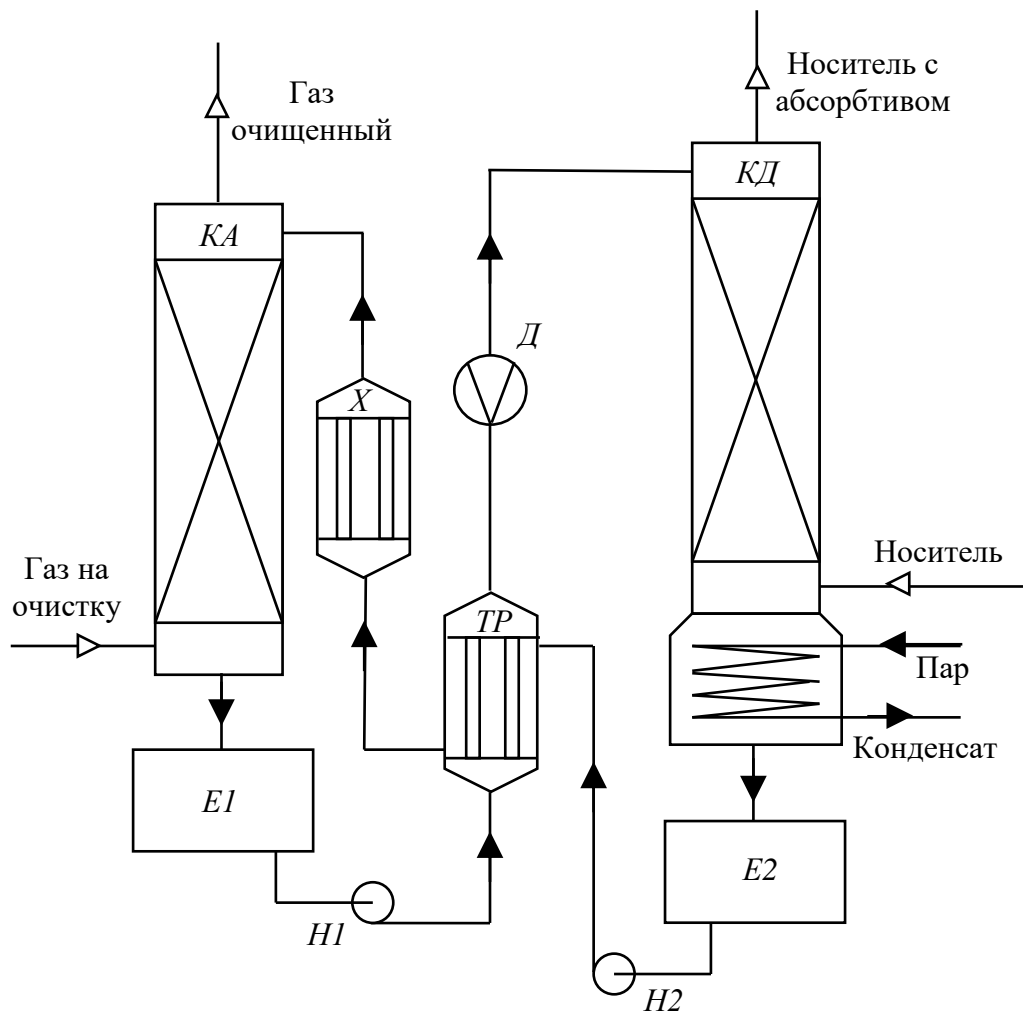


Рис. 10-9. Одноступенчатая абсорбционная установка с регенерацией абсорбента:

КА – колонна абсорбционная, *КД* – колонна десорбционная, *Д* – дроссель,

ТР – теплообменник-рекуператор, *Х* – холодильник, *Е* – ёмкости, *Н* – насосы