

## Содержание

Введение .....	2
<b>1. Монтаж внутренних устройств колонных аппаратов .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Внутренние устройства массообменных аппаратов (колонное оборудование) .....</b>	<b>8</b>
3. Технология изготовления и сборки колонных аппаратов.....	13
4. Царговые и цельносварные колонные аппараты. Понятие о базовом диаметре. ....	19
5. Насадочные массообменные аппараты .....	24
<b>6. Типы насадок и правила засыпания (укладки). ....</b>	<b>25</b>
Заключение.....	31
Список используемой литературы и сайты .....	32

## Введение

Колонные аппараты предназначены для проведения различных химико-технологических процессов в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности. Большая часть из них применяется для осуществления процессов массообмена (ректификация, дистилляция, абсорбция, десорбция, экстракция и т.д.)

Колонные аппараты относятся к сосудам. Основными составными частями являются корпус и опора.

Сосуд – герметически закрытая емкость, предназначенная для ведения химических, тепловых и других технологических процессов, а также для хранения и транспортировки газообразных, жидких и других веществ. Границей сосуда являются входные и выходные штуцера.

Корпус – основная сборочная единица, состоящая из обечайек и днищ.

Обечайка – цилиндрическая оболочка замкнутого профиля, открытая с торцов.

Днище – неотъемлемая часть корпуса сосуда, ограничивающая внутреннюю полость с торцов.

Опора – устройство для установки сосуда в рабочем положении и передачи нагрузок от сосуда на фундамент или несущую конструкцию.

Колонные аппараты обычно оснащаются массообменными устройствами (тарелками или насадками – насыпными и регулярными), опорными решетками (тарелками) под насадку, люками, кранами-укосинами, штуцерами и т.д.

Для равномерного распределения жидкости и газа (пара) также применяют распределители различных конструкций, а для предотвращения уноса капель жидкости с восходящим потоком, используют отбойники различных конструкций.

Аппараты изготавливают в соответствии с требованиями к конструированию, изготовлению, приемке, методам контроля и поставке колонных аппаратов.

Аппараты устанавливают в помещении или на открытой площадке со средней температурой наиболее холодной пятидневки до - 45°C и ветровой нагрузкой, соответствующей I – IV районам территории бывшего СССР по скоростному напору, с сейсмичностью до 6 баллов.

Климатическое исполнение аппаратов УХЛ (для макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом) по ГОСТ 15150-69.

Колонные аппараты можно транспортировать железнодорожным, речным и автомобильным транспортом в собранном виде в соответствии с ОСТ 26-15-024-84. При проектировании сосудов следует учитывать требования к перевозке грузов транспортными средствами.

Сосуды, которые не могут транспортироваться в собранном виде, могут проектироваться из частей, соответствующих по габариту требованиям к перевозке транспортными средствами. Деление сосуда на транспортируемые части следует указывать в технической документации.

Если аппарат теплоизолируют, то устройства для крепления теплоизоляции принимают ГОСТ 17314-71. Детали для крепления теплоизоляции приваривают на заводе-изготовителе.

Цилиндрические обечайки вакуумных аппаратов при необходимости должны быть укреплены кольцами жесткости.

Изготовлением колонных аппаратов тарельчатых и насадочных с насыпной и регулярной насадками занимаются в основном Дзержинский, Пензенский и Туймазинский заводы химического машиностроения.

## 1. Монтаж внутренних устройств колонных аппаратов

Монтаж насадок. Если по условиям работы аппарата насадка может лежать беспорядочно, ее загружают следующим образом. Аппарат наполняют водой до верхнего люка. Насадка (кольца Рашига, Палля и т.д.), поднятая на верхнюю площадку с помощью какого-либо такелажного устройства, высыпается из корзин или мешков в воду. По мере наполнения колонн излишняя часть воды спускается через нижний штуцер колонны.

Монтаж тарелок. Монтаж тарелок сводится главным образом к установке их в строго горизонтальное положение.

До начала установки тарелок необходимо проверить вертикальность корпуса колонны.

В процессе монтажа тарелки должны быть проверены на соответствие ее деталей конструктивным чертежам, отсутствие повреждений, герметичность установки тарелки в корпусе колонны и правильность установки деталей и тарелки в целом.

Собирают и устанавливают тарелки в колонну на заводе-изготовителе. Однако в отдельных случаях установить тарелки до монтажа колонны нельзя, так как нужно проверить правильность установки на барботаж. Это бывает при необходимости особо четкой ректификации или по другим технологическим требованиям. В этом случае при монтаже тарелок испытывают каждую установленную тарелку, начиная с нижней.

До начала установки тарелок колонну окончательно выверяют, закрепляют и испытывают гидравлическим способом, а также устанавливают обслуживающие площадки и лестницы. Детали тарелок подают на площадку самоходным краном или краном-укосиной.

Порядок сборки тарелок с туннельными колпачками.

Монтаж тарелок начинают с установки опорных угольников.

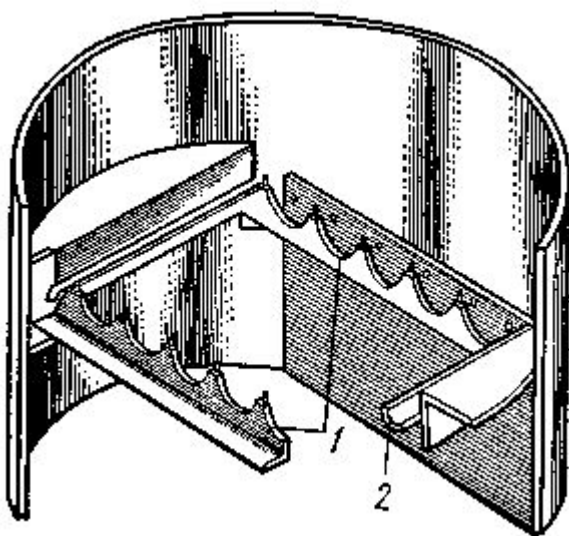


Рисунок – Установка опорных угольников и полужелобов  
1 – опорные угольники, 2 – полужелоб.

Проверяют установку угольников уровнем, устанавливаемым на линейке. В пазы опорных угольников помещают полужелоба, которые прихватывают электросваркой к глухим сегментам. Гребенка укрепляется к сливной перегородке так, чтобы ее верхняя плоскость была горизонтальна и находилась на расстоянии 135 мм от верхней плоскости опорного угольника. После приварки опорных угольников и полужелобов монтируют желоба и колпачки. Перед установкой желобов в пазы опорных угольников для уплотнения укладывают набивочный материал. Правильность установки желобов проверяют уровнем. Желоба крепят попарно с установкой специальных прижимных шайб. Колпачки крепят шпильками так, чтобы расстояние между верхом колпачка и опорным угольником было равно 178 мм.

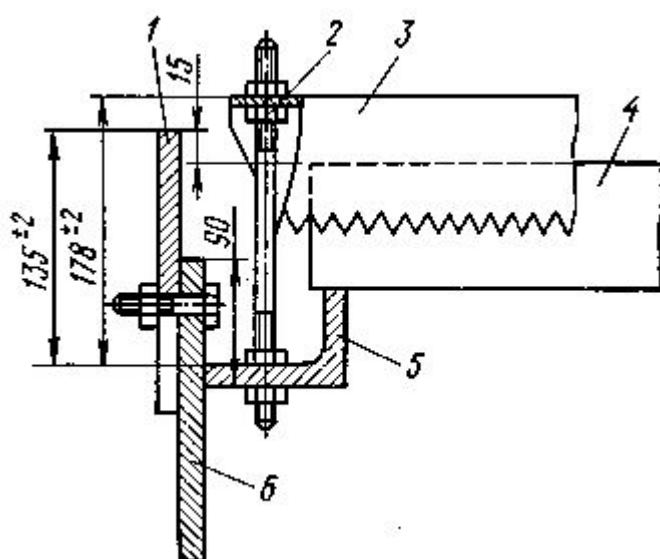


Рисунок – Установка переливной гребенки  
 1 – гребенка, 2 – шпилька, 3 – колпачок, 4 – желоб,  
 5 – опорный угольник, 6 – сливная перегородка

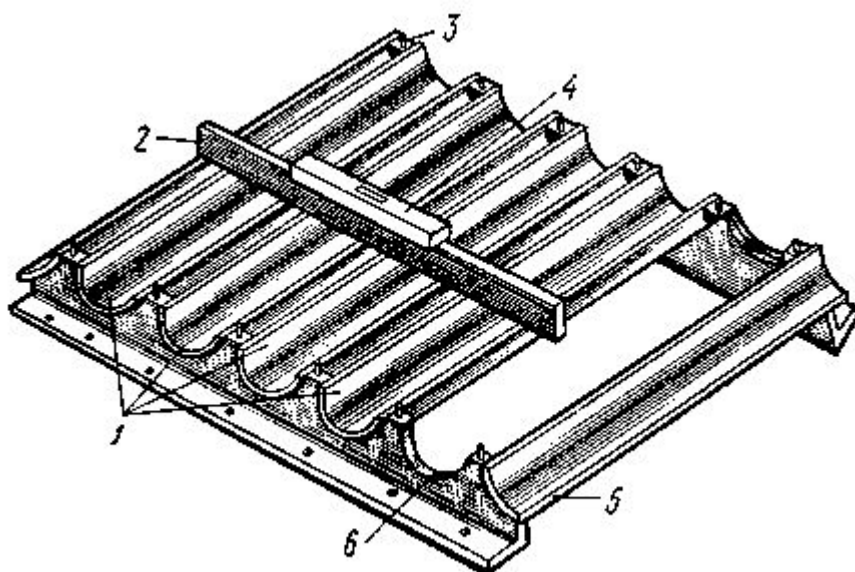


Рисунок – Проверка установки желобов

1 – желоба, 2 – рейка, 3 – шпилька, 4 – уровень, 5 – полужелоб, 6 – опорный угольник.

Горизонтальность установки колпачков проверяют уровнем и линейкой.

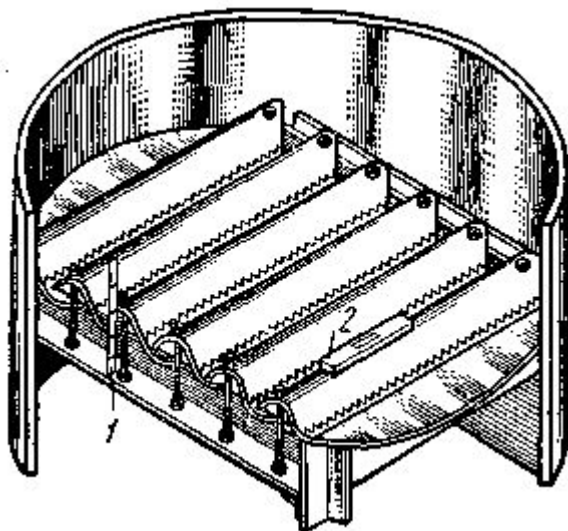


Рисунок – Проверка горизонтальности колпачков

1 – линейка, 2 – уровень

Окончательно правильность установки колпачков контролируют при испытании на барботаж. Порядок испытания тарелок на барботаж следующий:

1) закрывают люки на той части колонны, которая находится ниже испытываемой тарелки;

2) тарелка заливается водой;

3) снизу колонны подается воздух под небольшим давлением от вентилятора или компрессора.

Для обеспечения равномерного гидравлического затвора по всей тарелке погружение колпачков в жидкость должно быть одинаковым. Равномерность гидравлического затвора проверяют по пузырькам воздуха на всей площадке тарелки.

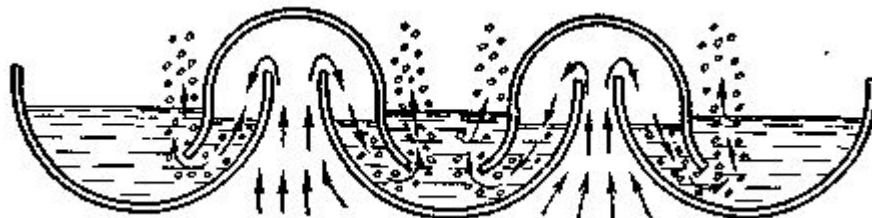


Рисунок – Испытание тарелок с туннельными колпачками на барботаж

Порядок сборки тарелок с капсульными колпачками.

До начала установки тарелок проверяют правильность их изготовления. Листы тарелок должны быть выправлены, местные вспучины и кривизна не должны превышать допусковых величин. При наличии в листах тарелок лазов кромки отверстий необходимо зачистить.

Детали тарелки крепят к опорным деталям и соединяют на болтах. При сборке и установке тарелок необходимо следить за тем, чтобы верхние торцы ниппелей находились в горизонтальной плоскости, а уровень верха прорезей колпачков относительно плоскости тарелки колебался в пределах 1 мм. Горизонтальное положение тарелки фиксируют штифтами, ввернутыми через борт тарелки в муфты, приваренные к корпусу колонны. Паза между корпусом колонны и тарелкой уплотняют набивкой. Под крышу люка-лаза устанавливают прокладку.

При проверке на барботаж капсюльных колпачков на каждый колпачок последовательно надевают отрезок трубы (оправку) диаметром на 45 – 55 мм больше диаметра колпачка. Равномерность и интенсивность барботажа проверяют по окружности колпачка. Барботаж всех колпачков тарелки должен быть одинаковой интенсивности; неравномерность его свидетельствует о перекосе колпачков. Один колпачок, отрегулированный на равномерность барботажа, рекомендуется принять за эталон и по нему регулировать остальные колпачки тарелки. При испытании тарелок на барботаж воздух должен проходить только через прорези колпачков. При пропуске воздуха в других местах неплотности необходимо устранить.

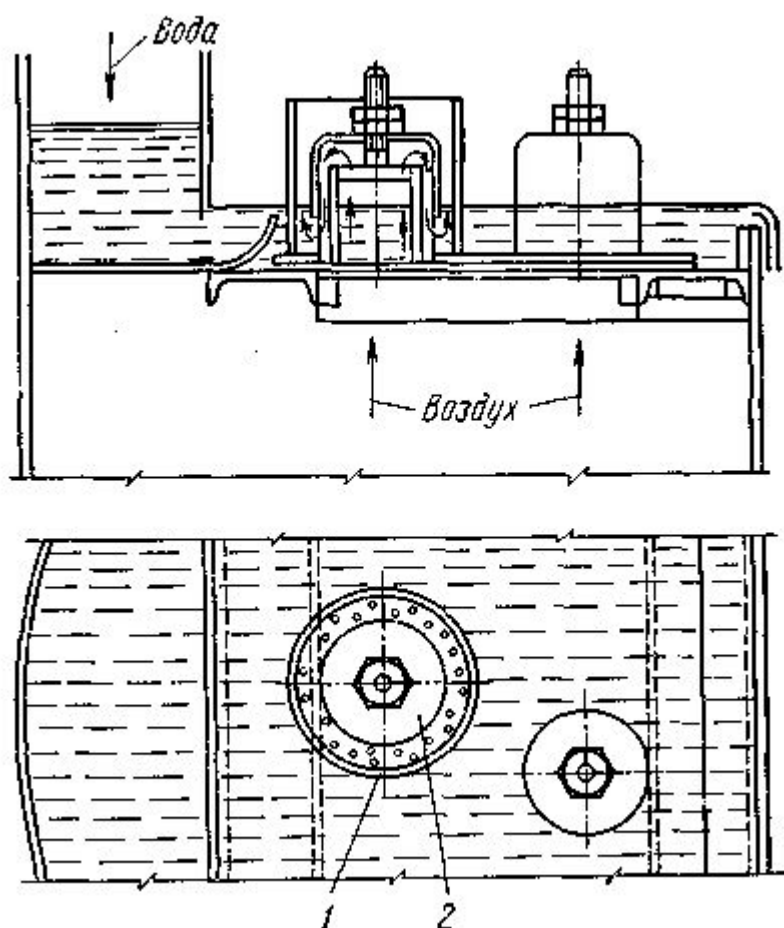


Рисунок – Испытание тарелок с капсюльными колпачками на барботаж.  
1 – отрезок трубы, 2 – колпачок.

## 2. Внутренние устройства массообменных аппаратов (колонное оборудование)

К внутренним устройствам колонного оборудования можно отнести: брызго- каплеуловители, фильтры, распределители жидкости, опорные и прижимные решетки, распределители газожидкостного потока, а также контактные устройства (насадки и тарелки).

Насадка в химической технологии - тела различной формы и размера, служащие для заполнения рабочего пространства аппаратов - абсорберов, ректификационных колонн и др. с целью увеличения поверхности контакта между жидкостью и газом (паром) и усиления в результате этого взаимодействия между ними, а также выравнивания потоков, отделения брызг, изменения характера перемешивания. В абсорбционных и ректификационных аппаратах жидкость тонкой плёнкой покрывает насадку и стекает по ней; поверхность контакта с газообразной фазой при этом определяется величиной поверхности насадки.

Различают следующие виды насадок (рис.3.53.-3.55.):

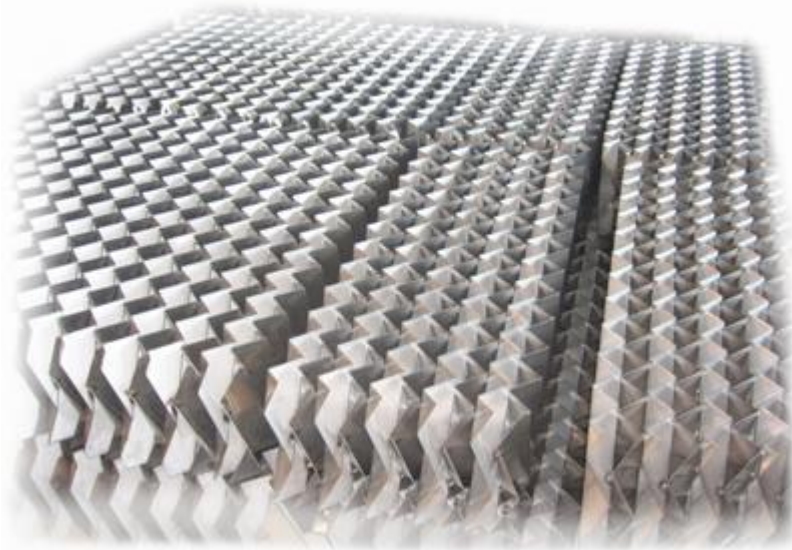


Рис. 3.53. Блочная регулярная насадка



Рис. 3.54. Насадка регулярная сегментная



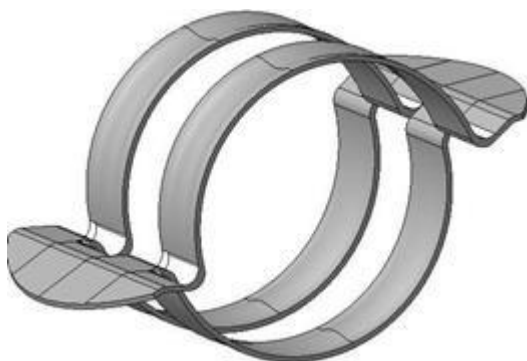


Рис. 3.55. Насадка нерегулярная

Насадка выполняется обычно из коррозионно-стойкого материала (керамика, фарфор, стекло).

Реакторы с насадкой малопригодны для проведения процессов, протекающих в кинетической области. Недостатками реакторов с насадками является использование только части катализатора и загрязнение насадки отложениями.

В реакторах с тарелками необходимый объем жидкости обеспечивается поддержанием соответствующего уровня на тарелках.

В промышленности применяют следующие виды тарелок (рис.3.56.-3.60.):



Рис. 3.56. Низкопрофильная тарелка



Рис. 3.57. Колпачковая тарелка



Рис. 3.58. Тарелки с фиксированными клапанами



Рис. 3.59. Ситчатая и провальная тарелки



Рис. 3.60. Центробежная тарелка

Реактор с тарелками, применяемый для окисления изопробилбензола приведен на рис. 3.61. В данном реакторе необходимый объем жидкости может быть обеспечен соответствующим регулированием уровня на тарелках реактора. При этом достигается хороший контакт между газом и жидкостью.

Колонна состоит из корпуса, тарелок с переливными трубками и теплообменным элементом.

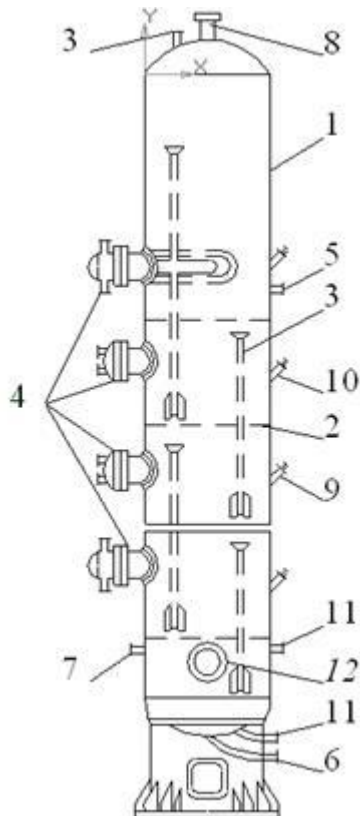


Рис. 3.61. Колонна окисления изопропилбензола: 1 – корпус; 2 – тарелка; 3 – переливная трубка; 4 – встроенный теплообменник; 5 – штуцер для входа питания; 6 – штуцер для выхода реакционной массы; 7 – штуцер для входа воздуха; 8 – штуцер для выхода газа; 9 – штуцер для продувки; 10 – штуцер для термомпары; 11 – штуцер для мерного стекла; 12 – лаз

Устройство колпачка (рис.3.62.) обеспечивает стабильность работы колонны при снижении нагрузки по газу. При малых скоростях газа возможен провал жидкости через отверстия ситчатого диска, но через колпачок провала не будет.

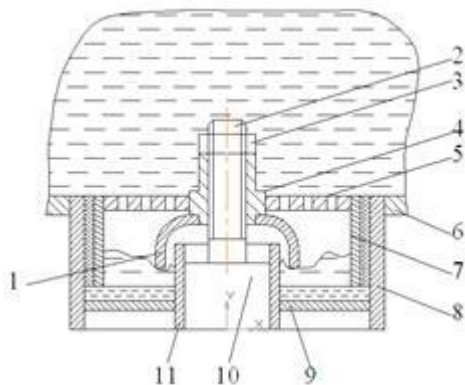


Рис. 3.62. Установка колпачка: 1 – колпачок; 2 – шпилька; 3 – гайка; 4 – втулка; 5 – ситчатый диск; 6 – тарелка; 7, 8 – обечайки; 9 – диск; 10 – полоска; 11 – патрубок

Переливная труба (рис.3.63.) в верхней части имеет конусную часть для увеличения периметра перелива, а в нижней части к трубе крепиться на хомутах стакан для создания гидрозатвора.

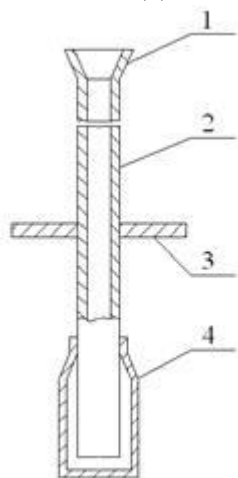


Рис. 3.63. Установка переливной трубы: 1 – конус; 2 – труба; 3 – тарелка; 4 – стакан

Таким образом, тарельчатые реакторы могут применяться для проведения разнообразных реакций, протекающих как в кинетической, так и в диффузионной областях.

Если в абсорберах осуществляется проточная схема, то есть жидкость вводится в аппарат сверху, отводится снизу и далее направляется на переработку, то в реакторах работающих с жидким катализатором, последний циркулирует в системе (рис.3.64.).

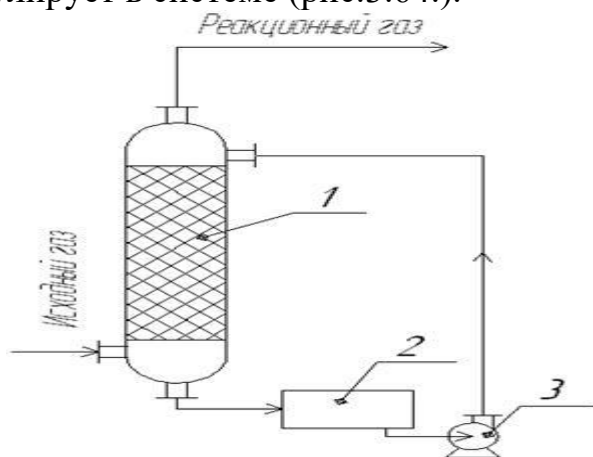


Рис. 3.64. Схема реакционной установки с циркуляцией катализатора: 1 – реактор; 2 – сборник катализатора; 3 – насос.

### 3. Технология изготовления и сборки колонных аппаратов.

К колоннам относятся вертикальные цилиндрические аппараты, изготовленные из углеродистых, легированных и двухслойных сталей. Большую часть этой аппаратуры составляют ректификационные колонны, абсорберы и десорберы, внутри снабженные ректификационными тарелками и другими вспомогательными устройствами. Тарелки ректификационных колонн располагаются горизонтально на определенном расстоянии одна от другой и служат для создания контакта между парами нагретых продуктов, идущими снизу вверх, и жидкостью, стекающей сверху вниз.

Типы тарелок, применяемые в колонных аппаратах, можно разделить на четыре группы:

- колпачковые тарелки;
- тарелки «провального» типа (решетчатые, ситчатые, щелевые);
- клапанные (балластные) тарелки;
- струйно-направленные тарелки.

Клапаны изготавливаются из холодно- и горячекатаных листов с отклонением по толщине  $\pm 0,15$  мм. Согласно техническим требованиям, номинальная масса клапана составляет 0,036 кг. Допускаемое отклонение его массы составляет  $\pm 0,003$  кг, при этом отклонение массы клапанов от среднего значения на одной тарелке не должно превышать  $\pm 0,002$  кг. Вырубка заготовок клапанов (рис. 7.1) производится в двухрядном вырубном штампе с периодическим продвижением полосы 1 таким образом, что в ранее вырубленных отверстиях устанавливаются упоры 2 для пробивки последующих отверстий. В отдельных штампах производится надрезка ножек и ограничителей клапана, гибка ножек на  $90^\circ$  и калибровка ограничителей.

Полотна тарелок изготавливаются из листового проката, как правило, из материала марок 08X18, 08X18H10T или СтЗкп толщиной 2 и 4 мм. После правки листа вырезка заготовок производится на гильотинных ножницах. На полотне по шаблону размечаются места расположения пазов, после чего производится их вырубка в штампах с поочередным отключением и включением соответствующих рядов пуансонов. Окончательной операцией является правка полотна тарелки на листопрямильной машине. Неплоскостность не должна быть более 2 мм на всей длине.

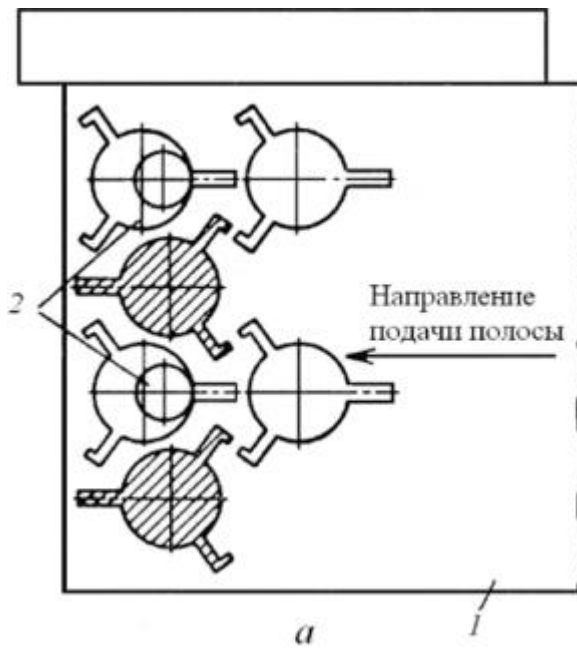
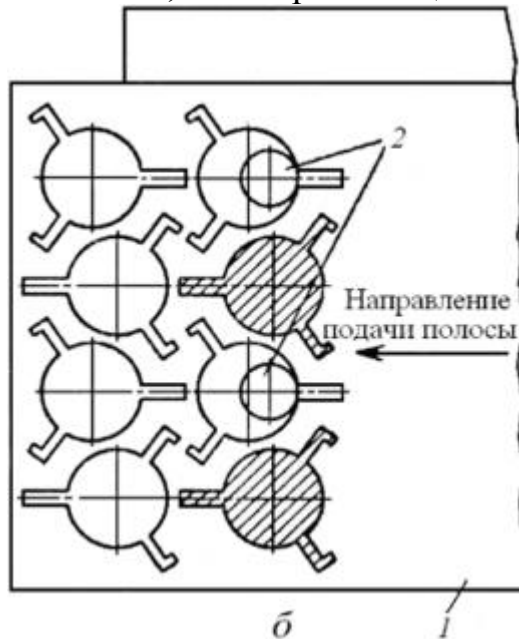


Рис. 7.1. Схема вырубki заготовки клапана:  
1 - полоса; 2 - направляющая планка; 3 - упоры



Сборка клапанов с полотнами тарелок выполняется на специальном стенде. Полотно устанавливается вертикально на опорные планки стола стенда и закрепляется винтовыми зажимами. Клапаны устанавливаются в отверстия полотен и закрываются крышками поворотного стола. Стол поворачивается на  $105^\circ$  по часовой стрелке, и производится гибка сборочной ножки на угол  $75^\circ$  с одновременной подгибкой боковых ножек на угол  $3^\circ$ . Затем стол поворачивают в исходное положение и открывают крышки. Подвижность клапанов в отверстиях полотна проверяется путем поворота стола на  $180^\circ$  и возвращением его в исходное положение.

Полотна ситчатых тарелок изготавливаются из просечно-вытяжных листов. После правки на листопрямильной машине с точностью  $1,5$  мм на  $1$  м длины полотно подается на просечно-вытяжной пресс, где производится просечка отверстий. После просечки смещение оси ячейки по длине листа не

должно быть более 5 мм на длине 2000 мм и неплоскостность по ширине листа - не более 7 мм на длине 1000 мм.

Крепление патрубков к основанию колпачковой тарелки осуществляется тремя способами: развальцовкой, закаткой и приваркой. Технологическая схема закатки патрубков размером 70x2,5 мм показана на рис. 7.2.

Тарелки с капсульными колпачками должны отвечать следующим требованиям. Местные выпучины и кривизна листов не должны превышать 4 мм по всему сечению тарелки. Полотна тарелок можно изготавливать из частей, при этом сварные швы должны быть зачищены заподлицо с основным металлом с обеих сторон.

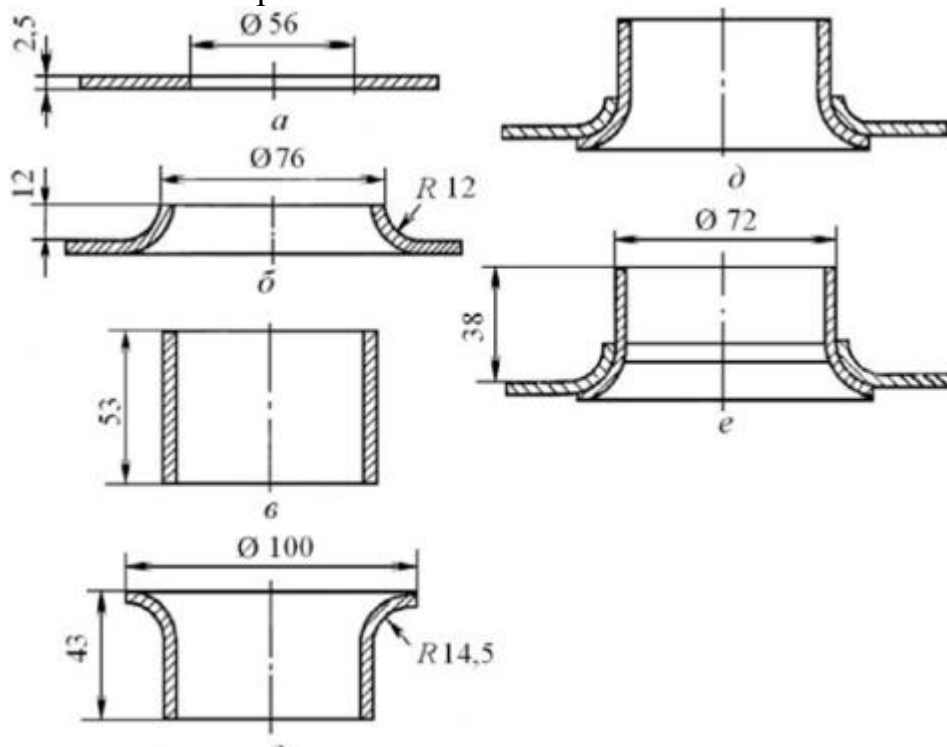


Рис. 7.2. Технологическая схема закатки патрубков размером 70x2,5 мм:  
 а - заготовка тарелки с пробитым отверстием;  
 б - заготовка с отбортованным отверстием; в - патрубок из трубы;  
 г - отбортованный патрубок; д - тарелка в сборе с патрубком;  
 е - закатанный патрубок с тарелкой

Отклонение по шагу между соседними отверстиями под паровые патрубки не должно превышать  $\pm 2$  мм, отклонения между крайними отверстиями под паровые патрубки тарелки в пределах одного полотна не должны превышать  $\pm 4$  мм. Верхние торцы паровых патрубков в сборе должны быть в одной горизонтальной плоскости, отклонение - в пределах  $\pm 3$  мм. Отклонение уровня верхних торцов сливных труб относительно поверхности тарелок допускается в пределах  $\pm 3$  мм. Перекос колпачков относительно плоскости тарелки допускается в пределах  $\pm 1$  мм.

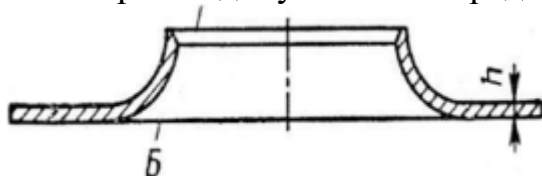


Рис. 7.3. Схема проверки не параллельности плоскостей тарелки

Для тарелок, изготавливаемых из легированных сталей, должны соблюдаться следующие требования: не параллельность плоскостей А и Б не должна быть более 0,5 мм на диаметр отверстия при  $h = 2,5$  мм и не более 0,3 мм при  $h = 1,6$  мм (рис. 7.3).

Проверка на плотность и герметичность вальцовки парового патрубка с диском производится наливом воды с высотой уровня, равной высоте парового патрубка. Допускается просачивание не более 5 капель воды в минуту из-под каждого патрубка. Тарелка в сборе является герметичной, если уровень жидкости в течение 20 мин понижается на величину не более 25 мм.

Технологический процесс сборки и сварки колонной аппаратуры состоит из следующих операций: сборка и сварка секций корпуса; сборка корпуса колонны; разметка корпуса; установка деталей и сборочных единиц тарелок и других внутренних элементов, приваренных к корпусу; сборка нижнего днища и корпуса вертикальной опоры; контроль положения приваренных внутренних деталей колонны и контроль сварки их с корпусом; установка и приварка штуцеров, люков и муфт к корпусу колонны; установка съемных деталей и сборочных единиц внутренних элементов; испытание; отделка; подготовка колонны к отгрузке.

Для примера рассмотрим технологический процесс изготовления колонны диаметром 3800 мм, высотой 65 м, толщиной корпуса 22 мм с эллиптическими днищами (разбита на три секции: 21, 22, 23 м), все тарелки клапанные.

При сборке секций должны быть обеспечены следующие требования: отклонение по длине не должно превышать  $\pm 25$  мм, т. к. для всего аппарата допустимое отклонение составляет  $\pm 75$  мм; не прямолинейность не должна выходить за пределы 10 мм; расположение продольных швов обечаек должно исключать возможность попадания люков и штуцеров диаметром более 150 мм на продольные швы обечаек; смещение кромок в кольцевых стыках секций корпуса не должно быть более 5 мм.

После контроля секция подается на стенд для сварки кольцевых швов. Качество сварных швов контролируется рентгеновскими лучами или ультразвуком. После исправления дефектов секции поступают на стенд общей сборки корпуса, состоящий из индивидуальных ролико-опор, одна из которых - приводная - располагается в центральной части колонны. Расстояние между смежными ролико-опорами, пользуясь картами раскрытия, подбирают таким образом, чтобы в дальнейшем в зону контакта корпуса с опорой не попали штуцера, муфты, люки и наружные элементы корпуса.

После установки секций на стенд с целью устранения овальности производится калибровка корпуса разъемными и неразъемными калибровочными кольцами. Неразъемные кольца устанавливаются на расстоянии 200 мм от торцов крайних секций и сохраняются там до момента установки днищ. Калибровка средних частей корпуса производится разъемными кольцами. Овальность в местах калибровки корпуса не должна



превышать 20 мм. С целью фиксации достигнутой после калибровки формы применяются бандажные кольца, которые устанавливаются по концам секций, а также внутри их на расстоянии 3...4 м одно от другого. После сборки и приварки деталей тарелок бандажные кольца снимаются, за исключением расположенных вблизи монтажных стыков - эти кольца удаляются только после сборки и сварки секций корпуса на монтаже. С целью устранения вмятин в местах расположения роликоопор на корпус устанавливаются подкладные обечайки размерами: диаметр - 3844 мм, толщина листа - 22...26 мм, высота - 600 мм. В общем случае установка подкладных обечаек может быть рекомендована при соотношении  $h/D < 0,01$ , где  $D$  - диаметр колонны;  $h$  - толщина корпуса.

Разметка является основной технологической операцией, существенно влияющей на точность установки внутренних устройств аппарата, его люков, штуцеров и других деталей и сборочных единиц. Существует несколько способов разметки корпусов:

- с помощью линейных мерительных инструментов и отвеса;
- посредством теодолита и гидроуровня;
- оптическая разметка с применением лазерного визира.

На основании чертежа развертки корпуса на наружной поверхности торцов корпуса с помощью рулетки намечаются точки главных осей аппарата. Корпус аппарата устанавливается так, чтобы намеченные точки I-I и III-III главных осей расположились в вертикальной плоскости, проверку производят с помощью отвеса. С целью уточнения положения точек четырех главных осей лазерным лучом отмечаются точки I и III на внутренней поверхности заднего торца, а также точки II и IV. По найденным точкам с помощью шнура отбиваются оси I-I, II-II, III-III, IV-IV внутри корпуса. После переноса точек с внутренней поверхности на наружную поверхность на ней намечаются главные оси. Точки главных осей кернятся и обводятся краской с обозначением номеров осей. Необходимо также накернить концы главных осей на расстоянии 500-600 мм от торцов корпуса. На линии главной оси III-III нанести две базовые кольцевые риски на расстоянии 100 мм от торцов (эти риски нужны для правильной установки опоры и точности установки колонны на фундаменте, а также для разметки тарелок и установки приварных деталей внутри корпуса).

После проведения перечисленных операций на ось III-III с помощью рулетки наносятся точки под установку тарелок с интервалом 400.. 500 мм. Разметка корпуса под установку люков, штуцеров, муфт и других сборочных единиц производится путем нанесения размеров от главных осей корпуса в соответствии с чертежом и картой раскрытия.

По окончании внутренней разметки на главных осях (I, II, III и IV, рис. 7.4) с наружной стороны нижнего торца корпуса размечается базовый размер под установку вертикальной опоры. Размечаются также линии для выверки колонны на месте монтажа или под установку реперов. Эти линии обязательно накерниваются.

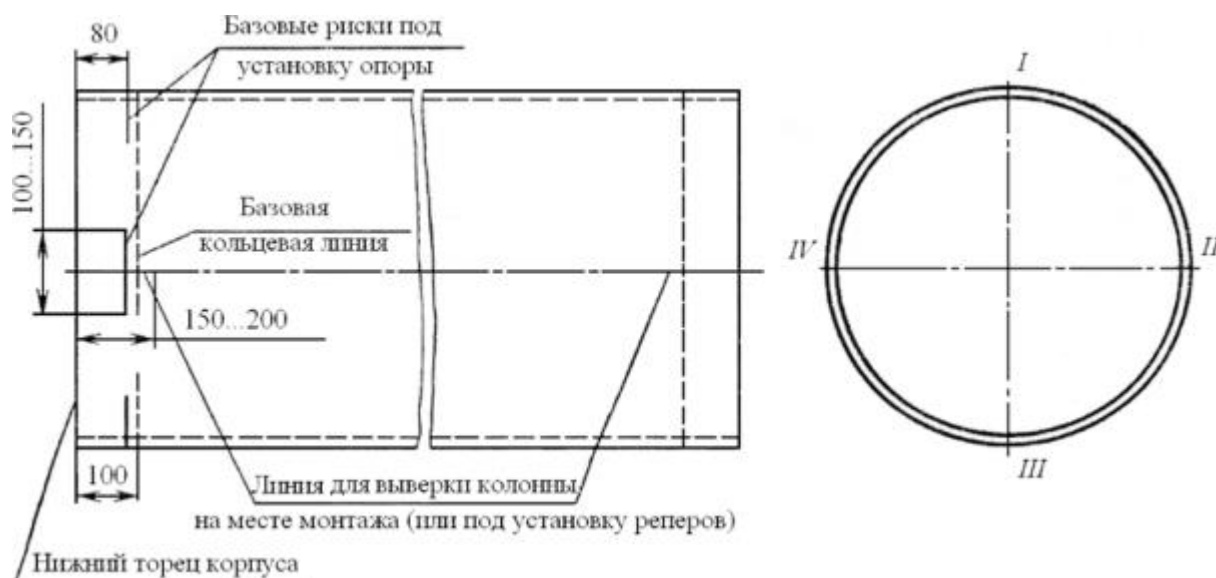


Рис. 7.4. Схема нанесения рисок для установки опоры и выверки колонны на монтажной площадке

Затем производится вырезка отверстий для установки люков, штуцеров и других элементов арматуры колонны. Вырезку отверстий, расположенных вблизи от стыков днищ к корпусу и от монтажных стыков, производят после приварки днищ к корпусу и сварки монтажного стыка.

Перед установкой внутренних устройств необходимо смонтировать в корпусе аппарата технологическую двутавровую балку с талью грузоподъемностью 1 т. Балка должна быть приварена к корпусу аппарата прерывистым швом. По ее концам должны быть установлены ограничители движения. В корпус подают сегменты в сборе с угольниками, косынками на один ряд и размещают их согласно разметке, прихватывая сваркой к корпусу. Устанавливают косынки под сегменты по разметке и прихватывают сваркой к корпусу и сегменту. Затем поворачивают корпус на  $180^\circ$ , перестраивают монтаж транспортировочной балки и устанавливают сегменты для тарелок противоположного ряда. Демонтируют транспортировочную балку. Сваривают все опорные элементы, сварные швы тщательно зачищают. После приварки внутренних элементов колонны свариваются наружные швы соединений люков, штуцеров, муфт. Испытания и контроль сварных швов должны быть проведены до постановки съемных внутренних устройств.

Перед установкой днищ в корпусе должны быть установлены съемные детали, включая полотна тарелок в сборе. После установки и приварки днищ с корпуса колонны удаляются калибровочные и бандажные кольца. Подкладные обечайки сохраняются обычно для обеспечения сборки и сварки стыков на монтаже и удаляются только перед заключительным гидроиспытанием колонны.

#### 4. Царговые и цельносварные колонные аппараты. Понятие о базовом диаметре.

В зависимости от диаметра корпус колонного аппарата:

- может состоять из отдельных цилиндрических царг, соединенных между собой на фланцах - царговые (рисунки 1,2,3) - диаметром до 800 мм, под давлением до 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>);

- может быть цельносварным (рисунок 4) – диаметром 1000 – 4000 мм и более под давлением до 16,0 МПа (160 кгс/см<sup>2</sup>), при атмосферном давлении или под вакуумом с остаточным давлением не ниже 665 Па (5 мм. рт. ст.).

Цельносварные корпуса КА сваривают из одной или нескольких цилиндрических обечаек и ограничивают днищами, образуя корпус аппарата.

При этом обечайки по высоте КА могут иметь один или несколько разных диаметров. В последнем случае обечайки соединяются между собой коническими переходами.

Обечайки большей частью изготавливают вальцовкой из листового проката (рисунок 5), реже из сварных труб большого диаметра или поковок. Вальцовка применяется для придания листовому прокату овальной формы на специальном оборудовании.

Вальцованные обечайки должны иметь как можно меньше сварных швов, особенно продольных. Поэтому листы для изготовления обечаек желательно выбирать больших размеров, сообразуясь с рациональным раскроем (малыми отходами). Обечайки могут вальцеваться как по длинной, так и по короткой стороне листа.

Для стальных цилиндрических аппаратов, корпуса (обечайки) которых выполняются из листового проката, т.е для цельносварных, за базовый принимается внутренний диаметр, мм, выбираемый из следующего ряда (ГОСТ 9617-76): 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2500, 2600, 2800, 3000, 3200, 3400, 3600, 3800, 4000, 4500, 5000, 5600, 6300, 7000, 7500, 8000, 8500, 9000, 9500, 10000, 11000, 12000, 14000, 16000, 18000, 20000. Для рубашек аппаратов добавляются в этот ряд следующие диаметры: 450, 550, 650, 1100, 1300, 1500, 1700, 1900. Допускается стальные эмалированные аппараты, а также аппараты из высоколегированных никельсодержащих сталей изготавливать диаметрами 250, 300, 350 мм.

Для стальных аппаратов, корпуса которых выполняются из готовых труб, за базовый принимается наружный диаметр, мм, выбираемый из следующего ряда (ГОСТ 9617-76): 133, 159, 168, 219, 273, 325, 377, 426, 480, 530, 630, 720, 820, 920, 1020, 1120, 1220, 1320, 1420.

Царговые аппараты чаще всего выполняются из труб, поэтому для них в этом случае в качестве базового принимается наружный диаметр колонны.

Царговые колонны являются аппаратами разборного типа, корпуса которых состоят из отдельных узлов (царг, крышек, куба). Внутри царг размещаются тарелки с различными контактными и распределительными устройствами.



Рисунок 1– Царговая колонна



Рисунок 2 - Монтаж одной из царг колонного аппарата



Рисунок 3 – Общий вид царги. Монтаж клапанной тарелки в царге



Рисунок 4 – Цельносварная цилиндрическая оболочка для корпуса колонного аппарата.

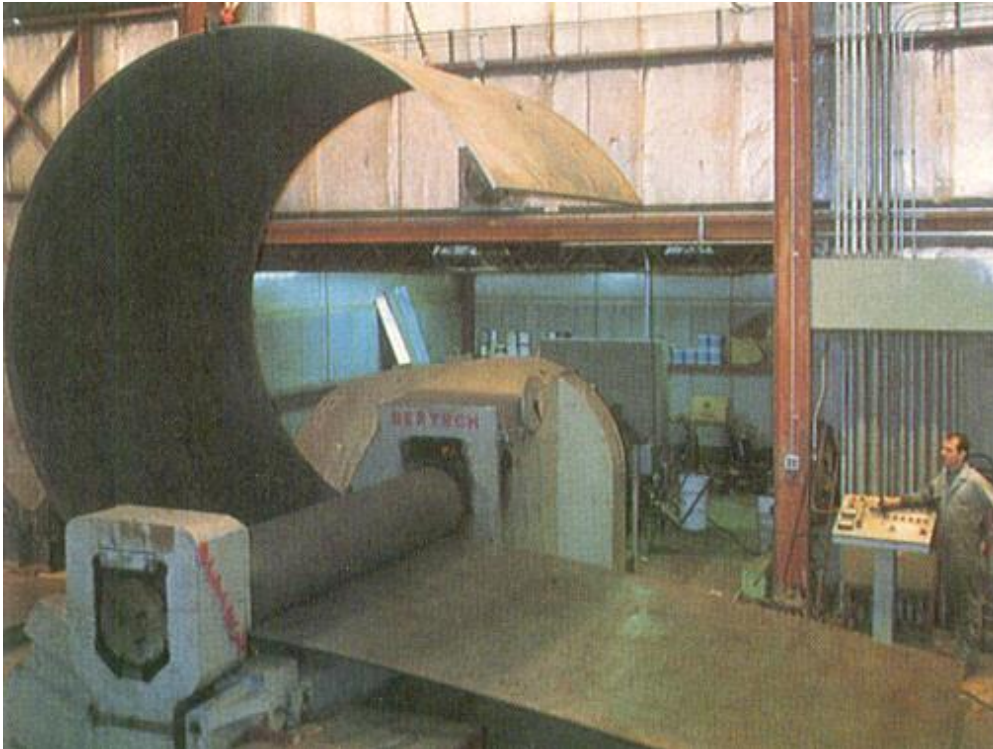
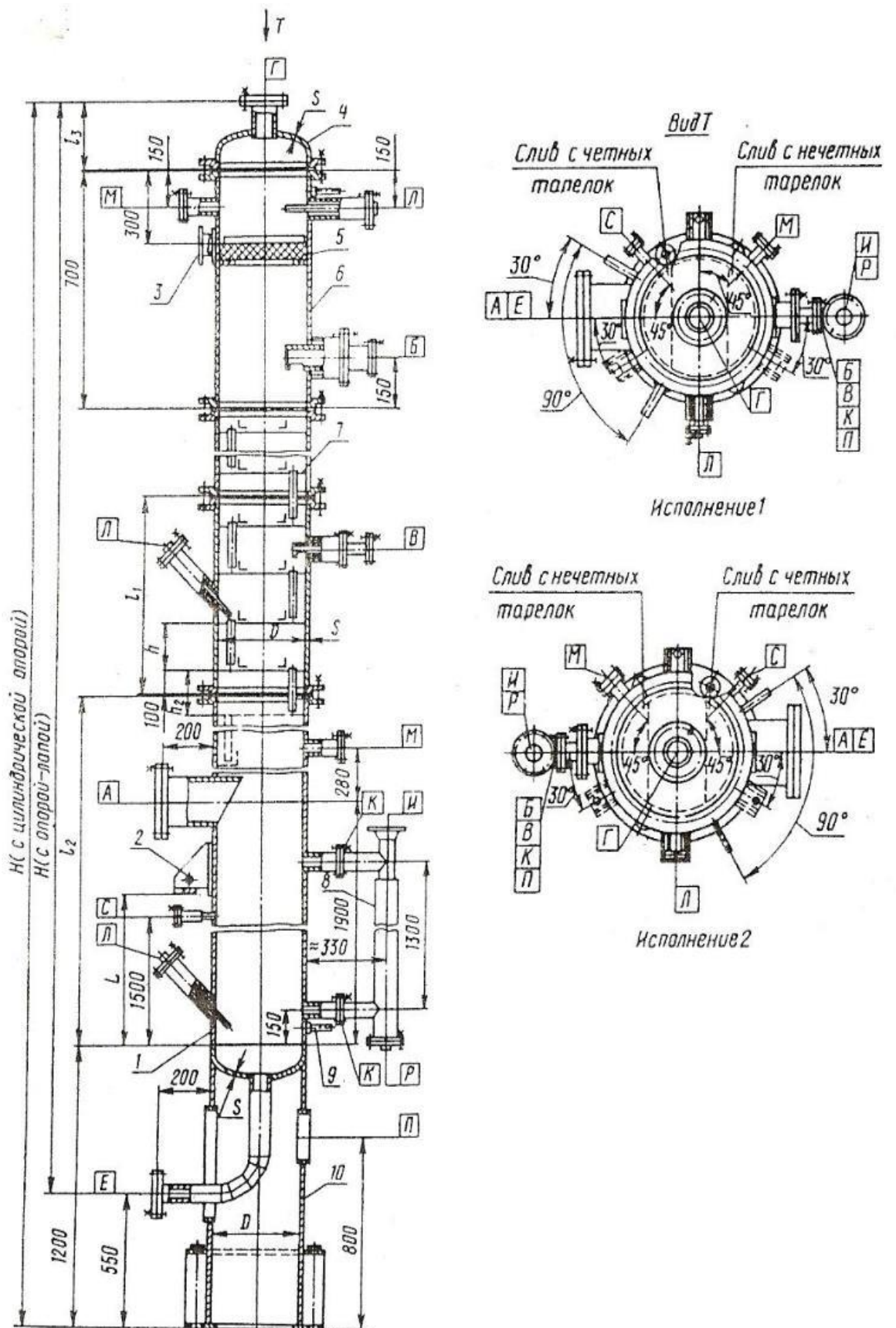


Рисунок 5 – Изготовление обечайки вальцовкой

На рис. показан эскиз тарельчатой колонны царгового типа, которая соответствует требованиям ОСТ–26–1488–83 [15, 17].

Крышка, царги и куб колонны соединяются между собой с помощью фланцев.

Царги представляют собой цилиндрическую обечайку, к торцам которой приварены фланцы. Толщина обечайки  $\delta_{ст}$  зависит от диаметра колонны, давления, высоты и конструкционных материалов колонны. Обычно величина  $\delta_{ст}$  находится в диапазоне



Тарельчатые колонны царгового типа [15]: 1- корпус; 2- опора-лапа; 3- цапфа; 4- крышка; 5- отбойник сетчатый; 6- царга сепарационная; 7- тарелка; 8- камера урнемера; 9- приспособление для выверки; 10- опора цилиндрическая; L- определяется заказчиком.

## 5. Насадочные массообменные аппараты

Массообменные аппараты, в которых для образования контакта между фазами служат насадочные тела различной формы, являются широко распространенным типом аппаратов.

Диаметр насадочных колонн обычно не превышает 4000 мм. Для колонн большого диаметра трудно достичь высокой эффективности. Однако известны отдельные конструкции насадочных аппаратов диаметром до 12 м.

Корпус 1 абсорбционной насадочной колонны выполняют (рис. 2.12) либо цельносварным, либо из отдельных царг с приварными или съемными крышками. Насадочные аппараты весьма чувствительны к неравномерности орошения, поэтому жидкость для орошения насадки подается через распределительную тарелку 2. Насадку 3 располагают по высоте аппарата в несколько слоев (секций) и укладывают на опорные решетки 4. Для загрузки и выгрузки насадки в верхней и нижней частях каждой секции обычно устанавливают люки 6 и 8. При больших нагрузках по газу и перепаде давлений 400-700 Па на 1 м высоты насадки, сверху на каждый слой укладывают удерживающую решетку, предотвращающую выброс насадки.

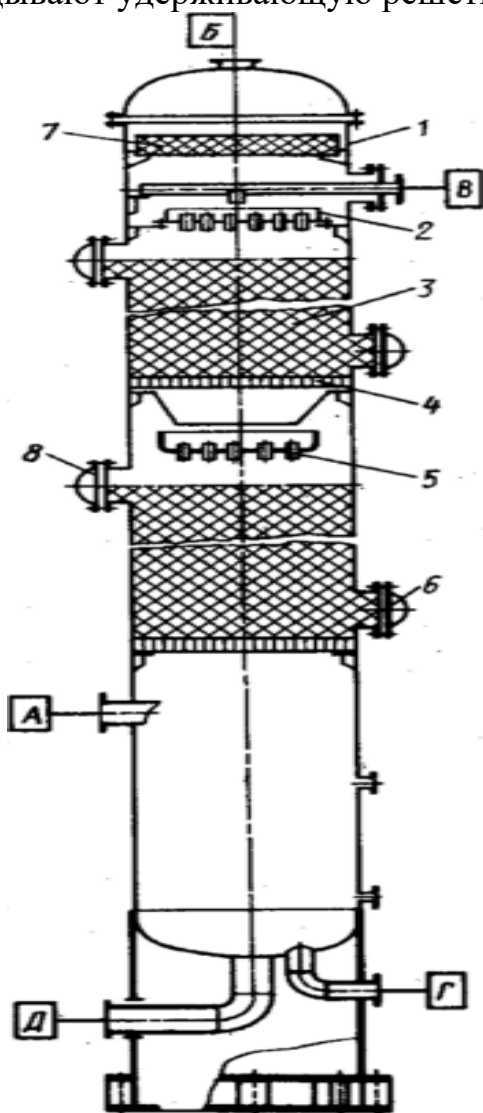


Рис. 2.12. Схема насадочной колонны



В верхней части колонны размещено отбойное устройство 7. Газ и жидкость движутся противотоком. При этом газ вводится в колонну снизу через штуцер А, а выводится через штуцер Б. Орошающая жидкость вводится сверху через штуцер В, а выводится через штуцеры Г и Д.

При стекании жидкости по насадке происходит ее перераспределение, и на некотором расстоянии от распределительной тарелки равномерность орошения может резко уменьшиться. При этом жидкость течет вдоль стенки аппарата, а центральная часть насадки остается неорошенной. Для исключения этого явления насадочное пространство разделяют на слои и устанавливают между слоями перераспределительные тарелки 5, которые собирают жидкость и распределяют ее вновь по сечению аппарата.

Корпус и внутренние устройства серийно выпускаемых насадочных аппаратов изготавливают из тех же материалов, что и для тарельчатых массообменных аппаратов.

#### **6. Типы насадок и правила засыпания (укладки).**

Основным элементом контактного устройства является насадка. Насадки, применяемые для заполнения массообменных аппаратов, характеризуются следующими показателями:

- а) удельная поверхность  $S$ ,  $\text{м}^2/\text{м}^3$ , - поверхность насадки, заполняющей объем, равный  $1 \text{ м}^3$ ;
- б) свободный объем  $V_c$ ,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ , - объем пустот, приходящийся на  $1 \text{ м}^3$  пространства, заполненного насадкой;
- в) свободное (живое) сечение насадки  $f_c$ ,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ , - площадь прохода между насадочными телами =  $V_c$ ;
- г) эквивалентный диаметр насадки  $d_3$ , м;
- д) линейный размер насадки для кусков неправильной формы выражается через средний размер куска, для колец Рашига - через наружный диаметр, высоту и толщину в мм (20x20x5).

Насадка для заполнения колонны должна обладать:

- большой удельной поверхностью  $S$ ;
- большим свободным объемом  $V_c$ ;
- оказывать небольшое сопротивление потоку газа;
- обладать коррозионной устойчивостью;
- иметь небольшой объемный вес.

В настоящее время используют насадки различных видов. По существующей классификации их можно отнести либо к регулярной (правильно уложенной), либо к нерегулярной (засыпанной навалом).

Нерегулярная насадка. Нерегулярную насадку применяют в процессах массообмена, протекающих под давлением или в условиях неглубокого вакуума. Эта насадка обладает рядом преимуществ, одно из которых состоит в практическом отсутствии проблемы выбора материала. Насадку можно изготовить из металлов, полимеров, керамики.

Кусковая насадка. В качестве кусковой насадки применяют дробленые горные породы (кварц, андезит, кокс). Размеры кусковой насадки составляют

25-100 мм при беспорядочной засыпке. Достоинствами насадки являются: дешевизна, химическая стойкость. Недостатками: малая удельная поверхность, малый свободный объем.

Кольцевая насадка. Наиболее распространенный тип кольцевой насадки - кольца Рашига (рис. 2.13, а). Изготавливаются из керамики, фарфора, пластмассы, металлов, углеграфитовых масс. Диаметр колец - 25-150 мм. Кольца диаметром до 50 мм загружаются навалом. При больших диаметрах кольца укладываются рядами.

Существуют и другие кольцевые насадки: кольца с простой и крестообразной перегородкой, с прободенными стенками и т. д.

Насадка Рашига имеет небольшую стоимость, но она и малоэффективна. Для повышения эффективности массообмена кольцевую насадку изготавливают перфорированной и с внутренними перегородками - кольца Палля (ФРГ) (рис. 2.13, б) и их модификации. К кольцевой насадке с перфорированной цилиндрической частью и внутренними перегородками относится насадка «Каскад-мини-ринг» (рис. 2.13, в).

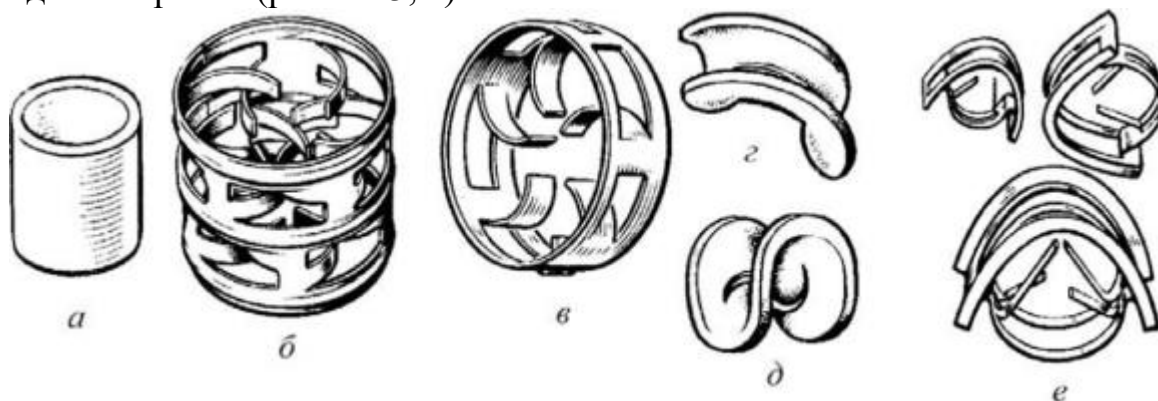


Рис. 2.13. Нерегулярные насадки

Седлообразная насадка. Имеет большую удельную поверхность (на 25 % больше, чем кольцевая) и большой свободный объем. Такую насадку выпускают главным образом в виде седел «Инталокс» (рис. 2.13, г) и седел Берля (рис. 2.13, д) из керамики и пластмассы размером 37х37 мм и 50х50 мм. Особое место среди седловидных насадок занимает насадка «Инталокс металл» (рис. 2.13, е), обладающая высокой эффективностью.

Проволочная насадка. Изготавливается из хозяйственных мочалок для мытья посуды из нержавеющей стали (рис. 2.14, а) и спирально свитой проволоки (рис. 2.14, б). Такая насадка имеет большой свободный объем и большую удельную поверхность.



Рис. 2.14. Нерегулярная насадка из мочалок (а) и спиральной проволоки (б)

В последние годы широко используется насадка «Инжехим», которую выпускает ОАО «Казаньоргсинтез» (рис. 2.15). Она выполнена в виде тела вращения, поверхность которого образована полосами с симметричными выступами. За счет изогнутой формы поверхности достигается более равномерное распределение насадки по объему слоя.

Насадка «Инжехим» является современной альтернативой кольцам Палля, Рашига и другим аналогичным насадкам. При равной толщине слоя она обеспечивает большую производительность и меньшее удельное гидравлическое сопротивление. Насадка изготавливается из листа или ленты из нержавеющей или углеродистой стали толщиной от 0,3 до 1 мм, способна работать с загрязненными средами. Поверхность листа подвергается специальной обработке, улучшающей растекание жидкости по насадке.

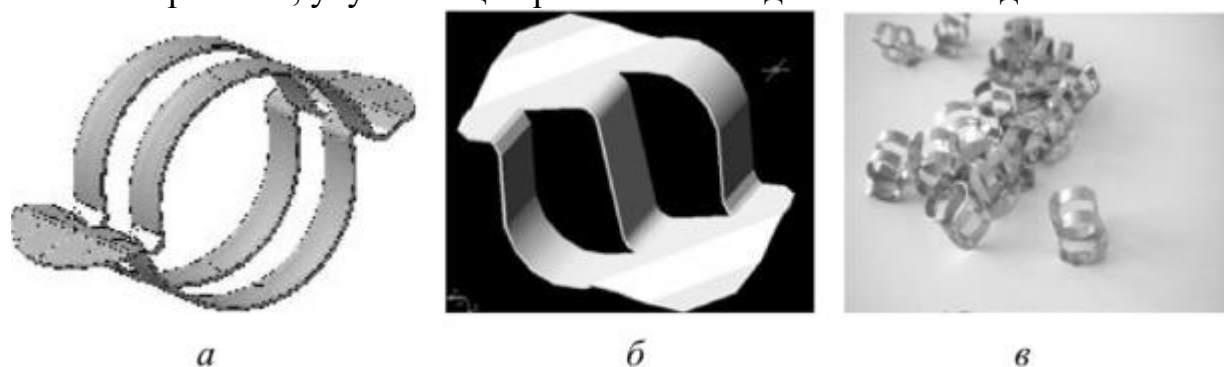


Рис. 2.15. Нерегулярная насадка «Инжехим-2000» (а), «Инжехим-2002» (б) и «Инжехим-2003М» (в)

Регулярная насадка. Правильно уложенная насадка отличается от нерегулярной меньшим гидравлическим сопротивлением и поэтому особенно пригодна для процессов вакуумной ректификации. К недостаткам следует отнести их высокую чувствительность к равномерности орошения.

Простейшая регулярная насадка - плоскопараллельная - представляет собой пакеты, набираемые из плоских вертикальных (обычно металлических) пластин толщиной 0,4-1,2 мм, расположенных параллельно с одинаковым зазором 10-20 мм. Высота пакета - 400-1000 мм, наружный диаметр пакета соответствует внутреннему диаметру колонны. Для повышения равномерности распределения жидкости в колонне пакеты устанавливают

один над другим, взаимно повернутыми на угол  $45^\circ$ - $90^\circ$ . Недостатки этой насадки: высокая металлоемкость, плохое перераспределение жидкости, сравнительно низкая эффективность.

Для устранения последнего недостатка листы плоскопараллельной насадки выполняют с рифлением или с различными турбулизирующими элементами. Так, насадка состоит из вертикальных, параллельно расположенных листов, имеющих поперечные окна с отогнутыми лепестками (рис. 2.16, а). Соседние по высоте лепестки отогнуты в противоположные стороны и делят колонну в продольном направлении на контактные камеры. Газ, поднимаясь по колонне, проходит через камеры, многократно меняя направление движения при ударе о лепестки. Жидкость, стекая по насадке с лепестка на лепесток, распыляется восходящим газовым потоком.

Основное преимущество гофрированной насадки (рис. 2.16, б), состоящей из вертикальных металлических листов с рифлением, по сравнению с плоскопараллельной насадкой - меньший брызгоунос. Зазоры между листами иногда обеспечивают дистанционными планками (рис. 2.16, в), установленными вертикально на расстоянии 250 мм одна от другой. Разновидностью гофрированной насадки является Z-образная насадка, изготовляемая из перфорированного листа (рис. 2.16, г).

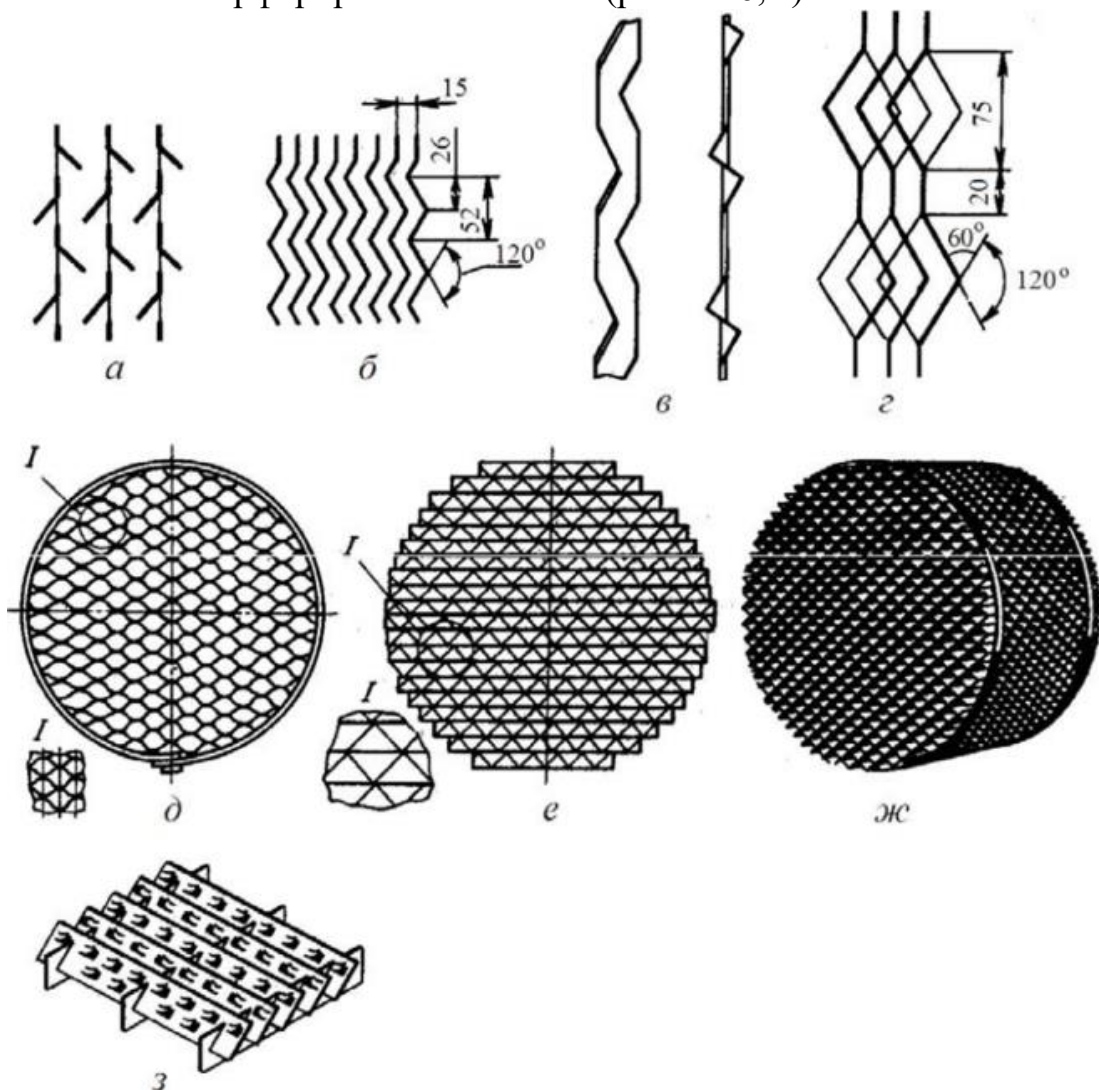


Рис. 2.16. Регулярные насадки

Щелевая (или сотовая) насадка (рис. 2.16) образована из гофрированных вертикальных листов, сдвинутых один относительно другого так, что по высоте пакета образуются изолированные вертикальные каналы. Листы соединены в пакеты высотой 400-1000 мм точечной сваркой.

К преимуществам этой насадки относятся:

- высокая удельная поверхность (в 2-3 раза больше, чем у плоскопараллельной);
- возможность нагревать или охлаждать контактирующие фазы, т. к. каналы, образованные гофрами, пригодны для подачи в них теплоносителя или хладагента.

К недостаткам следует отнести неравномерность толщины пленки жидкости в канале; накопление жидкости в углах канала несколько ухудшает эксплуатационные качества этой насадки.

Насадка из гофрированной сетки (рис. 2.16, е) рекомендована для процессов ректификации, проводимых под вакуумом. Пакеты такой насадки высотой 150—200 мм изготавливают из тканой проволочной сетки толщиной 0,2 мм. В последнее время разработана высокоэффективная насадка «Зульцер» (рис. 2.16, ж) из гофрированной сетки толщиной 0,16 мм, а также регулярная насадка «Роли пак», образованная ярусами наклонных листов с прорезями (рис. 2.16, з).

Конструкция регулярной ленточной насадки представлена на рис. 2.17. Ленточная насадка состоит из каркаса и лент. Элементы каркаса выполнены из металлических стержней (прутьев). На каркасе закрепляются элементы насадки в виде лент. Испытаны две модификации ленточной насадки: ленты модификации 1 выполнены из армированной полиэтиленовой пленки, модификации 2 - из нержавеющей металлической сетки с ячейками размером 0,2 мм.

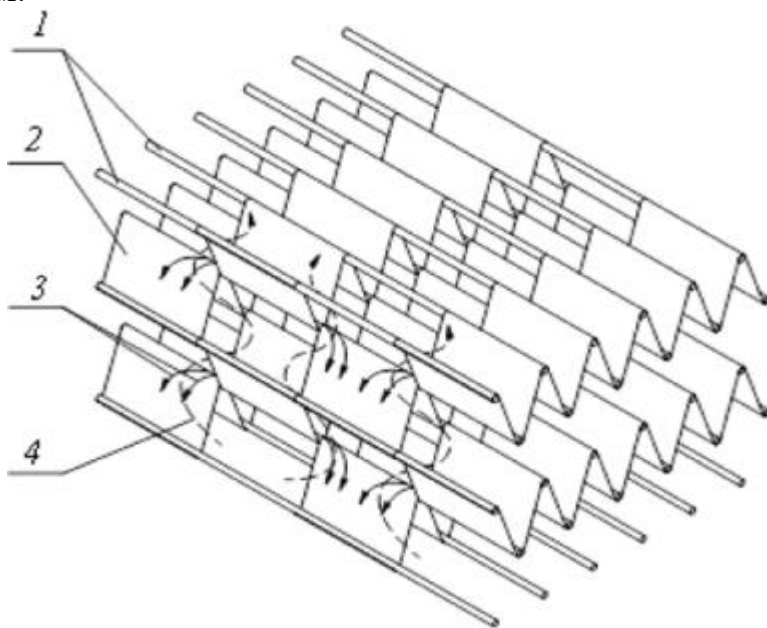


Рис. 2.17. Схема ленточной насадки: 1 - прутья каркаса; 2 - ленты; 3 - жидкая фаза; 4 - газовая фаза

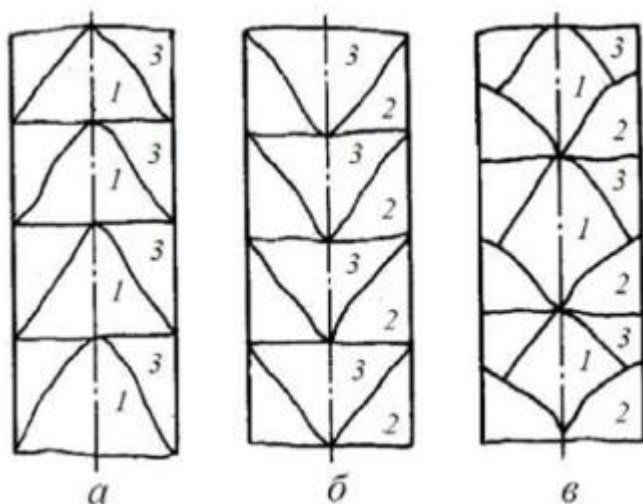


Рис. 2.18. Варианты засыпки насадки

На распределение орошающей жидкости влияет способ засыпки насадки (рис. 2.18): из центра колонны (слой 1); от стенок колонны (слой 2); подсыпка до горизонтального уровня (слой 3).

При засыпке насадочных тел по варианту (а) плотность укладки их на границе слоев 1 и 3 наименьшая, что способствует стеканию жидкости к стенкам. При равномерном начальном орошении хорошие результаты дает вариант (в), сочетающий предыдущие два способа.



Желобчатые оросители достаточно широко распространены в промышленности (рис. 2.19). Их устанавливают на расстоянии 1,2-1,4 м от слоя насадки и используют в колоннах с нерегулярной насадкой. Ороситель представляет собой набор горизонтально расположенных желобов с вырезами в боковой стенке. Один из желобов (основной) расположен над другими. Жидкость, вытекающая из вырезов основного желоба, стекает в расположенные под ним вспомогательные желоба и распределяется по насадке. Желобчатые оросители конструктивно просты, но для их надежной работы должна быть обеспечена высокая точность изготовления и расположения.

## Заключение

Колонные аппараты предназначены для проведения различных химико-технологических процессов в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности. Большая часть из них применяется для осуществления процессов массообмена (ректификация, дистилляция, абсорбция, десорбция, экстракция и т.д.)

Массообменные аппараты, в которых для образования контакта между фазами служат насадочные тела различной формы, являются широко распространенным типом аппаратов.

При стекании жидкости по насадке происходит ее перераспределение, и на некотором расстоянии от распределительной тарелки равномерность орошения может резко уменьшиться.

### Список используемой литературы и сайты

1. [https://bstudy.net/857687/tehnika/nasadochnye\\_massoobmennye\\_apparaty?ysclid=lqz2mmvrs087327176](https://bstudy.net/857687/tehnika/nasadochnye_massoobmennye_apparaty?ysclid=lqz2mmvrs087327176)
2. [https://bstudy.net/949558/tehnika/tehnologiya\\_izgotovleniya\\_sborki\\_kolonnyh\\_apparatorov](https://bstudy.net/949558/tehnika/tehnologiya_izgotovleniya_sborki_kolonnyh_apparatorov)
3. <https://el-montage.ru/montazh-vnutrennih-ustroystv-kolonnyh-apparatorov/>
4. [https://megaobuchalka.ru/5/11084.html#:~:text=К%20внутренним%20устройствам%20колонного%20оборудования,контактные%20устройства%20\(насадки%20и%20тарелки\)](https://megaobuchalka.ru/5/11084.html#:~:text=К%20внутренним%20устройствам%20колонного%20оборудования,контактные%20устройства%20(насадки%20и%20тарелки))