

М.А. Голубина

Курс лекций
(конспекты)

по учебной дисциплине:

«Технологическое оборудование»

Раздел 4. Конструкции типового промышленного оборудования.

для специальности 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация
промышленного оборудования (по отраслям)

2016 год

Раздел 4. Конструкции типового промышленного оборудования.

Тема 4.1. Емкостная аппаратура.

Резервуары.

В химической и нефтехимической промышленности применяют значительное количество резервуаров для продуктов, весьма различных по своим свойствам: огне- и взрывоопасных, летучих, корродирующих и застывающих жидкостей. Так как с увеличением объема резервуара уменьшается удельный расход металла на единицу объема, стремятся максимально увеличить объем резервуаров.

Резервуары изготавливают цилиндрические (вертикальные и горизонтальные) и шаровые и весьма ограниченно прямоугольные. По способу установки резервуары могут быть наземными, полуподземными и подземными. В химической промышленности применяют в основном наземные.

Цилиндрические резервуары. Вертикальные цилиндрические резервуары. Их выполняют емкостью до 20 000 м³ с плоским дном и конической крышей. Обечайка цилиндрического резервуара состоит из нескольких царг (поясов), сваренных внахлестку. Верхний пояс делают из листов наименьшей толщины, а толщину следующих поясов увеличивают книзу по мере возрастания гидростатического давления. Для стальных резервуаров из условий жесткости и надежности сварки толщину стенки принимают не менее 4 мм. Так как расчетная толщина стенки небольших резервуаров (до 1000 м³) не превышает 4 мм, то их делают одинаковой толщины. Толщину днища резервуара принимают такой же, как и толщину нижнего пояса. Крышу резервуара опирают на радиально расположенные балки, которые в центре связаны кольцом. Верхний край обечайки укрепляют кольцом жесткости из уголка. В больших резервуарах (диаметром более 12 м) в центре устанавливают колонну, на которую опираются балки кровли.

Штуцера и люки на крыше резервуара располагают обычно с края и обслуживают со специальной площадки. Ходжение по кровле резервуара, как правило, не допускается.

В настоящее время освоен прогрессивный метод сборки вертикальных цилиндрических резервуаров из укрупненных элементов. Боковая стенка поступает в виде рулонной заготовки — цельного сварного полотна, закрученного в рулон транспортабельных размеров, а днища и крышки — в виде секторов и сегментов. На крыше устанавливают штуцера для наполнения, вентиляционный штуцер, световой люк, люк для замера уровня и указатель уровня. В нижней части резервуара делают люк для обслуживания и спускной штуцер. Иногда заполняют и опорожняют резервуар через один нижний приемо-раздаточный патрубок. Вентиляционный штуцер служит для «дыхания» резервуара, входа и выхода воздуха при измерении уровня жидкости. При работе со взрыво- и пожароопасными жидкостями на вентиляционные штуцеры последовательно устанавливают дыхательный клапан и огнепреградитель. Дыхательный клапан имеет две плоские тарелки, которые поднимаются как при избыточном давлении, так и при вакууме в резервуаре. После выравнивания давления тарелка закрывается и разобщает пространство от внешней среды. Для защиты от примерзания поверхность тарелок покрывают фторопластовой пленкой. Огнепреградитель — коробка, заполненная медными кольцами, комплектом сеток или гофрированными медными или алюминиевыми лентами. Пламя, попавшее в огнепреградитель, гаснет вследствие быстрого охлаждения.

Для перекрытия сливного трубопровода в случае аварии на линии устанавливают хлопушку, которая имеет штуцер с косым срезом, закрытый откидной крышкой. Открывается и закрывается хлопушка с помощью каната. Для подачи пены при тушении пожара устанавливают пеносливную камеру, в которую подают растворы пенообразователей. Камеру устанавливают у боковой стенки резервуара в верхней его части.

При хранении застывающих продуктов устанавливают обогревающие элементы. Для этого на дне резервуара укладывают секционные теплообменники. Иногда вставляют U-образные элементы или обогревают стенки хранилища.

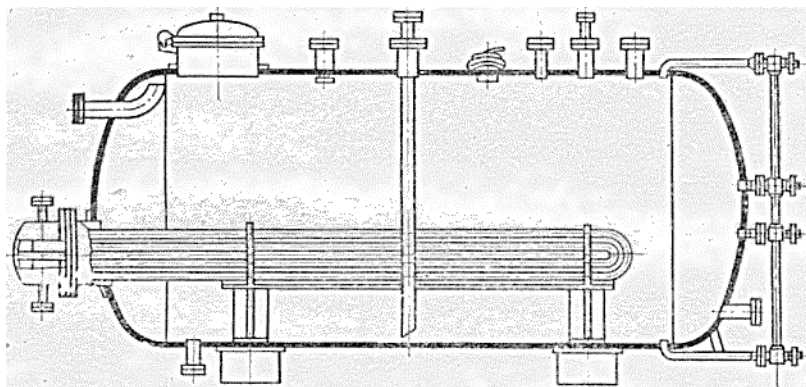


Рис. 1. Горизонтальный цилиндрический резервуар с U-образным греющим элементом

Горизонтальные цилиндрические резервуары (рис.1). Их изготавливают объемом до 150-200 м³, длиной до 20 м. Наиболее рационально отношение длины к диаметру $D/L = 6$.

Горизонтальные цилиндрические резервуары выполняют с плоскими, тарельчатыми, полушаровыми и эллиптическими днищами. Плоские и тарельчатые днища применяют при давлении в резервуаре до 0,04 Н/мм², при более высоком устанавливают полушаровые или эллиптические днища.

Горизонтальные резервуары целесообразно устанавливать на двух опорах, иначе трудно обеспечить равномерное опирание на все точки. Однако крупные резервуары устанавливают на трех, четырех или даже пяти опорах. При устройстве фундаментов под резервуары, имеющие три, четыре или пять опор, принимают специальные меры, обеспечивающие равномерную нагрузку на все точки, для чего, например, при бетонировании под опору подают жидкий бетон под давлением. Опоры под горизонтальные резервуары делают стальными, приваренными к корпусу аппарата, или в виде бетонных тумб с седловиной. Предпочтительны стальные опоры, которые состоят из горизонтального листа (подошвы) и вертикальных ребер, связывающих его с корпусом аппарата. Угол обхвата аппарата стальной или бетонной опорой не менее 120°. На аппаратах, подверженных значительным температурным колебаниям, одну опору делают жестко закрепленной, а другие — подвижными, установленными на ролики.

Горизонтальные резервуары больших размеров укрепляют кольцами жесткости, расположенными над опорами внутри аппарата (если это возможно) или снаружи. При внутреннем расположении их иногда укрепляют распорками в форме треугольника.

Опорожняют резервуары через штуцер нижнего спуска, перекачиванием или с помощью погружных насосов. Такой насос имеет длинный вертикальный вал. Сверху, над крышкой резервуара, расположен электродвигатель, на нижнем конце вала установлено рабочее колесо насоса. Всасывающий патрубок опущен вниз, расстояние его от дна аппарата 40-60 мм. Глубина погружения насоса до 3 м. Погружные насосы применяют в тех случаях, когда устройство нижнего спуска нежелательно из-за свойств продукта и когда резервуар зарыт на определенную глубину в землю или стоит на нулевой отметке и установка центробежного насоса ниже дна резервуара представляет трудности.

Обогревают горизонтальные резервуары с помощью вставных U-образных элементов, как показано на рисунке, или змеевиков, приваренных к наружной стенке.

Шаровые резервуары. Применяют для хранения под давлением легколетучих жидкостей или сжиженных газов (рис.3), изготавливают из штампованных элементов. Они опираются на нижние опоры и стойки, расположенные по экватору. Обслуживание арматуры, установленной в верхней части резервуара, производят с площадки. В настоящее время изготавливают шаровые резервуары диаметром до 20 м на рабочее давление до 3,0 Н/мм².

Прямоугольные резервуары. Они просты в изготовлении и позволяют наилучшим образом использовать площадь помещения, в котором они установлены, однако расход металла на единицу объема у них в 3-4 раза больше, чем у цилиндрических, вследствие значительных изгибающих напряжений, возникающих в плоских стенках. Поэтому прямоугольные резервуары большой

емкости применять нецелесообразно. Такие резервуары (коробки) используют для хранения небольших объемов жидкости и в качестве корпусов погруженных холодильников, кожухов сушилок и для других вспомогательных целей. Грани прямоугольных резервуаров связывают уголками для повышения жесткости конструкции. При значительных размерах коробки устанавливают также горизонтальные и вертикальные ребра жесткости на боковых стенках. По возможности прямоугольные резервуары больших размеров снабжают внутренними связями из проката или стержней со стяжными гайками.

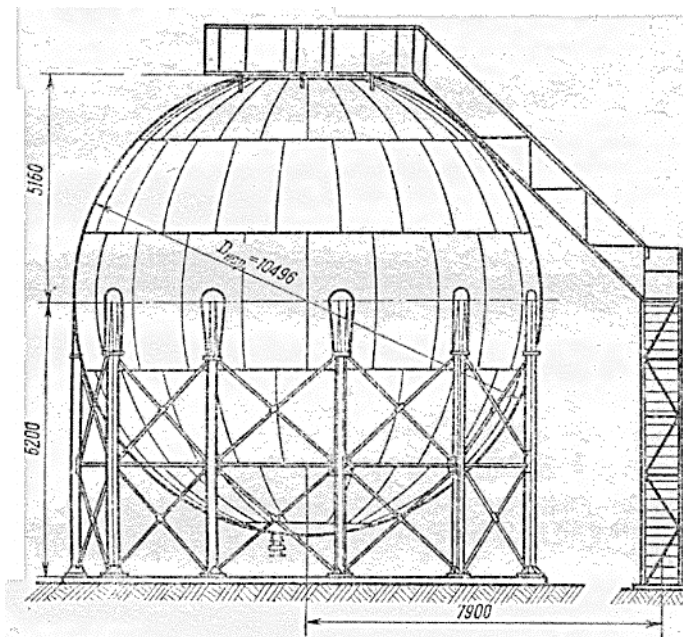


Рис. 2. Шаровой резервуар емкостью 600 м³

Резервуары, защищенные антикоррозионными покрытиями, имеют ряд конструктивных особенностей: корпуса футерованных резервуаров делают сваренными встык и толщины стенок увеличивают для придания им жесткости. Плоские днища больших резервуаров укрепляют балками. Резервуары обычно футеруют кислотоупорным кирпичом по непроницаемому подслою. Для удобства футеровки в нижней части делают люк большого диаметра (не менее 800 мм), который закладывают кирпичом после выполнения работ. Крышу резервуара защищают каким-либо лакокрасочным покрытием, причем для удобства

защиты опорные балки целесообразно выносить на наружную поверхность кровли. Так как лакокрасочное покрытие не гарантирует достаточно надежной защиты поверхности, хождение по крыше футерованных резервуаров категорически исключается. В случае необходимости обслуживания центральной части крыши хранилища над ней делают переходной мостик. Футерованные резервуары устанавливают не на сплошное основание, а на ленточные фундаменты или балки, чтобы иметь доступ к днищу для его осмотра.

Вспомогательная емкостная аппаратура

Наряду с резервуарами, предназначенными для больших объемов жидкости, в химической и нефтехимической промышленности применяют значительное количество вспомогательной емкостной аппаратуры: небольших буферных (промежуточных) емкостей, напорных баков, мерников, флорентийских сосудов, фазоразделителей и др.

Напорные баки служат для поддержания постоянного напора жидкости. Мерники емкостью не более 2-2,5 м³ применяют большей частью в периодических процессах для отмеривания заданного объема жидкости. Отмеривание производится по изменению уровня жидкости, для чего мерники снабжают поплавковым уровнемером или мерным стеклом. Для точного определения измеряемого объема мерники имеют отношение высоты к диаметру большее, чем у обычных емкостных аппаратов. Мерники и напорные баки кроме патрубков наполнения и слива имеют обычно переливные линии на случай переполнения аппарата и воздушники.

Флорентийские (разделительные) сосуды служат для разделения двух несмешивающихся жидкостей. После расслаивания через нижний штуцер сливается более тяжелая жидкость, а через боковые штуцера — легкая. Фазоразделители используют для разделения жидкой и газовой фаз. Они представляют собой небольшие емкостные аппараты, в которых газожидкостная смесь расслаивается, что дает возможность разделить ее на два потока.

Тема 4.2. Теплообменные аппараты.

Назначение и классификация теплообменных аппаратов

По способу передачи тепла различают следующие типы теплообменных аппаратов:

- 1) поверхностные, в которых оба теплоносителя разделены стенкой, причем тепло передается через поверхность этой стенки;
- 2) регенеративные, в которых процесс передачи тепла от горячего теплоносителя к холодному разделяется по времени на два периода и происходит при попеременном нагревании и охлаждении насадки теплообменника;
- 3) смесительные, в которых теплообмен происходит при непосредственном соприкосновении теплоносителей.

В зависимости от агрегатного состояния теплоносителей различают аппараты для теплообмена:

- 1) между газами (подогреватели газов топочными газами, газовые теплообменники и др.);
- 2) между паром и газом (паровые подогреватели для воздуха, пароперегреватели и др.);
- 3) между газом и жидкостью (холодильники для газов);
- 4) между паром и жидкостью (паровые подогреватели, конденсаторы и др.);
- 5) между жидкостями (жидкостные холодильники, теплообменники и др.).

Типы поверхностных теплообменников:

- трубчатые (кожухотрубные, «труба в трубе», оросительные, погружные);
- пластинчатые;
- спиральные;
- с поверхностью, образованной стенками аппарата;
- с оребренной поверхностью теплообмена.

Трубчатые теплообменники.

Кожухотрубные теплообменники. Этот тип теплообменников является одним из наиболее распространенных. Кожухотрубные теплообменники состоят из пучка труб, концы которых закреплены в специальных трубных решетках путем развальцовки, сварки, пайки, а иногда на сальниках. Пучок труб расположен внутри общего кожуха, причем один из теплоносителей (*I*) движется по трубам, а другой (*II*) — в пространстве между кожухом и трубами (межтрубное пространство). На рис.3 а показан *одноходовой теплообменник*, в котором теплоноситель движется параллельно по всем трубам. *Многоходовые теплообменники* (рис. 3,б), работающие при смешанном токе теплоносителей, применяют для повышения скорости их движения в трубах.

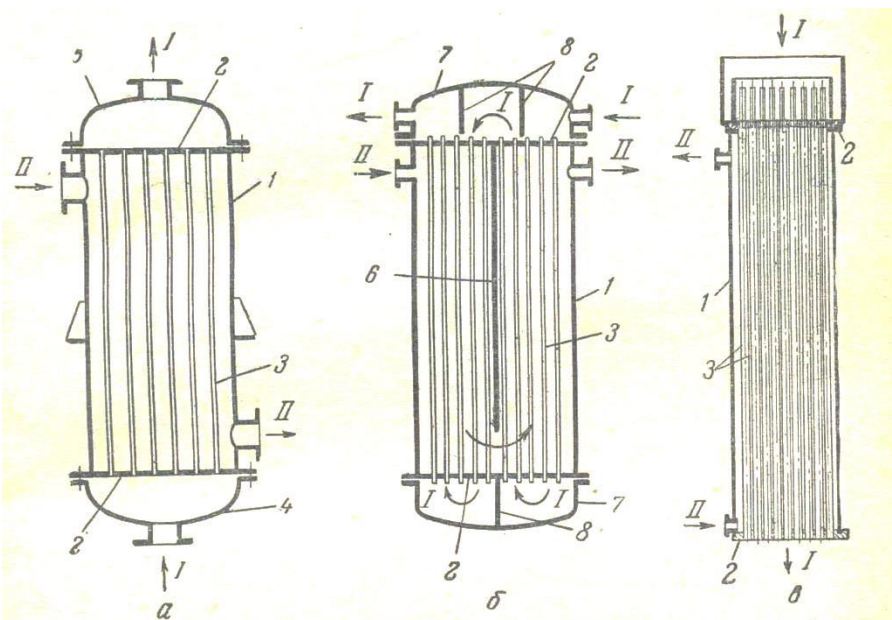


Рис.3. Кожухотрубные теплообменники:

- а-одноходовой;
- б-многоходовой;
- в-плечный;
- 1-кожух; 2-трубная решетка; 3-трубы;
- 4-входная камера; 5 - выходная камера;
- г-продольная перегородка; 7-камера;
- 8-перегородки в камерах.

На рис.3,в показан *теплообменник плечного типа* (вертикально-оросительный), в котором жидкий теплоноситель не заполняет всего

сечения труб, а стекает пленкой по внутренней поверхности вертикальных труб. Жидкость направляется к стенкам труб специальными устройствами. По конструкции различают теплообменники с *неподвижными трубными решетками*, в которых обе решетки жёстко прикреплены к корпусу и трубы не могут свободно удлиняться (см. рис.3), и теплообменники с *компенсирующими устройствами*, в которых трубы могут свободно удлиняться.

В теплообменниках с неподвижными трубными решетками при различном тепловом удлинении труб и кожуха возникают температурные напряжения; поэтому такие теплообменники применяют при небольшой (до 50° С) разности температур между трубами и кожухом.

Компенсация неодинакового удлинения труб и кожуха достигается установкой линзового компенсатора, устройством подвижной трубной решетки, применением U-образных труб, а также закреплением труб в решетках на сальниках.

Теплообменники с подвижной решеткой имеют одну трубную решетку, закрепленную в кожухе; вторая решетка подвижна и может перемещаться внутри аппарата. В этих теплообменниках пучок труб можно вынуть из кожуха для осмотра и чистки межтрубного пространства.

Теплообменники типа «труба в трубе». Теплообменники «труба в трубе» (рис. 4) включают несколько расположенных друг над другом элементов, причем каждый элемент состоит из двух труб: наружной трубы 1 большего диаметра и концентрически расположенной внутри нее трубы 2. Внутренние трубы элементов соединены друг с другом последовательно; так же связаны между собой и наружные трубы. Для возможности очистки внутренние трубы соединяют при помощи съемных калачей 3.

Благодаря небольшому поперечному сечению в этих теплообменниках легко достигаются высокие скорости теплоносителей как в трубах, так и в межтрубном пространстве.

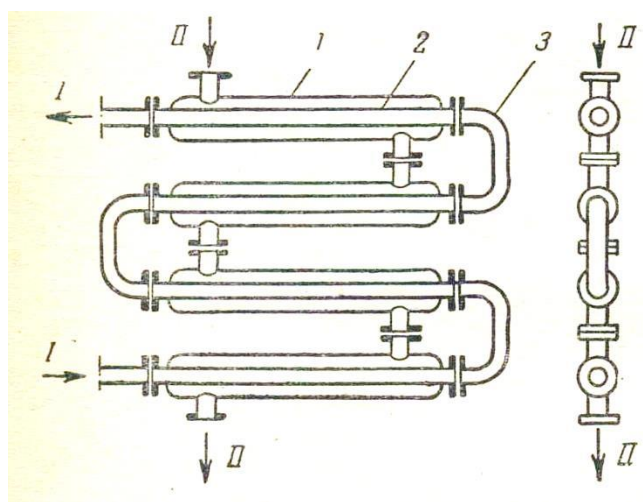


Рис.4. Теплообменник типа «труба в трубе»:

1-наружная труба; 2-внутренняя труба;
3-калач.

При значительных количествах теплоносителей теплообменник составляют из нескольких параллельных секций, присоединяемых к общим коллекторам.

Преимущества теплообменников «труба в трубе»: 1) высокий коэффициент теплопередачи вследствие большой скорости обоих теплоносителей; 2) простота изготовления. Недостатки этих теплообменников: 1) громоздкость; 2) высокая стоимость ввиду большого

расхода металла на наружные трубы, не участвующие в теплообмене; 3) трудность очистки межтрубного пространства.

Оросительные теплообменники. Оросительные теплообменники состоят из змеевиков, орошаемых снаружи жидким теплоносителем (обычно водой), и применяются

главным образом в качестве холодильников. Змеевики выполняют из прямых горизонтальных труб 3 (рис.5), расположенных друг над другом и последовательно соединенных между собой сваркой или на фланцах при помощи калачей 2.

Орошающая вода подается на верхнюю трубу, стекает с нее на нижележащую трубу и, пройдя последовательно по поверхности всех труб, стекает в поддон 4, расположенный под холодильником. Вода, орошающая трубы, частично испаряется (обычно испаряется 1—2% от общего количества поступающей воды). При этом часть отнимаемого от горячего теплоносителя тепла затрачивается на испарение воды, расход которой в оросительных холодильниках ниже, чем в холодильниках других типов.

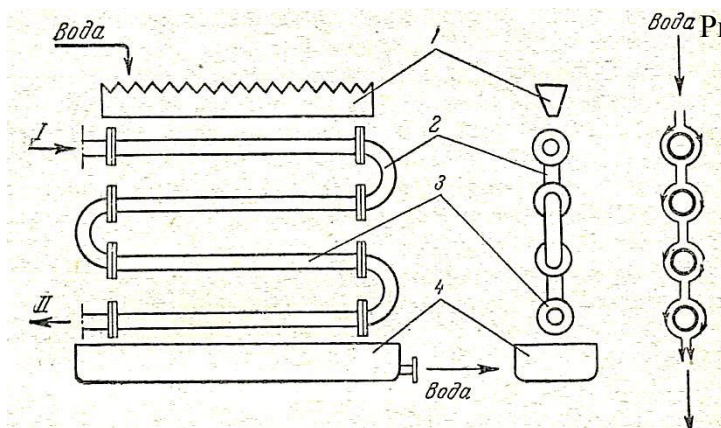


Рис 5. Оросительный теплообменник:
1-желоб для подачи воды;
2- калач; 3-труба; 4-поддон.

Вследствие сильного испарения орошающей воды оросительные холодильники о устанавливают на открытом воздухе, снабжая их ограждением в виде жалюзи во избежание , уноса воды ветром.

Достоинства оросительных теплообменников: 1) пониженный расход охлаждающей воды; 2) простота устройства и дешевизна; 3) легкость осмотра и наружной очистки труб (при соединении труб на фланцах очистку нетрудно производить и внутри).

Недостатки этих теплообменников: 1) громоздкость, 2) сильное испарение воды, чувствительность к колебаниям подачи воды; при недостатке воды нижние трубы не смачиваются и почти не участвуют в теплообмене.

Погружные теплообменники. Погружные теплообменники состоят из змеевиков, помещенных в сосуд с жидким теплоносителем. Другой теплоноситель движется внутри змеевиков. При большом количестве этого теплоносителя для сообщения ему необходимой скорости применяют змеевики из нескольких параллельных секций.

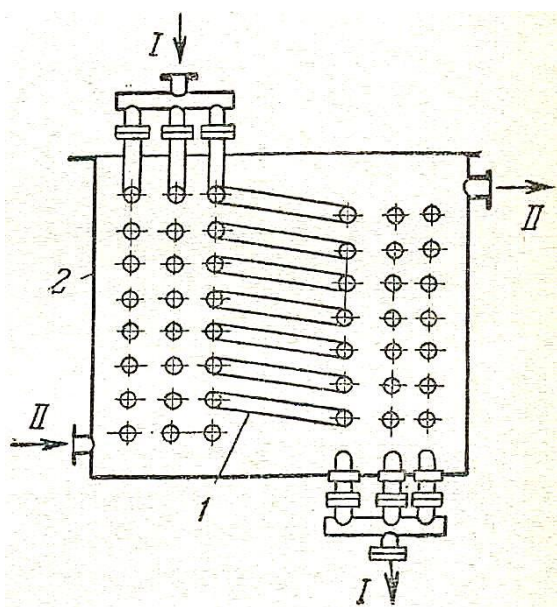


Рис.6. Погружной теплообменник.

На рис.6 показан погружной теплообменник, состоящий из цилиндрических змеевиков 1, установленных в круглом сосуде 2. Змеевик выполнен из концентрически расположенных параллельных секций.

Преимущества погружных теплообменников:

1) простота изготовления; 2) доступность поверхности теплообмена для осмотра и ремонта; 3) малая чувствительность к изменениям режима вследствие наличия большого объема жидкости в сосуде.

Недостатки: 1) громоздкость; 2) неупорядоченное движение (незначительная скорость) жидкости в

сосуде, в результате чего теплоотдача снаружи змеевиков происходит путем свободной конвекции с невысоким коэффициентом теплоотдачи; 3) трудность внутренней очистки труб.

2. Пластинчатые теплообменники.

Пластинчатые теплообменники (рис. 7) имеют плоские поверхности теплообмена. Обычно такие теплообменники состоят из ряда параллельных пластин, изготовленных из тонких металлических листов. Каналы между пластинами сгруппированы в две системы: по одной системе каналов движется горячий теплоноситель, по другой — холодный. Эти теплообменники весьма компактны, что обеспечивает (при соответствующем выборе расстояний между пластинами) пропускание обоих

теплоносителей с значительными скоростями и приводит к достижению высоких коэффициентов теплопередачи. Будучи ограничены плоскими стенками, пластинчатые теплообменники не выдерживают сколько-нибудь значительных давлений; кроме того, в этих теплообменниках трудно обеспечить достаточную герметичность для предотвращения смешения теплоносителей.

Такие теплообменники используются для теплообмена между газами при атмосферном давлении (главным образом для подогрева воздуха топочными газами). За последнее время теплообменники подобного типа применяют для теплообмена между газами в установках глубокого охлаждения.

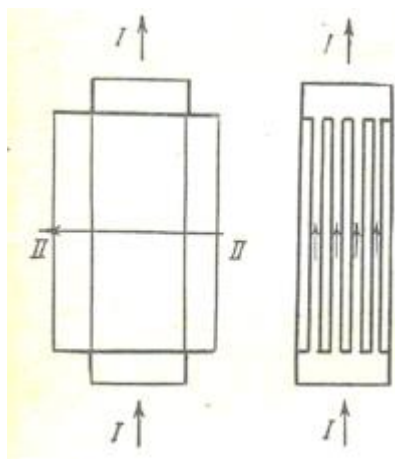


Рис.7.

Для теплообмена между жидкостями используют пластинчатые теплообменники фильтрпрессного типа. Они состоят из системы плит, похожих на плиты фильтрпрессов. По каналам между плитами жидкости протекают так, что каждая плита с одной стороны омывается первой жидкостью, а с другой стороны — второй жидкостью. Эти теплообменники работают при избыточных давлениях до 10 ат, имеют высокий коэффициент теплопередачи, отличаются большой компактностью, легко поддаются разборке и чистке. Недостатком их является большое число прокладочных соединений между плитами.

3. Спиральные теплообменники.

Спиральные теплообменники (рис.8) состоят из двух спиральных каналов прямоугольного сечения, по которым движутся теплоносители *I* и *II*. Каналы образуются тонкими металлическими листами 1 и 2, которые служат поверхностью теплообмена. Внутренние концы спиралей соединены разделительной перегородкой 3.

Для придания спиральям жесткости и фиксирования расстояния между ними служат прокладки, Система каналов закрыта с торцов крышками 4.

Горизонтальный спиральный теплообменник, показанный на рис. 8, применяют для теплообмена между двумя жидкостями. Для теплообмена между конденсирующимся паром и жидкостью используют вертикальные спиральные теплообменники (рис. 7) такие теплообменники применяют в качестве конденсаторов и паровых подогревателей для жидкостей. Преимущества спиральных теплообменников: 1) компактность; 2) возможность пропускания обоих теплоносителей с высокими скоростями, что обеспечивает большой коэффициент теплопередачи; 3) при тех же скоростях гидравлическое сопротивление спиральных теплообменников меньше сопротивления многоходовых кожухотрубных теплообменников.

Недостатки: 1) сложность изготовления (требуется специальный намоточный станок) и ремонта, 2) пригодность для работы под избыточным давлением не выше 6 ат(в отдельных случаях до 10 ат). Нормами предусмотрены спиральные теплообменники с поверхностью теплообмена 15 м² (ширина спирали 375 мм) и 30 м² (ширина спирали 750 мм) ширина спирального канала 7 мм.

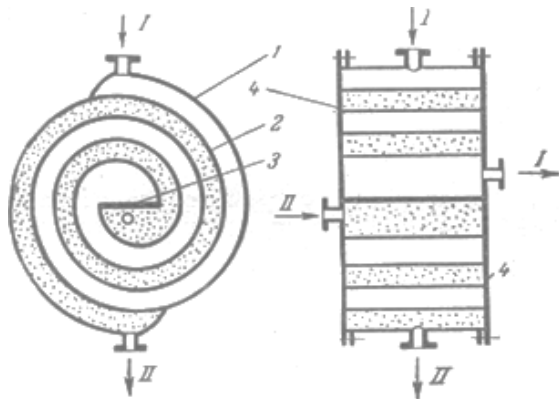


Рис.8. Горизонтальный теплообменник

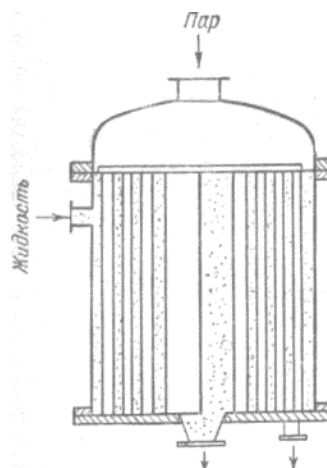


Рис.9. Вертикальный спиральный теплообменник

Теплообменники с поверхностью теплообмена, образованной стенками аппарата.

Для обогрева и охлаждения реакционных и других аппаратов часто осуществляют передачу тепла непосредственно через их стенки, которые и служат поверхностью теплообмена. Применение этих аппаратов ограничено небольшой поверхностью теплообмена (до 10 м^2). Для повышения коэффициента теплоотдачи со стороны находящегося в аппарате жидкого теплоносителя обычно перемешивают его с помощью мешалки.

Аппарат с рубашкой (рис.10, а) является простейшим представителем этой группы. Рубашка 2 крепится к корпусу 1 (путем приварки) или к фланцу аппарата (на болтах). По замкнутому пространству между рубашкой- и наружной поверхностью корпуса пропускается нагревающий или охлаждающий агент. Применение таких рубашек ограничено допустимыми избыточными давлениями, не превышающими 6—10 ат. Для избыточных давлений до 75 ат рубашку изготавливают из листов с большим количеством выштампованных отверстий, причем кромки листов по периметру отверстий приваривают к корпусу аппарата (рис.10, б).

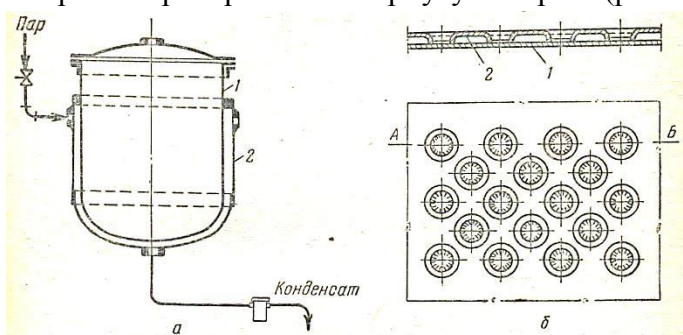


Рис.10.

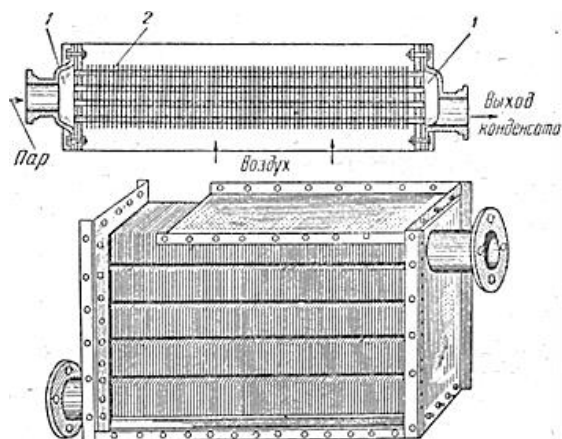
Аппараты с залитыми в стенки змеевиками изготавливают из чугуна; в стенки аппарата при отливке заливается стальной змеевик, по которому пропускается нагревающий агент с избыточным давлением до 250 ат. Избыточное давление в аппарате не должно превышать 6 ат. Такие аппараты используются главным образом при обогреве перегретой водой. Вследствие различного коэффициента удлинения чугуна и стали достижение плотного соединения змеевиков с чугунной стенкой затруднительно, поэтому коэффициент теплопередачи в этих аппаратах невысок.

Аппараты с приваренными снаружи змеевиками имеют стальные змеевики, изогнутые в форме спирали или состоящие из труб, расположенных по образующим цилиндрической поверхности аппарата.

Если коэффициент теплоотдачи для одного из теплоносителей значительно ниже, чем

для второго, то поверхность теплообмена со стороны теплоносителя с низким а целесообразно увеличить по сравнению с поверхностью теплообмена со стороны другого теплоносителя. Это достигается в теплообменниках с оребренными поверхностями теплообмена. В таких аппаратах поверхность теплообмена имеет на одной стороне различной формы ребра. В трубчатых теплообменниках обычно используются поперечные или продольные ребра.

Поперечные ребра выполняют в виде круглых или прямоугольных металлических шайб, насаженных на трубу. Такое оребрение широко применяется в *пластинчатых калориферах*, показанных на рис.11.



Калориферы состоят из пучка оребренных труб 2, закрепленных в коробках 1. Применяют калориферы для подогрева воздуха, движущегося с наружной стороны труб, паром или горячей водой, которые пропускаются по трубам.

Продольные ребра используются обычно при движении теплоносителя вдоль трубы и применяются для наружного оребрения труб в теплообменниках с U-образными трубами и в теплообменниках типа «труба в трубе».

Регенеративные аппараты.

В регенеративных теплообменниках в качестве насадки применяют кирпичи, металлические листы, шары, алюминиевую фольгу и т. п. В течение первого периода (*период нагревания насадки*) через аппарат пропускают горячий теплоноситель, причем отдаваемое им тепло расходуется на нагревание насадки и в ней аккумулируется. В течение второго периода (*период охлаждения насадки*) через аппарат пропускают холодный теплоноситель, который нагревается за счет тепла, аккумулированного насадкой. Периоды нагревания и охлаждения насадки продолжаются от нескольких минут до нескольких часов.

Для непрерывного осуществления теплопередачи между теплоносителями необходимы два регенератора: в то время как в одном из них происходит охлаждение горячего теплоносителя, в другом нагревается холодный теплоноситель. Затем аппараты переключаются, после чего в каждом из них процесс теплопередачи протекает в обратном направлении.

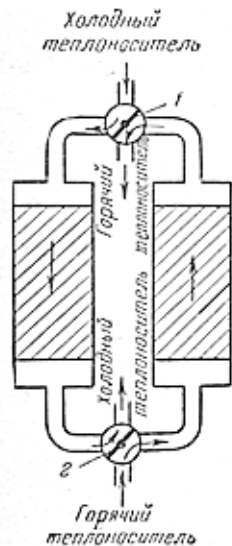


Рис. 12-22. Схема регенератора с неподвижной насадкой:
1, 2 — клапаны.

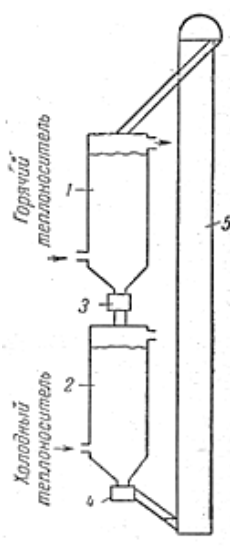


Рис. 12-23. Схема регенератора с движущейся насадкой:
1, 2 — регенераторы; 3, 4 — затворы; 5 — элеватор.

Схема соединения и переключения пары регенераторов приведена на рис. 12-22. Переключение производится поворотом клапанов 1 и 2. Направление движения теплоносителей показано стрелками. Переключение регенераторов может производиться автоматически через определенные промежутки времени; автоматизация безусловно необходима при коротких периодах работы регенераторов.

На рис. 12-23 показан регенератор с движущейся насадкой, выполненной в виде металлических шаров. Через регенератор 1 пропускается горячий теплоноситель, причем насадка нагревается. Насадка непрерывно выгружается через затвор 3 и поступает в регенератор 2, через который пропускается холодный теплоноситель. Из регенератора 2 насадка выгружается через затвор 4 и элеватором 5 вновь подается в регенератор 1. Таким

образом, переключение регенераторов отпадает, и тепло передается от горячего теплоносителя к холодному при помощи насадки, непрерывно циркулирующей через оба регенератора.

Достоинство регенеративного теплообмена заключается в отсутствии стенки, разделяющей теплоносители, что в ряде случаев упрощает конструкцию, приводит к лучшему использованию тепла и позволяет работать с малыми разностями температур между теплоносителями.

Недостатками регенеративного теплообмена является необходимость переключения регенераторов (или транспортирования насадки в регенераторах с движущейся насадкой) и невозможность избежать некоторого смешения теплоносителей.

Регенераторы применяются преимущественно при высоких температурах теплоносителей (более 500°C), когда поверхностные теплообменники, вследствие низкой стойкости металла в данных условиях, мало пригодны. В этом случае насадку регенераторов выполняют из огнеупорного кирпича. Такие регенераторы широко применяются для подогрева воздуха (или горючего газа) теплом отходящих топочных газов.

В последнее время регенераторы получили распространение для теплообмена между газами (стр. 557) в области низких температур (до -200°C); в качестве насадки применяется алюминиевая лента.

Смесительные аппараты.

В смесительных теплообменниках передача тепла от горячего теплоносителя к холодному теплоносителю происходит путем их непосредственного соприкосновения. Такие аппараты довольно часто используются для охлаждения газов и конденсации паров при соприкосновении их с водой, а также для охлаждения воды при помощи воздуха. К смесительным аппаратам относятся также подогреватели для жидкостей с обогревом острым паром. Наибольшее распространение имеют так называемые конденсаторы смешения, предназначенные для конденсации водяного пара.

В смесительных теплообменниках, в которых происходит соприкосновение газа и воды, наряду с теплообменом протекает процесс массообмена, заключающийся либо в испарении воды в газ, либо, наоборот, — в конденсации влаги из газа. Испарение воды (увлажнение газа) происходит при соприкосновении с водой сравнительно сухого газа. При соприкосновении же с водой газа с большим содержанием водяных паров происходит конденсация этих паров (осушка газа).

Одним из основных факторов, определяющих работу смесительных аппаратов, является поверхность соприкосновения теплоносителей, которая должна быть возможно большей. Для получения значительной поверхности соприкосновения в аппарате либо помещается насадка, либо устраиваются полки, причем жидкость постепенно перетекает с одной полки на другую, либо жидкость распыливается на мелкие капли. Конструктивно такие теплообменники оформляются обычно в виде колонн, не отличающихся по своему устройству от скрубберов, применяемых для очистки газов.

Тема 4.3. Сушильные аппараты. Выпарные установки.

Сушильные аппараты. Конструкция и работа барабанной сушилки.

На углеобогащательных фабриках для сушки продуктов обогащения применяют различные конструкции сушильных агрегатов, к которым относятся: трубы-сушилки, грохоты-сушилки, турбинные сушилки, конвейерные, пневматические, лотковые; барабанные вращающиеся, сушилки с кипящим слоем. Сушильные аппараты работают как с газовым, так и паровым обогревом. Паровой обогрев применяют в аппаратах для сушки бурых углей при брикетировании. В этом случае теплоносителем служит пар, а сушильным агентом является воздух. В аппаратах, используемых для сушки продуктов обогащения, в качестве сушильного агента и теплоносителя используют продукты сгорания газообразного или твердого топлива.

По эффективности действия особое место занимают сушилки с кипящим слоем и сушильный барабан.

Сушилка барабанная применяется для сушки как крупного» угля — до 300 мм, так и флотационного концентрата и шлама. Процесс удаления влаги из материала идет под действием газов,, нагретых до высокой температуры. В углеобогащении применяют барабанные сушилки типа 2,8X14 м; 3,25X20 м; 3,5X X27 м; 0,3X22 м. Они отличаются достаточно высокой экономичностью расхода тепла и электроэнергии, простотой конструкции, надежностью в работе.

Сушилка барабанная (рис.13) устанавливается под углом 1—5° к горизонту и представляет собой полый сварной цилиндрический корпус 4, к которому при помощи фланцевого соединения крепится загрузочное устройство 3 со спиралеобразной внутренней насадкой 2 и загрузочной воронкой 1. Внутри корпуса барабана закреплены металлические насадки 5 и 9 различной формы, способствующие лучшему контакту материала с теплоносителем. Опирается барабан бандажами 11 на ролики 12 и скользит по ним. Для фиксации барабана от продольного смещения установлены упорные ролики 8. Вращение сушилки осуществляется от привода 10, состоящего из электродвигателя, редуктора, шестерни и зубчатого венца 6, неподвижно закрепленного на корпусе 4. Частоту вращения корпуса сушилки с диаметром барабана до 2,5 м принимают до 0,8 рад/с, а с диаметром более 2,5 м — до 0,63 рад/с.

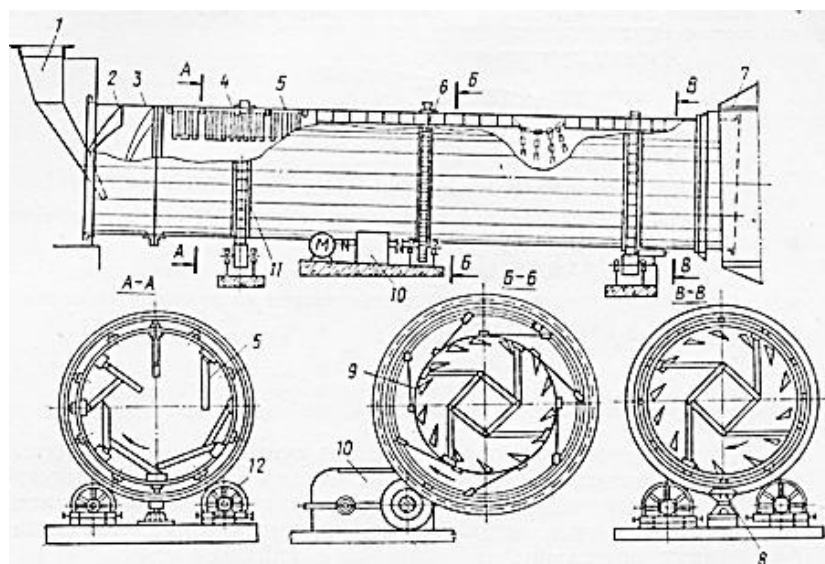


Рис.13. Сушилка барабанная.

Перед барабаном сушилки устанавливают топку, в которой сжигается природный газ. Продукты сгорания при температуре 700—800°С поступают внутрь барабана и движутся параллельно движению материала. На выходе барабана устанавливают разгрузочный механизм 7 и устройства для очистки газового потока от твердых частиц. Для предотвращения прохода газов в местах соединения корпуса барабана с топкой и разгрузочной камерой устанавливают различного вида

уплотнения. Со стороны загрузки обычно применяют секторное уплотнение, со стороны разгрузки — ленточное.

Материал поступает в сушилку по загрузочной воронке 1 (см. рис. 13). При движении вдоль барабана уголь разрыхляется, перемешивается насадками 5 и 9. Сушка угля происходит при соприкосновении с горячим потоком газа и нагретой поверхностью насадки барабана. После выхода из сушилки газы с температурой 80—105°С попадают в циклоны для очистки от частиц угля. После циклонов часть газов возвращается в сушилку (рециркуляция), а часть выбрасывается в атмосферу. Высушенный материал через разгрузочное устройство поступает в бункер-накопитель.

Во время эксплуатации барабанной сушилки необходимо следить за затяжкой всех болтовых соединений, наличием смазки трущихся частей. При обнаружении чрезмерного износа опорных и упорных роликов необходимо их заменить. Не допускать перекосов зацепления подвенцовой и венцовой шестерен. Своевременно устранять смещение опорных роликов.

При необходимости остановки барабана необходимо прекратить подачу материала и теплоносителя, продолжая вращение барабана для постепенного его охлаждения. Остановка горячего барабана не допускается.

При пуске в работу необходимо с включением барабана и теплоносителя одновременно подавать материал.

Техническая характеристика сушильного барабана СБ 3,5- 27ЛС следующая: диаметр 3,5 м, длина 27 м, толщина стенки 24 мм, габаритные размеры (длина, ширина, высота) 32х6х9, масса 267 кг.

Способы выпаривания.

Процесс концентрирования растворов, заключающийся в удалении растворителя путем испарения при кипении, называется *выпариванием*.

Выпаривание широко применяется для повышения концентрации разбавленных растворов или выделения из них растворенного вещества путем кристаллизации.

Для обогрева выпарных аппаратов применяют нагревающие агенты. Наибольшим распространением пользуется водяной пар. В некоторых случаях, когда необходимо проводить выпаривание при высокой температуре, применяют топочные газы и высокотемпературные нагревающие агенты (дифенильная смесь, перегретая вода, масло); иногда используют электрический обогрев.

Нагревание выпариваемого раствора производится путем передачи тепла от нагревающего агента через стенку, разделяющую оба вещества, либо путем непосредственного соприкосновения веществ. Выпаривание путем непосредственного соприкосновения нагревающего агента с раствором применяется только при обогреве топочными газами.

Выпаривание ведут как под атмосферным, так и под пониженным или повышенным давлением.

При выпаривании раствора под *атмосферным давлением* образующийся так называемый *вторичный (соковый) пар* выпускается в атмосферу. Такой способ выпаривания является наиболее простым.

При выпаривании под *пониженным давлением* (при разрежении) в аппарате создается вакуум путем конденсации вторичного пара в специальном конденсаторе и отсасывания из него неконденсирующихся газов с помощью вакуум-насоса.

Вакуум-выпарка позволяет снизить температуру кипения раствора и применяется для выпаривания чувствительных к высокой температуре растворов (например, растворов органических веществ), а также высококипящих растворов, когда температура нагревающего агента не дает возможности вести процесс под атмосферным давлением. Использование вакуума позволяет также увеличить разность температур между нагревающим агентом и кипящим раствором, а следовательно, уменьшить поверхность теплообмена. Недостатком выпаривания в вакууме является удорожание установки (дополнительные затраты на конденсационное устройство) и ее эксплуатации (расход воды на конденсатор, затрата энергии на вакуум-насос, расходы по обслуживанию, амортизация конденсационного устройства).

При выпаривании под *повышенным давлением* вторичный пар может быть использован как нагревающий агент в подогревателях, для отопления и т. п., а также для различных технологических нужд. Выпаривание под давлением связано с повышением температуры кипения раствора, поэтому применение данного способа ограничено свойствами раствора и температурой нагревающего агента.

Установки, состоящие из одиночного аппарата, вторичный пар из которого не используется (при выпаривании под атмосферным давлением или при разрежении) или используется вне аппарата, называются *однокорпусными выпарными установками*.

Большим распространением пользуются *многокорпусные выпарные установки*, включающие несколько соединенных друг с другом аппаратов (корпусов), работающих под давлением, понижающимся по направлению от первого корпуса к последнему. В таких установках можно применять вторичный пар, образующийся в каждом предыдущем корпусе, для обогрева последующего корпуса. При этом свежим паром обогревается только первый корпус; образующийся в первом корпусе вторичный пар направляется на обогрев второго корпуса, в котором давление ниже, и т. д. Вторичный пар из последнего корпуса поступает в конденсатор (если этот корпус работает при разрежении) или используется вне установки (если последний корпус работает при повышенном давлении). Таким образом, в многокорпусных выпарных установках осуществляется многократное использование одного и того же количества тепла (тепла, отдаваемого греющим паром в первом корпусе), что позволяет сэкономить значительное количество потребляемого свежего пара.

Многократное использование тепла возможно также в одно- корпусных выпарных установках, если сжать вторичный пар при помощи компрессора или пароструйного инжектора до давления, позволяющего применять пар для обогрева того же аппарата, в котором этот пар образовался.

Устройство выпарных аппаратов

Наибольшее распространение получили выпарные аппараты с паровым обогревом, имеющие поверхность теплообмена, выполненную из труб.

Выпарные аппараты с паровым обогревом состоят из двух основных частей:

а) *кипятильник* (греющая камера), в котором расположена поверхность теплообмена и происходит выпаривание раствора;

б) *сепаратор* — пространство, в котором вторичный пар отделяется от раствора.

Необходимость в паровом пространстве (сепараторе) составляет основное конструктивное отличие выпарных аппаратов от теплообменников. В зависимости от характера движения кипящей жидкости в выпарном аппарате различают:

- 5) выпарные аппараты со свободной циркуляцией: В этих аппаратах неподвижный или медленно движущийся раствор находится снаружи труб. В растворе возникают неупорядоченные конвекционные токи (свободная циркуляция), обусловленные свободной конвекцией. К данной группе относятся аппараты, выполненные в виде чаш или котлов, поверхность теплообмена которых образована стенками аппарата. В настоящее время такие аппараты применяются главным образом при выпаривании очень вязких жидкостей.
- 6) выпарные аппараты с естественной циркуляцией:
- 7) выпарные аппараты с принудительной циркуляцией;
- 8) пленочные выпарные аппараты.

Выпарные аппараты с естественной циркуляцией

Естественная циркуляция возникает в замкнутой системе, состоящей из необогреваемой опускной (циркуляционной) трубы 1 (рис.14) и обогреваемых подъемных (кипятильных) труб 2. Если жидкость в подъемных трубах нагрета до кипения, то в результате испарения части жидкости в этой трубе образуется парожидкостная смесь, плотность которой меньше плотности самой жидкости. Таким образом, вес столба жидкости в опускной трубе больше, чем в подъемных трубах, вследствие чего происходит упорядоченное движение (циркуляция) кипящей жидкости по пути: подъемные трубы-> паровое пространство -> опускная труба-> подъемные трубы и т. д. При циркуляции повышается коэффициент теплоотдачи со стороны кипящей жидкости и предохраняется поверхность труб от образования накипи.

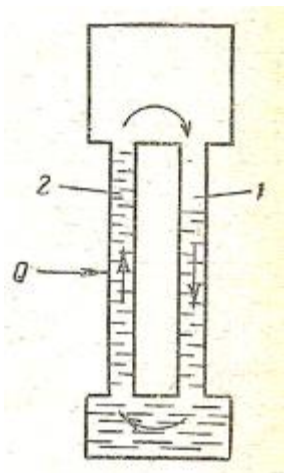


Рис.14. Схема естественной циркуляции.

Для естественной циркуляции требуются два условия: 1) достаточная высота уровня жидкости в опускной трубе, чтобы уравновесить столб парожидкостной смеси в кипятильных трубах и сообщить этой смеси необходимую скорость; 2) достаточная интенсивность парообразования в кипятильных трубах, чтобы парожидкостная смесь имела возможно малую плотность.

При небольшом уровне жидкости в опускной трубе парожидкостная смесь не может подняться до верха кипятильных труб; при этом не происходит циркуляции и работа аппарата сопровождается резким снижением производительности и быстрым покрытием труб накипью. С повышением уровня жидкости возрастает скорость циркуляции и увеличивается коэффициент теплопередачи. Однако возрастание коэффициента теплопередачи происходит лишь при повышении уровня до некоторой определенной величины (оптимальный уровень), соответствующей покрытию кипятильных труб по всей их высоте парожидкостной смесью.

Для повышения интенсивности циркуляции и коэффициента теплопередачи в последнее время стали применять аппараты с принудительной циркуляцией. На рис. 15 показан такой аппарат, снабженный наружной циркуляционной трубой 3.

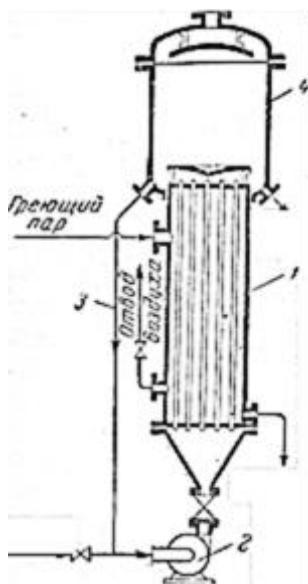


Рис.15. Выпарной аппарат с принудительной циркуляцией.

Циркуляция жидкости производится пропеллерным или центробежным насосом 2. Свежий раствор подается в нижнюю часть кипятильника, а упаренный раствор отводится из нижней части сепаратора. Уровень жидкости поддерживается несколько ниже верхнего обреза кипятильных труб. Поскольку вся циркуляционная система почти полностью заполнена жидкостью, работа насоса затрачивается не на подъем жидкости, а лишь на

преодоление гидравлических сопротивлений. Давление внизу кипятильных труб больше, чем вверху, на величину давления столба жидкости в трубах плюс их гидравлическое сопротивление. Ввиду этого на большей части высоты кипятильных труб жидкость не кипит, а перегрело сравнению с температурой кипения, соответствующей давлению в сепараторе. Закипание происходит только на небольшом участке верхней части трубы. Количество

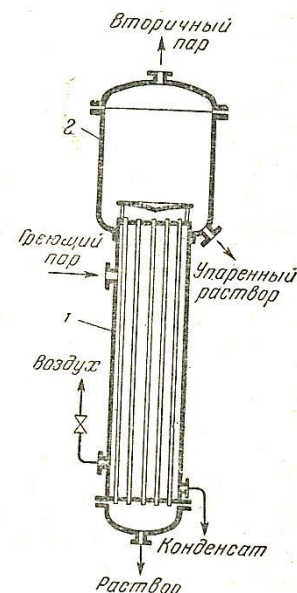
перекачиваемой насосом жидкости во много раз превышает количество испаряемой воды; поэтому отношение массы жидкости к массе пара в парожидкостной смеси, выходящей из кипятильных труб, очень велико.

Принудительную циркуляцию применяют также в аппаратах с выносным кипятильником и в аппаратах других типов.

Скорость циркуляции жидкости в кипятильных трубах принимают равной 1,5—3,5 м/сек. Скорость циркуляции определяется производительностью циркуляционного насоса и не зависит от уровня жидкости и парообразования в кипятильных трубах. Поэтому аппараты с принудительной циркуляцией пригодны при работе с малыми разностями температур между греющим паром и раствором (3—5°C) и при выпаривании растворов с большой вязкостью, естественная циркуляция которых затруднительна.

Достоинствами аппаратов с принудительной циркуляцией являются высокие коэффициенты теплопередачи (в 3-4 раза больше, чем при естественной циркуляции), а также отсутствие загрязнений поверхности теплообмена при выпаривании кристаллизующихся растворов и возможность работы при небольших разностях температур.

Недостаток этих аппаратов — необходимость расхода энергии на работу насоса.



Применение принудительной циркуляции целесообразно при изготовлении аппарата из дорогостоящего материала (в этом случае весьма существенно значительное сокращение поверхности теплообмена вследствие повышения коэффициентов теплопередачи), при выпаривании кристаллизующихся растворов (сокращаются простои во время очистки аппарата) и при выпаривании вязких растворов (что при естественной циркуляции требует наличия большой разности температур).

Пленочные выпарные аппараты.

В пленочных аппаратах раствор движется вдоль поверхности теплообмена в виде тонкой пленки.

Рис.16. Пленочный выпарной аппарат.

Пленочные аппараты с вертикальными трубами (рис. 16) состоят из пучка

кипятильных труб, обогреваемых снаружи паром и присоединенных сверху к сепаратору. Жидкость подается снизу, причем уровень ее поддерживается на $1/4 - 1/5$ высоты труб. Остальная часть высоты труб заполнена парожидкостной смесью, расслаивающейся на пленку жидкости (около стенок) и пар (в центре). Трением о струю пара жидкая пленка увлекается вверх; поэтому такие аппараты часто называют аппаратами с поднимающейся пленкой.

Пленочные аппараты обладают высоким коэффициентом теплопередачи.

Их применяют для выпаривания пенящихся, а также чувствительных к высокой температуре растворов; при выпаривании очень вязких и кристаллизующихся растворов они мало пригодны.

Тема 4.4. Измельчение и дозирование твердых материалов.

Общие сведения о дроблении. Классификация дробилок.

Дробление - процесс разрушения крупных частиц на более мелкие под действием механических сил.

Стадия дробления — часть общего процесса, осуществляемая в одной дробильной машине. В зависимости от размеров частиц дробленого материала различают стадии дробления: крупное 100-200 мм; среднее 25- 100 мм; мелкое 3-10 мм; стадии измельчения: грубое 0,5-3 мм; тонкое 0-0,5 мм. Степень дробления-отношение максимального размера частицы угля до начала дробления к максимальному размеру частицы после дробления:

Число стадий дробления определяется начальной и конечной крупностью материала. Для крупного и среднего дробления углей степень дробления принимается 3—8, для мелкого 10—30, для тонкого измельчения 25—60 единиц.

Известно несколько способов дробления и измельчения материала.

Раздавливание применяется для крупного и среднего дробления угля. Материал деформируется во всем объеме и когда величина внутренних напряжений превысит величину предела прочности сжатию, происходит разрушение на частицы различных размеров и формы.

Раскалывание применяется для крупного дробления крупных углей с целью получения частиц более однородных по крупности и меньшего выхода мелочи. Разрушение тела происходит в местах концентрации наибольших нагрузок.

Удар — применяется для мелкого дробления угля с большим выходом мелочи. Под действием динамической нагрузки тело дробится на части.

Истирание — применяется для измельчения материала с целью получения мелкого порошкообразного продукта. Измельчение происходит под действием сжимающих, растягивающих и срезающих сил.

Резание и распиливание — применяются для получения размеров и формы частиц заранее заданных. Процесс дробления материалов этими способами полностью управляемый.

При выборе способа дробления (измельчения) угля учитывают физико- механические свойства материала: твердость, прочность, хрупкость, начальную крупность и степень дробления продукта, которые существенно влияют на производительность установки, удельный расход электроэнергии и эксплуатационные расходы на единицу продукции.

Классификация дробилок

Все разнообразие типов и конструкций дробильных машин можно классифицировать:

- 1) по технологическому назначению — машины предварительного дробления материалов и машины окончательного дробления, перерабатывающие предварительно дробленый продукт;
- 2) по величине частиц конечного дробленого продукта — машины для получения частиц крупностью более 0,5 мм и машины для получения частиц крупностью менее 0,5 мм;
- 3) по способу дробления и конструктивным особенностям — щековые дробилки, конусные, валковые, бегунковые, молотковые, дезинтеграторы, барабанные.

Дробление материала в щековых дробилках (рис. 1, а) осуществляется способом раскалывания или разламывания с незначительным истиранием. Такие дробилки уменьшают выход мелких фракций, дают продукт более однородный по крупности и требуют сравнительно небольших затрат энергии на единицу измельчаемого материала. Раскалывание материала осуществляется в полости между подвижной и неподвижной щекой, при колебательном движении щеки.

Дробление материала в конусных дробилках (рис. 1, б) осуществляется раздавливанием и изломом. Продукт подают между поверхностями двух входящих один в другой (подвижного и неподвижного) конусов. При эксцентричном вращении нижней части подвижного конуса происходит дробление материала. Разгрузка дробленого продукта производится непрерывно через расширившуюся выходную щель.

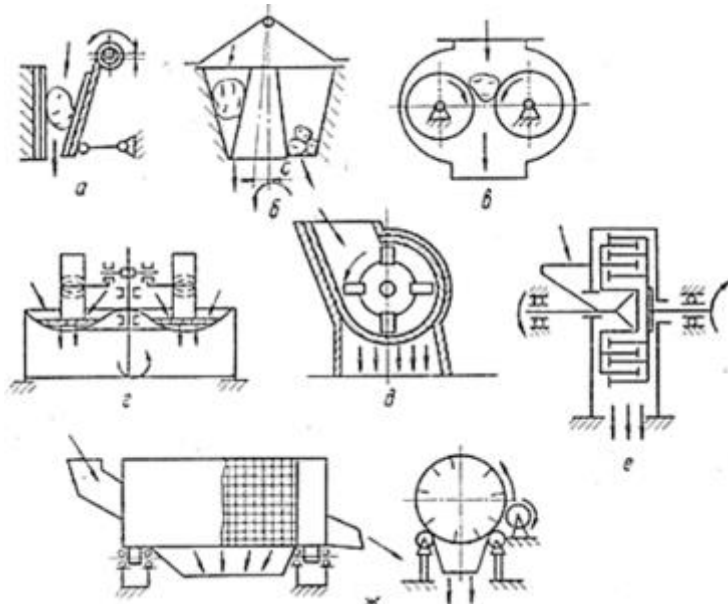


Рис.17. Схемы дробильных машин.

Дробление материала в валковых дробилках (рис. 17, в) осуществляется раздавливанием и частично истиранием. Материал подается через загрузочный люк между зубьями вращающихся друг навстречу другу валков, дробится и через выходное отверстие непрерывно разгружается.

Измельчение материала в бегунках (рис. 17, г) происходит раздавливанием и истиранием. Раздавливание происходит набеганием тяжелых катков на куски дробимого материала, а истирание в результате постоянного поворота катков

относительно вертикальной оси. Дробление материала в молотковых дробилках (рис. 17, д) производится ударом и частично истиранием. Материал поступает в дробилку через загрузочную воронку. Ударами быстро вращающихся молотков материал разрушается и отбрасывается к стенкам корпуса, где происходит дополнительное его дробление. Попадая на колосниковую решетку мелкие частицы проваливаются через отверстия последней, а более крупные истиранием измельчаются до заданных размеров и проталкиваются молотками через отверстия колосниковой решетки.

Дробление материала в дезинтеграторах (рис. 17, е) производится свободным ударом бичей, установленных по концентрическим окружностям на дисках корзин, вращающихся друг навстречу другу. Вращение корзин осуществляется от отдельных приводов. Материал поступает через загрузочную воронку в центральную часть одной из корзин, на пути движения к периферии материал подвергается дроблению и разгружается через разгрузочную воронку.

Дробление материала в барабанных дробилках (рис.17, ж) производится способом удара. По загрузочному желобу материал попадает внутрь вращающегося барабана и поднимается элементами насадки (полкой). Падая с полок, крупные куски дробятся от удара о внутреннюю поверхность сит барабана. Мелкие частицы проходят через отверстия сит и поступают на разгрузку, а более крупные повторно подвергаются дроблению внутри барабана.

Валковые дробилки.

Область применения их сравнительно велика и зависит от технологического назначения, конструкции дробилки и характеристики дробимых материалов.

Валковые дробилки классифицируются:

- 9) по технологическому назначению — для крупного, среднего, мелкого дробления и грубого измельчения;
- 10) по форме рабочей поверхности валков — с гладкими, рифленными и зубчатыми валками;

11) по количеству установленных валков — одновалковые; двухвалковые; четырехвалковые, шестивалковые. В последних двух конструкциях применяется соответственно двух- и трехступенчатое дробление материала. Они получили ограниченное применение вследствие громоздкости и неудобства в эксплуатации;

12) по конструктивному исполнению — с подвижными подшипниковыми опорами одного валка, двух валков; с неподвижными подшипниковыми опорами двух валков. Кроме того, на дробилках может устанавливаться как индивидуальный привод валков, так и общий.

Для среднего дробления углей применяют двухвалковые зубчатые дробилки с подвижной подшипниковой опорой одного валка, для мелкого дробления и грубого измельчения материала — двухвалковые дробилки с гладкими валками. Это — одноступенчатые дробилки. Они характеризуются хорошим дроблением хрупких и мягких углей. Степень дробления 2—6.

Двухвалковая зубчатая дробилка. Дробление кусков угля на валковых зубчатых дробилках производится способом раскалывания при небольшом истирании материала. Предназначенный для дробления материал поступает на верхнюю часть дробилки в пространство между двумя зубчатыми валками, вращающимися друг навстречу другу. Куски материала затягиваются вращающимися валками, дробятся до максимальной величины размеров, определяемых шириной щели, образованной

зубьями двух валков. Дробленый продукт под действием сил тяжести падает из дробилки в приемный бункер или на транспортер.

Общий вид дробилки показан на рис. 18. На станине 1 рамной конструкции смонтированы на подшипниковых опорах 5 и 7 два рабочих валка 11. Подшипниковые опоры 5 выполнены подвижно и могут перемещаться вдоль станины по направляющим. Перемещение подшипников фиксируется пружинами 3 и затяжными гайками 2.

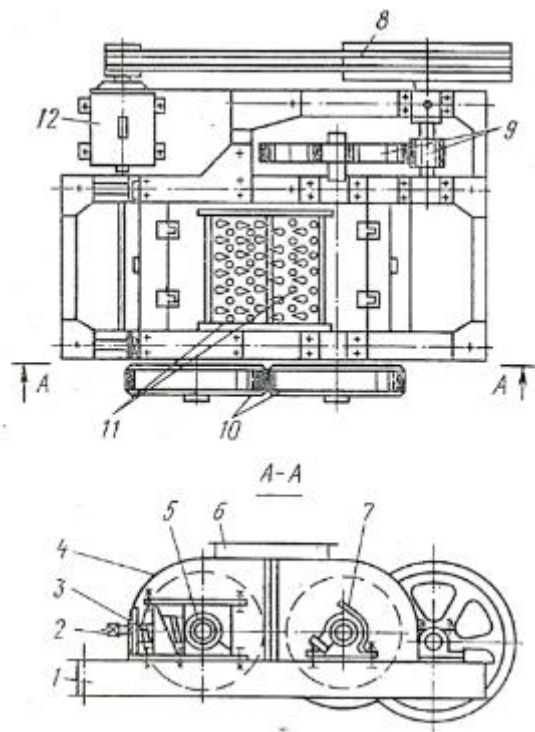


Рис.18. Дробилка двухвалковая зубчатая.

Начальное сжатие пружин определяется в зависимости от распорных усилий, возникающих при прохождении материала между валками. При попадании в рабочее пространство недробимых предметов, пружины сжимаются, валок с подшипниками отодвигается и недробимый предмет проваливается вниз.

Для предотвращения выделения угольной пыли, дробящие валки закрыты металлическим кожухом 4. Вращение валки получают от электродвигателя 12, установленного на станине дробилки, через клиноременную 8 и открытые зубчатые передачи 9 и 10.

Вторая пара зубчатых колес 10 имеет передаточное число $i=1$ и зубья удлиненной формы. Это выполнено с тем, чтобы угловая скорость валков была одинаковой, а удлиненная форма зубьев позволила передать крутящий момент ведомому валку при попадании недробимого предмета. Загрузка дробилки осуществляется питателем, равномерно подающим материал через загрузочную воронку 6. Разгрузка дробленого продукта производится через разгрузочное окно в бункер накопитель.

К недостаткам валковой зубчатой дробилки относятся: малый срок службы сегментов вследствие изнашивания зубьев; ненадежность болтового крепления сегментов к барабану, что приводит к выходу из строя валков; трудность регулировки щели между валками; быстрое изнашивание кожуха дробилки.

Барабанные дробилки.

Барабанные дробилки предназначены для дробления углей и удаления из них крупнокусковой породы и других недробимых материалов. Принцип действия дробилки основан на способе избирательного дробления угля и породы.

В дробилке уголь дробится до крупности кусков, проходящих через отверстие решет, а порода как более прочный продукт, в процессе дробления частично измельчается и уходит под решето, но основная масса ее остается над решетом и сбрасывается в отвал.

Барабанные дробилки применяют на углеподготовительных фабриках и шахтах для обогащения углей, а также в коксохимической промышленности для предварительного дробления угля. Эффективность работы дробилки тем выше, чем прочнее куски породы и мягче уголь.

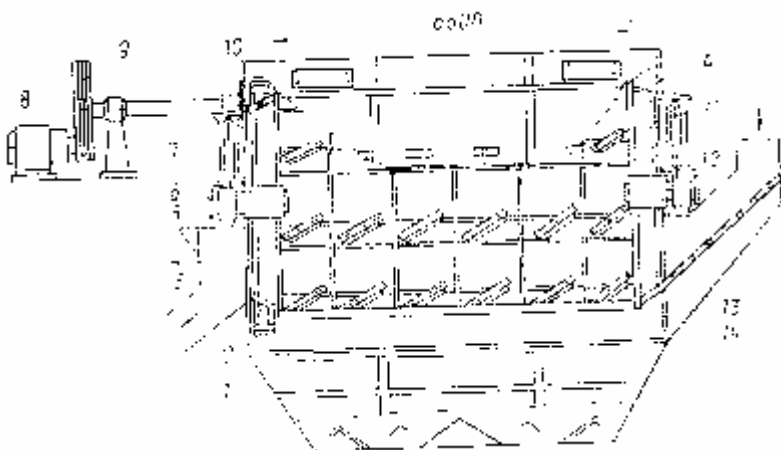


Рис.19. Дробилка барабанная.

Широкое распространение в коксохимии получили дробилки с диаметром барабана 3560 мм и длиной 6600 мм (рис. 19). Основными узлами барабанной дробилки являются барабан, приводное устройство и кожух с желобами для ввода угля и выхода недробимых предметов.

Барабан состоит из двух литых крестовин 4 с ободами, соединенных

между собой горизонтальными стальными балками 14 с прикрепленными к ним ситами общей площадью 72 м². Сита изготовлены из листовой стали толщиной до 25 мм с круглыми отверстиями диаметром от 40 до 100 мм в зависимости от заданной крупности дробления. Внутри барабана к продольным балкам прикреплены восемь рядов полок 11 по шесть штук в каждом ряду. Полки установлены с радиальным углом наклона 15° и продольным 5°. Опирается барабан на подшипники 6 при помощи осей 5, запрессованных в ступицы крестовин.

На одном из ободов крестовин барабана закреплен зубчатый венец 2, при помощи которого барабан приводится во вращение от привода.

Привод дробилок состоит из электродвигателя 8, клиноременной передачи 9, ведомый шкив которой соединен трансмиссионным валом с приводной шестерней, находящейся в зацеплении с зубчатым венцом барабана. В настоящее время клиноременная передача заменена цилиндрическим редуктором с передаточным числом $i = 4,5$.

Кожух 10 предназначен для предотвращения попадания пыли в помещение при работе дробилки и состоит из отдельных сварных секций, изготовленных из листовой и профильной стали и соединенных между собой болтовым соединением. К нижней части кожуха крепится пирамидальной формы днище 1, служащее бункером дробилки. В нем имеются люк для разгрузки дробленого продукта. С торцевых сторон кожуха к стенкам прикреплены желоба 12 и 3; один — для загрузки материала в дробилку с расположенной внутри колосниковой решеткой 13 для отвода угля крупностью менее 40—70 мм; другой — для выдачи отходов из дробилки. Опирается кожух на две сварные балки 7, на которых закреплены опорные подшипники барабану

Работает дробилка следующим образом. При вращении барабана по желобу 12 внутрь дробилки подается материал. Куски угля крупностью 40—70 мм через щели колосниковой решетки, минуя дробилку, поступают в бункер дробленого материала. Основной поток угля поступает во вращающийся барабан, где куски угля захватываются полками 11, которые поднимают его на некоторую высоту, а затем сбрасывают вниз. При падении куски дробятся на более мелкие. Мелкие куски проваливаются сквозь отверстия сит, а крупные куски направляющими лопатками

продвигаются в сторону выпускного отверстия с одновременным подъемом для повторного дробления.

Нераздробленная порода проходит вдоль дробилки и выхода через желоб 3 в отвал, а дробленый уголь — через сита поступает в бункер.

Конструкцией предусмотрена возможность изменять угол наклона полок. Угол наклона увеличивают в том случае, если вместе с углем в подрешетном продукте наблюдается много дробленой породы и уменьшают, если на выходе из желоба уносится с породой кусковой уголь.

Рассмотренная дробилка имеет большую производительность, отличается простотой обслуживания, надежностью эксплуатации и избирательностью дробления.

К недостаткам дробилки относятся: большие габаритные размеры; большая масса; частичная потеря угля с выделяемой породой; некоторое переизмельчение угля.

Питатели.

Питатели предназначены для равномерной регулируемой подачи сыпучих материалов из бункеров в различные приемные устройства (конвейеры, дробилки и т. д.).

Типы питателей весьма разнообразны. Выбор конструкции питателя определяется свойствами сыпучего материала и требованиями, предъявляемыми к точности дозирования.

По характеру движения рабочего органа питатели разделяют на четыре группы :

- с поступательным движением рабочего органа (ленточные, пластинчатые, скребковые) - с вращающимся рабочим органом (шнековые, тарельчатые, секторные);
- с возвратно-поступательным движением рабочего органа (качающиеся, плунжерные); - с вибрационным движением рабочего органа (электровибрационные)

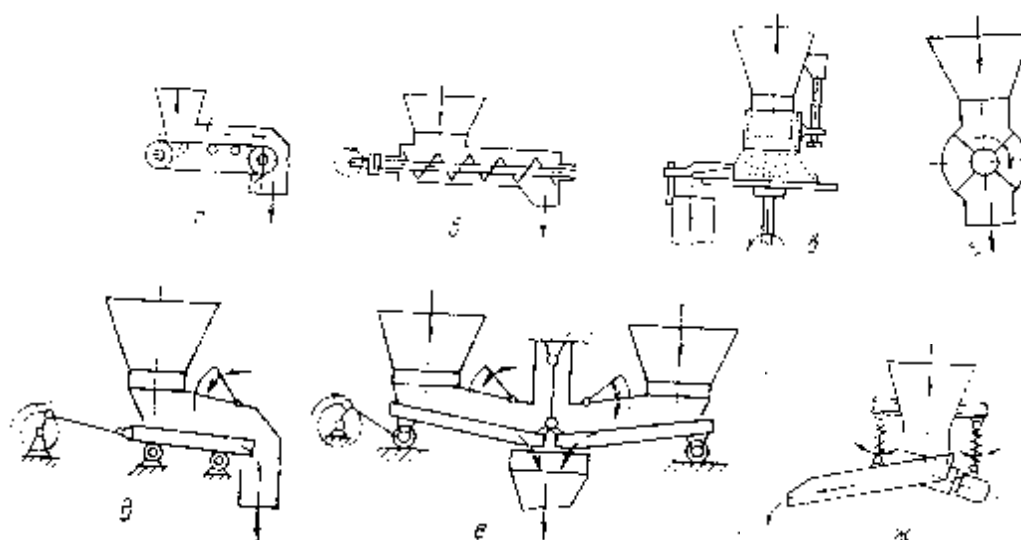


Рис. 20. Питатели : а – ленточный; б – шнековый; в - тарельчатый; г – секторный; д – качающийся одинарный; е – качающийся сдвоенный; ж - электровибрационный

Рабочим органом ленточного питателя является конвейерная лента, огибающая два барабана — приводной и натяжной. Рабочая (верхняя) ветвь ленты лежит на опорных роликах. Над лентой расположен неподвижный кожух, препятствующий ссыпанию материала с ленты. Роликоопоры, приводное и натяжное устройства питателя монтируются на сварной раме. Производительность ленточного питателя регулируется путем изменения высоты материала по ленте шибером или путем изменения скорости движения ленты с помощью вариатора. Для очистки ленты от налипающего материала установлен резиновый скребок.

Преимущества ленточных питателей заключаются в возможности применения для транспортирования влажных и липких материалов, сравнительно небольшой мощности электродвигателя. Недостатком ленточных питателей является быстрый износ ленты вследствие трения ее о материал, находящийся в бункере. В связи с этим загружать материал на ленту питателя

рекомендуется так, чтобы лента не испытывала давление содержимого бункера, а воспринимала лишь отраженное давление; для этого в бункерах делают наклонное выходное отверстие или устанавливают в нижней части бункера стабилизаторы давления, например, рассекатели.

Рабочий орган шнекового питателя — шнек расположен в кожухе, установлен на опорных подшипниках. При вращении шнека материал, поступающий из бункера, перемещается вдоль оси шнека к выпускному отверстию питателя.

Шнековые питатели рекомендуется применять для подачи порошковых и мелкокусковых материалов. Для предотвращения заклинивания, уменьшения износа шнека и кожуха, материал должен иметь небольшую прочность и легко крошиться, попадая в зазоры между шнеком и кожухом. Достоинством шнекового питателя является компактность и герметичность, в связи с чем их применяют для пылевидных и токсичных материалов. Основной недостаток — быстрый износ шнека и кожуха.

Производительность шнекового питателя регулируется изменением угловой скорости шнека с помощью вариатора.

Тарельчатые питатели применяются в дозировочных отделениях углеподготовительных цехов и на углеобогащительных фабриках.

Секторные питатели применяются для подачи и дозирования пылевидных хорошо сыпучих и мелкокусковых материалов. Рабочим органом секторного питателя является ротор с радиальными лопастями. Лопасти ротора и корпус питателя образуют изолированные секции. При вращении ротора секции в верхней части заполняются материалом, поступающим из бункера, а при повороте их на 180° материал высыпается в разгрузочный патрубок. В состоянии покоя секторный питатель является затвором, так как лопасти препятствуют высыпанию материала из бункера. Секторные питатели конструктивно просты, имеют небольшие габаритные размеры, надежны в работе. Регулирование производительности секторного питателя осуществляется изменением угловой скорости ротора.

Качающийся питатель представляет собой лоток, опирающийся на катки. Возвратно-поступательное движение лотку сообщается с помощью кривошипно-шатунного механизма. Для лучшего схода материала лоток устанавливают под углом $5-9^\circ$. Производительность питателя регулируется поворотным затвором или изменением хода лотка путем изменения расстояния между осью пальца криво-шипа и осью вала редуктора. Одинарные качающиеся питатели имеют ограниченную производительность. Применяют их для выдачи угля из бункеров углеприемных ям с ручной разгрузкой вагонов.

Качающийся сдвоенный питатель (дуплекс-питатель) имеет повышенную производительность и применяется для выдачи угля из бункеров под вагоноопрокидывателями при парном расположении бункеров. Питатель состоит из двух лотков, расположенных друг против друга. Лотки одним концом шарнирно подвешиваются на качающейся тяге к раме, а другим опираются на опоры. Привод (общий для обоих лотков) состоит из электродвигателя, редуктора и кривошипно-шатунного механизма.

Недостаток сдвоенных питателей — неравномерность выдачи угля при неравномерной загрузке бункеров.

Электровибрационный питатель состоит из лотка, к днищу которого присоединен электромагнитный вибратор. Лоток с вибратором подвешен на пружинных тягах к раме бункера. Движение материала происходит при вибрации лотка.

К достоинствам электровибрационного питателя относятся: надежное дозирование материалов с различной насыпной плотностью от порошковых плохосыпучих до кусковых, отсутствие механического привода и быстроизнашивающихся частей, простота конструкции, возможность автоматического регулирования производительности. Скорость продвижения материала, а следовательно, и производительность питателя зависят от амплитуды и частоты колебаний, а также

от угла наклона лотка. При регулировании производительности меняют амплитуду колебаний путем изменения напряжения, подаваемого на катушки электромагнитов, вибратора.

Дозаторы.

Дозирование материалов производится объемным или весовым методом, в некоторых случаях часть материалов дозируют по весу, а часть — по объему (объемно-весовой метод).

Для дозирования объемным методом пользуются мерниками, которые снабжены градуированными по объему шкалами, а также барабанными, тарельчатыми, ленточными и другими питателями, описанными выше. Объемный метод пригоден только для дозирования порошкообразных материалов, имеющих постоянный гранулометрический состав, и не склонных к слеживанию и комкованию.

Дозирование материалов по весу является более точным. Несмотря на относительно сложное устройство весовых дозирующих устройств, этот метод получает все более широкое распространение, причем применяются весовые дозаторы ручного, полуавтоматического и автоматического действия.

В качестве ручных дозаторов употребляют весы различных типов, на которых устанавливают весовой бункер с выпускным отверстием, закрытым заслонкой. В дозаторах полуавтоматического действия после взвешивания порции материала подача его в бункер прекращается автоматически, но выгрузку материала из бункера производят вручную. Ручные и полуавтоматические дозаторы малопроизводительны, и в условиях крупных непрерывнодействующих производств обычно применяют автоматические дозаторы, рассматриваемые ниже.

Тема 4.5. Сортировка твердых материалов. Грохоты.

Сущность и оборудование для грохочения. Классификация грохотов.

В промышленности применяют способы разделения сыпучих материалов под действием гравитационно-инерционных сил; гравитационно-центробежных сил; просеиванием или грохочением через сита.

Одним из наиболее распространенных способов классификации материалов является грохочение.

Грохочением называют процесс разделения сыпучих материалов на классы по крупности, просеиванием их через сита или решета. Машины или устройства, предназначенные для разделения материала, называют грохотами. Сорта угля по крупности, выделенные в процессе грохочения, называют классами.

Сущность процесса грохочения заключается в следующем. Если на сито или решето поместить сыпучий материал (уголь) различной крупности и задать ситу определенное движение (колебательное), то частицы угля крупностью меньше размера ячеек сит под действием силы тяжести и колебаний сита будут проваливаться вниз, а более крупные — оставаться на рабочей поверхности сита. Таким образом, на одном сите происходит разделение продукта на два класса. Уголь оставшийся на поверхности сита называется *надрешетным продуктом*, а прошедший через отверстие — *подрешетным продуктом*.

Различают следующие виды грохочения: предварительное — отделение крупных кусков угля для последующей обработки, например дробления; окончательное — разделение угля на классы, которые регламентируются соответствующими стандартами для отправки потребителю; подготовительное - разделение угля на машинные классы для последующей технологической обработки; вспомогательное — для контроля крупности дробленого угля, отсева мелочи из сортового угля и других углей; обезвоживающее — для удаления основной массы воды, содержащейся в обрабатываемом угле, а также отделения суспензии или шлама в продуктах грохочения.

В качестве рабочих поверхностей грохотов применяются решета и сита.

Решета набираются в ряды из стержней или колосников, скрепленных между собой. Ширина решета определяется шириной щели между колосниками в свету. Чтобы исключить заклинивание кусков между колосниками, их устанавливают широким основанием вверх. Форма колосников оказывает существенное влияние на эффективность грохочения материала.

Колосниковые решета со щелью 50 мм устанавливают на грохотах, предназначенных для предварительного грохочения углей, а также для мокрого грохочения. Недостатком колосниковых решет является малое живое сечение. Широкое применение в грохотах получили штампованные и плетеные сита. К преимуществам штампованных сит относятся длительный срок службы, достаточная прочность и жесткость. К недостаткам — малая площадь живого сечения, которая составляет 34—40%.

Плетеные проволочные сита (ГОСТ 3306—70) с квадратными или прямоугольными отверстиями изготавливают из канилиновой (рифленой) проволоки.

Достоинством плетеных сит является малая масса, сравнительно большее живое сечение, высокое качество грохочения. К недостаткам относятся быстрый износ проволок и нарушение размера отверстий. Проволочные сита применяют для грохочения средних и малых классов.

Для обезвоживания продуктов обогащения широко применяют щелевые сита ГОСТ 9074—71 с размерами отверстий 0,3; 0,57; 0,75 и 1 мм, изготовленные из нержавеющей стальной проволоки трапецидального сечения. Щелевые сита обладают высокой прочностью, но имеют малый коэффициент живого сечения (9—27%).

В соответствии с ГОСТ 5526—67 грохоты в зависимости от принципа действия, характера просеивающей поверхности, рода приводного механизма и назначения разделяют на следующие группы:

- валковые с вращающимися валками;
- быстросходные качающиеся (наклонные и горизонтальные) с продольными качаниями короба под углом к плоскости сита;
- гирационные (полувибрационные) с круговыми качаниями короба в вертикальной плоскости;
- вибрационные с круговыми качаниями короба;
- резонансные с продольными качаниями короба под углом к плоскости сит.

Грохоты с неподвижными рабочими поверхностями.

Неподвижные колосниковые грохоты устанавливают перед дробилками предварительного дробления, а также на линии подачи угля с углеприемного участка угольного склада для выделения из общего потока частиц крупностью до 50—70 мм.

Грохот колосниковый (рис. 21) состоит из колосников 4, собранных в ряды друг параллельно другу на расстоянии 50—70 мм. Скрепляются колосники между собой стяжками 6 с гайками 7. Стяжки проходят внутри отверстий колосников, между которыми установлены распорные втулки 5 для фиксации размера между колосниками. Собранная решетка устанавливается неподвижно на опоры 3 под углом, обеспечивающим свободный сход материала вниз (для угля $\alpha = 25-45^\circ$). Для предотвращения просыпания материала боковые стороны решетки ограждены листами металла 1, а для отвода подрешетного продукта под решеткой установлен приемный бункер 2 с желобом.

Для грохочения материал подается на решетку в верхней ее части. Мелкие частицы под действием сил тяжести проходят через щели решетки вниз, а надрешетный продукт движется вниз по наклонной поверхности грохота.

Преимуществами колосниковых грохотов являются простота конструкции, надежность и долговечность. Недостатками — низкая производительность, особенно при влажных углях.

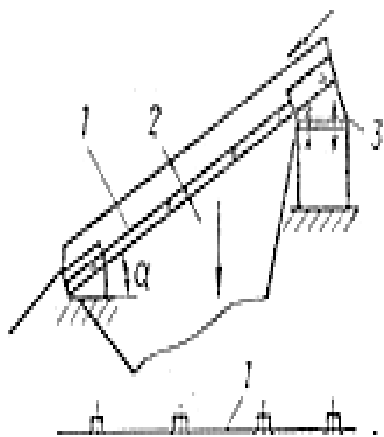


Рис.21. Колосниковый грохот.

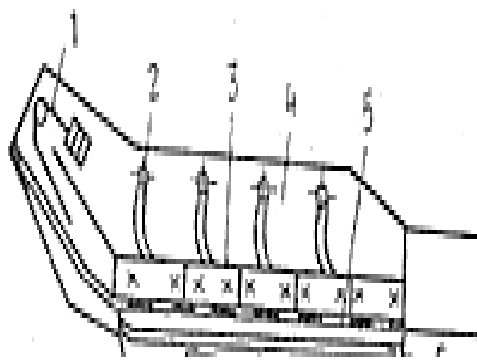


Рис.22. Гидрогрохот

Гидрогрохоты типа ГГЛ применяют для мокрого разделения углей на два машинных класса по крупности от 6 до 25 мм. Устанавливают грохот на углеобогатительных фабриках для обогащения крупного и мелкого угля в гидравлических отсадочных машинах.

На рис.22 показан гидрогрохот, имеющий форму коробчатого сечения и собранный из металлоконструкций 4. Рабочей поверхностью грохота является колосниковая решетка 5 с установленными над ней разравнивателем 1 потока материала, поступающего на грохочение; трубопроводами 2 с коническими соплами для подачи воды. Конструкция сопел позволяет изменять в широких пределах гидравлический режим работы гидрогрохота. С боков колосниковой решетки устанавливают подвижные борта 3, обеспечивающие регулирование просеивающей поверхности грохота в зависимости от технологической необходимости. Под колосниковой решеткой закреплены дуговые сита с регулировочными шиберами, обеспечивающие эффективное обезвоживание и обесшламливание подрешетного продукта. Рядовой уголь поступает в загрузочную часть гидрогрохота и разравнивателем 1 равномерно распределяется по всей ширине грохота. Под действием струй воды, поступающей из сопел, уголь перемещается по решетке 5 и разделяется на два класса по крупности. Надрешетный продукт, пройдя решето, направляется по желобу на дальнейшую обработку, а подрешетный, проходит еще один этап классификации на дуговых ситах 6, где происходит отделение воды и шлама крупностью 0,5 мм. Надрешетный продукт дуговых сит 6 из грохота удаляется по желобу 8, а подрешетный — по поддону 9. Регулировка режима работы дуговых сит производится шиберами 7.

Грохоты с подвижными рабочими поверхностями.

К числу грохотов с подвижной рабочей поверхностью относят плоские качающиеся грохоты: быстроходный качающийся БКГ- 11, применяемый для грохочения и обезвоживания крупных и средних классов углей; БКГО-М2, применяемый для обезвоживания мелкого угля и шлама, а также обесшламливания мелкого угля; ГУК-К и ГУК-0 — применяемые соответственно для грохочения и обезвоживания углей и шлама.

На рис.23 показан двухситный качающийся грохот БКГ-11, состоящий из верхнего 3 и нижнего 2 коробов, подвешенных один над другим к неподвижной раме 1 при помощи четырех шарнирных подвесок 4. В каждый короб вмонтировано сито размером 1250х4000 мм. В зависимости от крупности материала, поступающего на грохочение, устанавливают штампованные сита, проволочные с квадратными отверстиями 6—100 мм или щелевидные с шириной щелн 0,5—1 мм для обезвоживания угля.

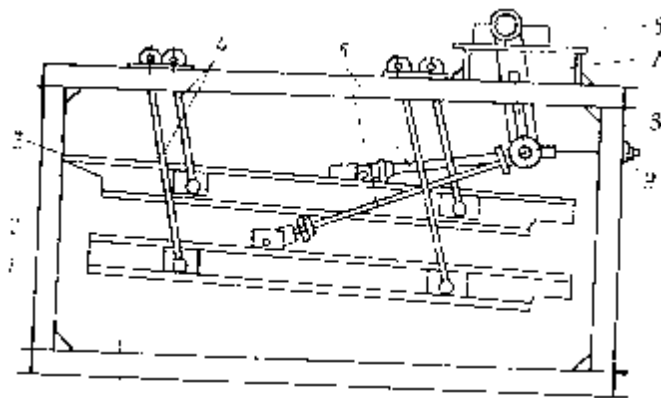


Рис.23. Двухситный грохот БКГ-11.

Короба приводятся в движение от электродвигателя 6 мощностью 5,8 кВт и частотой вращения вала 76,65 рад/с, установленного на раме грохота, через передачу 7 и эксцентриковый вал 8. Последний смонтирован в двух маятниковых подвесках на подшипниках качения, оси которых установлены на раме и удерживаются пружинами 9 от раскачивания. Эксцентриковый приводной вал соединен с коробом двумя шатунами 5, прикрепленными к бортам короба.

Подлежащий грохочению уголь поступает на сито верхнего короба и по мере прохождения вдоль сита разделяется на два класса. Подрешетный продукт верхнего сита, по мере прохождения через отверстия сразу поступает на сито нижнего короба, где происходит его разделение также на два класса. Таким образом на грохоте БКГ-11 получают три класса угля, причем оба надрешетных продукта получают в одном конце грохота.

К недостаткам грохота БКГ-11 относятся малые площади сит (5 м^2) и низкая производительность.

Грохот БКГО-М2 применяют для обезвоживания мелкого угля. Он отличается от ранее рассмотренных конструкций тем, что короба со щелевыми ситами расположены последовательно друг за другом. Для уравнивания грохота качение коробов происходит в противоположных направлениях, что обеспечивается установкой эксцентриков шатунов кривошипно-шатунного механизма.

Ориентировочная производительность грохота 13—25 т/ч при ширине каждого сита 1500 мм и длине 2500 мм. К преимуществам грохота БКГО-М2 относятся небольшие размеры; простота конструкции; высокий к.п.д.

Гиравационные грохоты рессорные (полувибрационные) типа ГГР применяют для предварительного, подготовительного и окончательного грохочения.

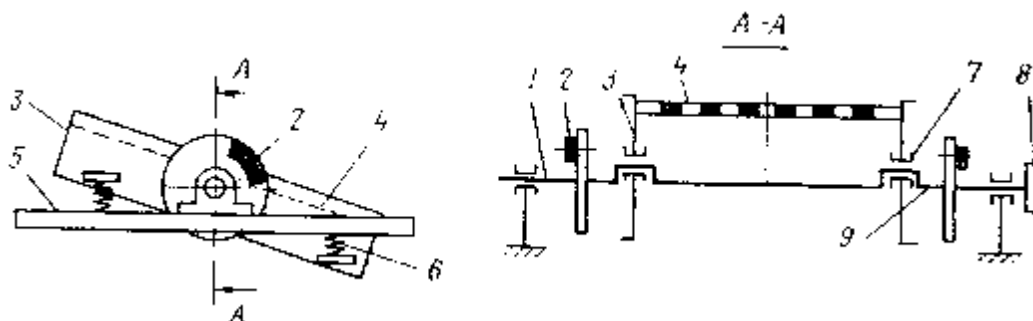


Рис. 3 Схема гидравционного рессорного грохота (ГГР):

1 — вибратор; 2 — маховик; 3 — короб; 4 — сито; 5 — опорная рама; 6 — амортизатор; 7 — подшипниковая опора; 8 — шкив; 9 — эксцентриковый вал

Гиравационный грохот (рис.24) состоит из вибратора, короба, рамы и амортизационных связей.

Вибратор грохота представляет собой эксцентриковый вал, опирающийся при помощи двух роликоподшипников на неподвижную раму грохота. На шейках вала на шпонке установлены маховики с уравнивающими грузами, закрепленными болтами в прорезях маховиков. На эксцентриковой части вала насажены подвесные роликовые подшипники, корпуса которых имеют

жесткую связь с коробом грохота. На хвостовике вала посажен шкив, предназначенный для клиноременной передачи от электродвигателя.

Короб грохота сварной конструкции установлен под углом $15\text{--}25^\circ$ к горизонту на раме с помощью амортизационных опор (рис.24). Внутри короба смонтированы сита. Грохот приводится от электродвигателя через клиноременную передачу.

Амплитуда колебаний грохота в зоне крепления вала определяется его эксцентриситетом и подвижные части грохота совершают круговые движения. В местах соединения короба с амортизаторами сита совершают колебания по овальным кривым. Последние зависят от жесткости амортизаторов и места их крепления к коробу. Для уравнивания инерционных сил, возникающих при вибрации короба, на маховиках имеются уравнивающие грузы. Опорная рама грохота устанавливается на жесткой опоре или подвешивается к специальным конструкциям.

Грохочение материала происходит во время перемещения его вниз по наклонно установленному ситу, совершающему криволинейные колебания.

Вибрационные грохоты с инерционными вибраторами применяются для грохочения всех видов материалов и обезвоживания продуктов обогащения. Грохоты с инерционными вибраторами в зависимости от назначения и способа установки бывают: инерционные наклонные ГИЛ-32, ГИЛ-42, ГИЛ-43, ГИЛ-52; инерционные тяжелого типа ГИТ (ГОСТ 10745—69); резонансные двухкоробовые типа ГРЛ-62, ГРЛ-72 (ГОСТ 13166—69).

Грохоты типа ГИЛ применяют для подготовительного и окончательного грохочения сухих каменных углей, кокса и других сыпучих материалов. Грохоты типа ГИТ — только для предварительного грохочения. По способу крепления грохотов они могут исполняться в подвесном положении и опорном. По числу установленных сил грохоты различают на односитные, двухситные и трехситные.

В конструктивном исполнении грохоты просты и состоят из короба с неподвижно закрепленными ситами; вибратора с узлами крепления короба и дебалансами и пружинных опор или подвесок (рис.25).

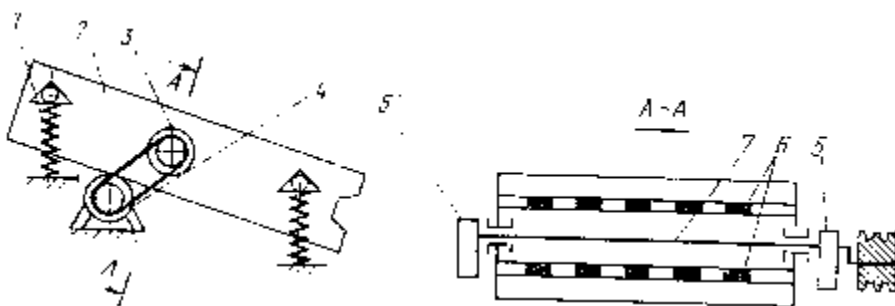


Рис.25. Схема грохота с инерционным вибратором:

1 — опора пружинная; 2 — короб; 3 — шкив; 4 — электродвигатель; 5 — дебаланс; 6 — сито; 7 — вал

Принцип грохочения материала основан на колебании грохота за счет вращения вала с дебалансами, которые создают центробежную силу и передают коробу через его опорные подшипники. Материал, находящийся на поверхности грохочения, подбрасывается, встряхивается и движется в сторону наклона грохота. В процессе движения происходит разделение материала на классы.

Изменение амплитуды колебаний грохота, при постоянной массе колеблющихся частей короба, регулируется изменением расстояния центра тяжести дебалансов относительно оси вращения их или изменением масс дебалансов.

Режим работы грохотов регулируют углом наклона короба, направлением и угловой скоростью вращения вала вибратора, реже изменением массы дебалансов.

Рабочими поверхностями являются сетки, изготовленные из стальной рифленой проволоки с квадратными отверстиями (ГОСТ 3306—70). Сита обеспечивают грохочение угля и кокса влажностью до $5\text{--}6\%$.

Вибратор грохотов ГИЛ-42, ГИЛ-43 и ГИЛ-52 состоит из вала, приводного шкива 2, неподвижно закрепленного на шейке вала, двух дебалансов и под-шипниковых опор корпуса которых неподвижно соединены с коробом грохота.

Электродвигатель вибратора установлен на раме, имеющей жесткую связь с коробом, и соединен со шкивом вала вибратора клиноременной передачей.

Короб грохота закрыт пылезащитным кожухом, который подключен к вытяжной вентиляции для отсоса пыли.

Грохоты резонансные типа ГРЛ (ГОСТ 13166—69) широко применяют на угле-обогащительных фабриках для подготовительного и окончательного разделения су-хих и влажных углей, а также обезвоживания продуктов обогащения, отделения циркуляционной суспензии, обесшламливания, отмывки утяжелителей.

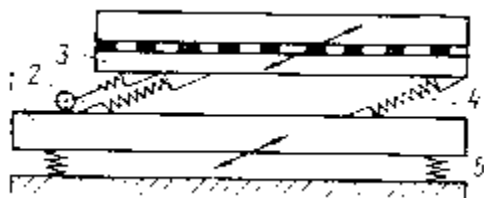


Рис.26. Схема резонансного грохота.

Грохоты представляют собой двухмассовую колебательную систему, состоящую из подвижной рамы 1 и корпуса с ситами 3 (рис 2.6).

На раме, установленной через амортизаторы 5 на фундаменте, смонтирован кривошипно-шатунный механизм 2, соединенный с коробом упругими резиновыми связями. Короб с установленными в нем ситами закреплен на раме в горизонтальном положении с помощью упругих звеньев 4. Принцип работы грохотов ГРЛ основан на явлении резонанса. При совпадении чисел свободных колебаний n рамы и вынужденных колебаний n_1 короба, т. е. при $n = n_1$ возникают большие амплитуды колебаний двух масс, что приводит систему к разрушению, поэтому резонансные грохоты работают в дорезонансном режиме, т. е. при $n < n_1$.

Приводной механизм, расположенный на раме грохота, передает колебательные движения коробу и раме грохота, направленные в противоположные стороны. Амплитуды движения короба и рамы обратно пропорциональны их массам.

Грохоты типа ГРЛ выпускаются только взамен вышедших из строя или для запроектированных пусковых объектов, так как они имеют большую массу уравнивающей рамы, значительные динамические нагрузки, передаваемые грохотом на фундамент и др.

В настоящее время грохоты ГРЛ заменены грохотами типа ГРД. Они состоят из двух горизонтально расположенных коробов — нижнего и верхнего с ситами, соединенных между собой упругими связями. Приводной механизм состоит из эксцентрикового вала, двух шатунов с головками, маховика с дебалансами и шкива, соединенного с электродвигателем клиноременной передачей.

Принципы действия грохотов ГРД и ГРЛ аналогичны.

Грохоты типа ГРД имеют массу в два раза меньшую в сравнении с грохотами ГРЛ, а динамические нагрузки в пять раз меньше.

Резонансные грохоты в сравнении с инерционными имеют следующие преимущества: минимальные нагрузки на узлы привода при пуске; высокую эффективность грохочения; минимальный расход мощности; малую чувствительность к перегрузкам при установившемся режиме.

Недостатками являются сложность изготовления, монтажа и эксплуатации; низкая эксплуатационная надежность при мокрой классификации материалов.

Тема 4.6. Разделение жидких неоднородных систем.

Неоднородные системы и методы их разделения.

Под неоднородной системой понимают систему, состоящую из различных фаз, например жидкости и твердых частиц, жидкости и газа и т. д. Любая неоднородная система состоит из двух и более фаз. Одна фаза, *дисперсная*, или *внутренняя*, находится в мелкодисперсном состоянии; другая фаза, *дисперсионная*, или *внешняя*, является сплошной, окружает отдельные частицы дисперсной фазы и представляет собой среду, в которой распределены частицы дисперсной фазы.

В зависимости от физического состояния фаз различают следующие неоднородные жидкие и газообразные системы:

Неоднородные Системы	дисперсионная (сплошная) фаза	дисперсная фаза
Суспензия	жидкость	твердое вещество
Эмульсия	жидкость	жидкость
Пена	жидкость	газ
Пыль, дым	газ	твердое вещество
Туман	газ	жидкость

Всякая неоднородная система характеризуется концентрацией дисперсной фазы и размерами ее частиц.

Все системы, состоящие из жидкой и твердой фаз, в зависимости от размеров частиц твердого вещества могут быть условно разделены на четыре группы:

Системы	Размер твердых <i>частиц</i> , <i>мк</i>
рубые суспензии	> 100
Тонкие суспензии	$0,5—100$
мути	$0,1—0,5$
Коллоидные растворы	$< 0,1$

Можно считать, что граница между суспензиями (взвесями) и коллоидными растворами определяется появлением броуновского движения твердых частиц. С возникновением броуновского движения эти частицы не могут осаждаться под действием силы тяжести.

Эмульсии состоят из несмешивающихся жидкостей и могут расслаиваться под действием силы тяжести. Эмульсии приобретают устойчивость лишь при очень незначительных размерах капелек дисперсной фазы (менее $0,4—0,5$ *мк*) или при добавлении стабилизаторов, например мыла. С увеличением концентрации эмульгированного вещества в эмульсиях возможно *обращение фаз* \ капельки дисперсной фазы сливаются друг с другом и образуют сплошную фазу, в которой распределяются капельки жидкости, бывшей ранее дисперсионной фазой.

Пены, представляющие собой газо-жидкостные системы, по своим свойствам близки к эмульсиям.

Неоднородные газовые системы образуются: 1) в результате механического распределения частиц в газе (при дроблении твердых материалов, распылении жидкостей и т. д.); 2) при конденсации паров (газов) с переходом их в жидкое или твердое состояние. В первом случае образуются *пыли*, а во втором — соответственно *туманы* или *дымы*. Такие же системы могут образовываться в результате взаимодействия между газами, сопровождающегося образованием твердых или жидких веществ. Пыли, дымы и туманы представляют собой аэродисперсные системы, или *аэрозоли*, и различаются размером взвешенных частиц.

Взвешенные частицы в газовых системах, особенно в конденсированных, могут во многих случаях, соединяясь друг с другом, укрупняться (агломерироваться).

Выбор метода разделения неоднородных систем зависит главным образом от размеров взвешенных частиц. Применяются следующие **методы разделения неоднородных систем: 1) осаждение, 2) фильтрование, 3) мокрое разделение.**

Осаждение применяется главным образом для разделения суспензий и пылей. Оно происходит под действием сил тяжести, сил инерции (в том числе центробежных), электростатических сил или звуковых волн.

Фильтрование осуществляется под действием сил давления (разделение суспензий и отделение тонких пылей) или центробежных сил (разделение суспензий на центрифугах).

Мокрое разделение применяют главным образом для очистки газов (отделение пылей и туманов), но используют также при обработке суспензий в комбинации с другими способами разделения (промывка осадков при отстаивании и фильтровании).

Таким образом, принципиально одни и те же методы применимы для разделения капельно-жидких и газовых неоднородных систем.

Отстаивание. Устройство отстойников.

Процесс осаждения под действием сил тяжести называется *отстаиванием*.

Аппараты, применяемые для разделения суспензий, называются отстойниками или сгустителями.

Различают отстойники периодического и непрерывного действия, причем непрерывно-действующие отстойники делят на одноярусные, двухъярусные и многоярусные. Периодически действующие отстойники представляют собой низкие бассейны без перемешивающих устройств. Отстойник заполняется суспензией, которая отстаивается в неподвижном состоянии. По окончании отстаивания спускают осветленную жидкость и удаляют вручную или смывают водой осадок, после чего вновь заполняют отстойник суспензией.

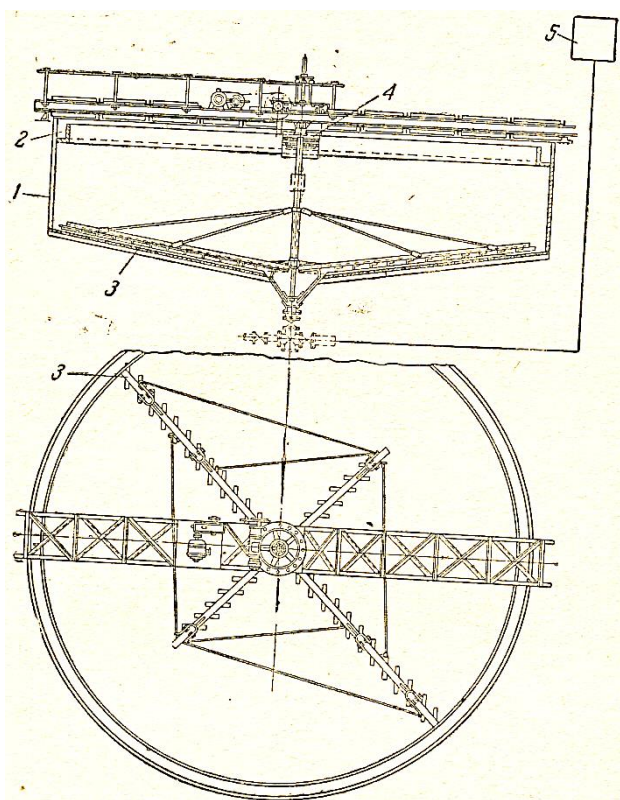


Рис.27. Одноярусный гребковый отстойник.

Наиболее распространены непрерывно-действующие *одноярусные гребковые отстойники* (рис.27). Отстойник представляет собой невысокий цилиндрический резервуар 1 со слегка коническим днищем и кольцевым прямоугольным желобом 2 около верхнего края. В резервуаре имеется мешалка 3 с гребками, делающая 2,5—20 об/ч. Суспензия непрерывно подается сверху через трубу 4. Осветленная жидкость стекает через верхний желоб 2, сгущенная суспензия оседает на днище и медленно перемещается гребками к центральному патрубку, через который она откачивается диафрагмовым насосом 5. Содержание жидкости в откачиваемом продукте колеблется от 35 до 55%.

Такие отстойники, рассчитанные на очень большую производительность, часто снабжают мешалкой с краевым приводом в виде радиальной фермы. Ось ее вращения совпадает с осью аппарата, а наружный край опирается на каретку с электродвигателем. Каретка движется по рельсам вдоль борта резервуара.

Кроме непрерывности действия, гребковые отстойники имеют следующие достоинства:

1) равномерная плотность осадка и возможность ее регулирования путем изменения производительности откачивающего насоса, 2) лучшее обезвоживание осадка при легком взбалтывании сгущенной суспензии мешалкой, 3) механизация процесса (один рабочий может обслужить до 40 аппаратов).

Недостатком таких отстойников является их громоздкость. Значительно более компактны *двухъярусные и многоярусные отстойники*, представляющие собой по существу несколько отстойников, расположенных друг над другом. Применение таких отстойников особенно целесообразно в условиях холодного климата, когда они должны устанавливаться внутри зданий и надо наиболее рационально использовать производственную площадь.

Фильтрация. Классификация фильтров.

Фильтрацией называют процесс разделения суспензий при помощи пористой перегородки, пропускающей жидкость (фильтрат) и задерживающей взвешенные в ней твердые частицы.

Различают следующие виды фильтрации:

- 13) *фильтрация с образованием слоя осадка* на фильтровальной перегородке;
- 14) *сгущение* - отделение твердой фазы от жидкой не в виде осадка, а в виде высококонцентрированной (сгущенной) суспензии;
- 3) *осветление* - фильтрация жидкостей с незначительным содержанием твердой фазы.

Можно условно считать, что фильтрация с образованием осадка характеризуется содержанием в фильтруемой суспензии более 1% объемн. твердой фазы, осветление - менее 0,1%. Суспензии, содержащие 0,1-1% твердой фазы, перед фильтрацией желательно подвергать предварительному сгущению в отстойниках.

Фильтрация с образованием осадка наиболее распространена. В большинстве случаев твердые частицы в первые моменты с начала фильтрации проходят через поры фильтровальной перегородки, но вскоре накапливаются на ней, и через фильтр начинает протекать только осветленная жидкость — фильтрат. Таким образом, в этом процессе образующийся слой осадка играет роль основной фильтрующей среды.

В процессе фильтрации очень вязких жидкостей с небольшим содержанием мелких твердых частиц последние проникают в поры фильтровальной перегородки и задерживаются в них. При этом на поверхности фильтровальной перегородки почти не образуется слоя осадка. В таком процессе, называемом *фильтрацией с закупориванием пор*, по мере задержки все большего количества твердых частиц в порах фильтровальной перегородки ее сопротивление быстро возрастает и скорость фильтрации уменьшается. Поэтому фильтрация с закупориванием пор стремятся избежать, однако на практике фильтрация иногда протекает с частичной закупоркой пор; возможно также сочетание процессов фильтрации с образованием осадка и с частичным закупориванием пор.

Ниже рассматривается только наиболее распространенный процесс фильтрации с образованием осадка

Сгущение применяется для частичного отделения жидкой фазы путем фильтрации, т. е. для той же что и отстаивание под действием сил тяжести. Однако сгущение путем фильтрации можно проводить в значительно более компактной аппаратуре и получить более чистый фильтрат.

Осветление жидкостей часто производится путем добавки вспомогательных веществ в суспензию или создания намывного слоя этих веществ на фильтре. В качестве вспомогательных веществ применяют кизельгур и диатомит, а также бумажную массу, уголь, асбест, отбеливающую землю и др. Эти вещества, накапливаясь на фильтре, задерживают очень мелкие частицы осадка (диаметром 1 мк и менее), а некоторые из них, например отбеливающая земля и активированный уголь, адсорбируют на поверхности мельчайшие твердые частицы.

Вспомогательные вещества добавляют в количестве 0,1—0,5% (иногда до 2%) от веса суспензии и после промывки часто вновь используют. Иногда вместо добавления в суспензию вспомогательные вещества намыывают в виде слоя небольшой толщины на поверхность фильтра, что значительно облегчает отделение тонкодисперсных взвешенных частиц.

Фильтрование часто сопровождается осаждением частиц под действием сил тяжести. Осаждение способствует фильтрованию, если движение суспензии вследствие разности давлений и движение осаждающихся частиц совпадают по направлению, т. е. если фильтровальная перегородка горизонтальна и находится под слоем суспензии. В противном случае осаждение частиц препятствует фильтрованию. Для более полного удаления из осадка находящейся в нем жидкости (маточного раствора) осадки промывают. Иногда для полноты промывки фильтрование проводят в двух последовательно работающих фильтрах, осадок из первого фильтра смешивают с промывной жидкостью и вновь отфильтровывают (*двухступенчатое фильтрование*).

Промышленные фильтры разделяют по режиму работы на фильтры периодического и непрерывного

действия, а по величине рабочего давления – на вакуум-фильтры и фильтры, работающие под давлением.

При выборе фильтра необходимо учитывать следующие факторы: 1) цель процесса фильтрования — получение только ценного осадка или только фильтрата, или одновременное получение осадка и фильтрат^ для дальнейшего использования; 2) свойства суспензии и осадка; 3) прочие условия процесса — масштабы производства, простоту обслуживания, стоимость аппарата, эксплуатационные расходы и др.

Фильтры непрерывного действия работают при *коротких циклах* фильтрования с автоматической промывкой и разгрузкой осадка. Вследствие быстрой и непрерывной смены отдельных операций скорость фильтрования в таких фильтрах значительно больше, чем в фильтрах периодического действия. Вместе с тем преимущества фильтров непрерывного действия могут быть использованы в полной мере только при постоянном составе разделяемой суспензии и сравнительно крупном масштабе производства. Фильтры периодического действия работают при *длинных циклах* фильтрования, так как частое повторение вспомогательных операций (выгрузка, сборка фильтра, загрузка) резко снижает их производительность. Однако периодически действующие фильтры сохраняют свое значение для небольших производств, особенно при разнообразном ассортименте продукции, когда требуется частое изменение режима фильтрования, а также для отделения труднофильтруемых и требующих тщательной промывки осадков.

Таким образом, в условиях большинства производств наиболее эффективны фильтры непрерывного действия, несмотря на их большую сложность и стоимость. Весьма важное значение имеет легкость обслуживания этих фильтров.

Одной из самых универсальных и простых конструкций фильтров периодического действия является фильтрпресс. Фильтр- прессы наиболее пригодны для разделения небольших количеств разнообразных суспензий в тех случаях, когда требуется получить достаточно обезвоженный осадок.

Еще более просты, но громоздки открытые нутч-фильтры, которые применяются главным образом для отделения от жидкости легкоотфильтровываемых кристаллических веществ при необходимости тщательной промывки осадка, а также для фильтрования сильно агрессивных

жидкостей (фильтры с керамической перегородкой). Применение закрытых нутч-фильтров ограничено вследствие их небольшой фильтрующей поверхности. В определенных условиях (при давлении до 4 ат) эти фильтры более эффективны, чем фильтрпрессы и мешочные фильтры, работающие под давлением.

Мешочные фильтры, работающие под давлением, применяются главным образом для отделения ценного фильтрата (осадок смывается водой) и мало пригодны для получения сухих, хорошо обезвоженных осадков. Мешочные фильтры с круглыми элементами компактнее и удобнее в эксплуатации мешочных фильтров с прямоугольными элементами.

Патронные фильтры, в отличие от мешочных, имеют более прочные фильтровальные перегородки из пористых твердых веществ (вместо тканевых перегородок). В фильтрах этого типа получают хорошо промытые и высушенные осадки, которые быстро удаляются со всей фильтрующей поверхности. Патронные фильтры применяются также для сгущения и осветления жидкостей. Из фильтров непрерывного действия наиболее универсальными являются барабанные вакуум-фильтры, пригодные для одновременного получения хорошо промытого и высушенного осадка и концентрированного фильтрата.

Дисковые вакуум-фильтры непрерывного действия служат для фильтрования концентрированных суспензий, когда необходима большая фильтрующая поверхность, но не требуется тщательной промывки осадка. Горизонтальные дисковые (тарельчатые) фильтры приспособлены для разделения быстро-осаждающихся суспензий с большим содержанием твердой фазы, при необходимости тщательной промывки осадка.

Ленточные непрерывнодействующие фильтры сочетают положительные качества нутч-фильтров с непрерывностью действия. На ленточных фильтрах достигается четкое разделение осадка и фильтрата и возможно разделение медленно фильтрующихся и мало концентрированных суспензий.

Барабанные и дисковые фильтры, работающие под давлением, используются для разделения труднофильтруемых суспензий и отделения твердой фазы от летучих жидкостей. Вследствие высокой стоимости, небольшой фильтрующей поверхности и сложности контроля эти фильтры имеют пока ограниченное применение.

Фильтрующие и осадительные центрифуги.

Наиболее распространенным способом разделения жидких неоднородных систем под действием центробежных сил является центрифугирование. Процесс центрифугирования осуществляют в фильтрующих и осадительных центрифугах.

Рабочим органом центрифуги является ротор, вращающийся с большой частотой. На помещенный внутри ротора материал действует центробежная сила инерции, значительно превышающая силу тяжести, что обеспечивает разделение системы на жидкую и твердую фазы. В фильтрующих центрифугах процесс разделения фаз осуществляется вертикально установленном роторе с перфорированными стенками. При вращении ротора осадок откладывается на перфорированных стенках, а жидкость под действием центробежной силы проходит через осадок и отверстия ротора.

В осадительных центрифугах разделение жидкости и твердой фазы происходит в горизонтально установленном роторе со сплошными стенками. Центрифуга НВВ-1000 состоит из опорной рамы 1, несущей на себе корпус 4 с приводом 3 вибратора ротора и привод ротора (на рис. 28 не показан) и опирающейся на фундамент при помощи резиновых амортизаторов 2. Внутри корпуса расположены внутренний кожух 5 для приема фугата, конический ротор 6 со щелевыми отверстиями и загрузочное устройство 7. Для отвода фугата в корпусе центрифуги установлен отводной патрубков 9, а для сбора масла, подаваемого масляным насосом в циркуляционную систему смазки подшипников, под

опорной рамой помещен резервуар 10 емкостью 80 л. Вращение ротора центрифуги от

электродвигателя (на рис. 2 не показан) через клиноременную передачу и шкив 8. Вибратор центрифуги состоит из эксцентрикового вала, установленного в опорных подшипниках и шарнирно соединенного с шатуном. Головка шатуна с помощью самоустанавливающегося подшипника соединена с корпусом головки возбуждателя, которая соединена с внутренним конусом ротора через резиновые амортизаторы. Такое соединение обеспечивает упругую передачу возвратно-поступательного движения шатуна вращающемуся ротору. Для гашения вибраций ротора на узлах привода установлены на двух уровнях по десять резиновых амортизаторов.

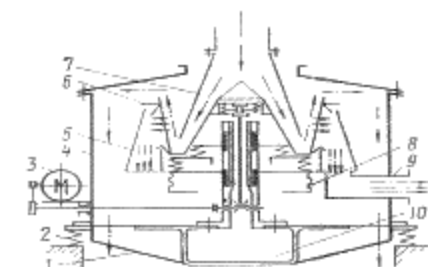


Рис. 53. Непрерывно действующая вертикальная центрифуга с вибрационной выгрузкой осадка НВВ-1000

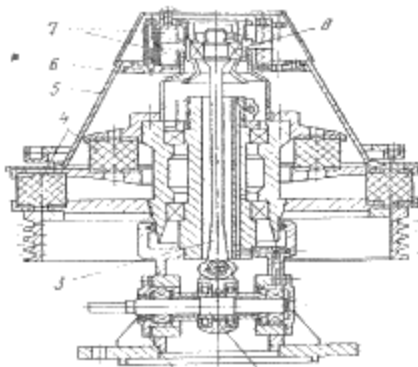


Рис. 54. Вибратор центрифуги НВВ-1000

Рис.28. Непрерывно-действующая вертикальная вибрационная центрифуга НВВ-1000

Работа центрифуги заключается в следующем. Исходный материал подается в центрифугу через загрузочное устройство.

При вращении ротора под действием центробежных сил материал отбрасывается к

стенкам ротора. Отделяемый фугат проходит через отверстия сит в роторе и поступает во внутренний кожух, из которого через отводной патрубок удаляется из центрифуги. Обезвоженный уголь, находящийся на фильтрующей поверхности ротора, под действием осевых возвратно-поступательных колебаний ротора, возникающих от вращения эксцентрикового вала и движения шатуна, продвигается вверх вдоль образующей ротора. При достижении верхней части ротора осадок поступает в кольцевое пространство между наружным и внутренним кожухами и выходит вниз в приемный бункер.

К преимуществам центрифуг НВВ-1000 относятся простота конструкции привода ротора; незначительное измельчение материала. К недостаткам — повышенная чувствительность к изменению нагрузки.

Тема 4.7. Перемешивание в жидких и сыпучих средах.

. Общие сведения.

Перемешивание широко применяется в химической промышленности для приготовления суспензий, эмульсий и растворов. Посредством перемешивания достигается тесное соприкосновение частиц и непрерывное обновление поверхности взаимодействия веществ. Вследствие этого при перемешивании значительно ускоряются процессы массообмена, например растворение твердых веществ в жидкостях, процессы теплообмена и протекание многих химических реакций. Перемешивание используют для ускорения абсорбции, выпаривания и других основных процессов химической технологии.

Наиболее распространенным способом перемешивания в жидких средах является механическое перемешивание при помощи мешалок, снабженных лопастями той или иной формы. Помимо механического перемешивания, применяют также перемешивание сжатым воздухом. Иногда жидкости перемешивают многократным перекачиванием их насосом через аппарат, т. е. путем циркуляции в замкнутом контуре. Оба последних способа требуют сравнительно большого расхода

энергии, а перемешивание воздухом сопряжено также с возможным окислением или испарением продуктов.

Основными характеристиками любого процесса перемешивания являются: расход энергии и эффективность перемешивания.

В различных процессах эффективность перемешивания определяется по-разному. Например, при суспендировании эффективность перемешивания характеризуется равномерностью распределения твердых частиц в жидкости и скоростью достижения достаточной равномерности. Если перемешивание применяется для интенсификации теплообмена, эффективность перемешивания может определяться возрастанием коэффициента теплоотдачи в перемешиваемой среде.

Устройство мешалок.

Механические мешалки разделяются по устройству лопастей на следующие группы: 1) **лопастные** — с плоскими лопастями, 2) **пропеллерные** — с винтовыми лопастями, 3) **турбинные**. 4) **специальные** (якорные и др.)

Лопастные мешалки

Простейшие лопастные мешалки имеют две плоские лопасти, установленные в вертикальной плоскости, т. е. перпендикулярно к направлению вращения. Лопасти укреплены на вертикальном валу, который приводится во вращение от зубчатой или червячной передачи и делает 12—80 об/мин. Диаметр лопастей составляет примерно 0,7 диаметра сосуда, в котором вращается мешалка.

При малых числах оборотов мешалки жидкость совершает круговое движение, т. е. вращается по окружностям, лежащим в горизонтальных плоскостях, в которых движутся лопасти. В этих условиях отсутствует смешивание различных слоев жидкости и интенсивность перемешивания низкая.

Интенсивное перемешивание достигается в результате появления вторичных потоков и вихревого движения жидкости. Вторичные потоки возникают под действием центробежных сил, вызывающих движение жидкости в плоскости вращения лопасти от центра сосуда к его стенкам. Вследствие этого в центре сосуда возникает пониженное давление, причем в область пониженного давления всасывается жидкость из слоев, лежащих выше и ниже лопасти. В результате в сосуде происходит циркуляция жидкости. Вторичные потоки, складываясь с основным круговым движением жидкости, создают сложное движение, при котором происходит интенсивное перемешивание отдельных слоев. Интенсивность перемешивания возрастает с увеличением числа оборотов; однако еще быстрее увеличивается мощность, потребляемая мешалкой.

При круговом движении жидкости на ее поверхности под действием центробежной силы образуется воронка, глубина которой возрастает с увеличением числа оборотов. Образование воронки ведет к ухудшению использования емкости сосуда.

Вихревое движение жидкость приобретает при установке в сосуде с мешалкой отражательных перегородок в виде вертикально поставленных полос. При обтекании жидкостью перегородок за ними образуется зона пониженного давления, в которой возникают вихри.

Для лучшего перемешивания всего объема жидкости в сосуде на валу устанавливают несколько пар горизонтальных лопастей, т. е. применяют **многолопастные**, а также **рамные мешалки** (рис.29), состоящие из нескольких горизонтальных и вертикальных, а иногда и наклонных плоских лопастей. Рамные мешалки отличаются прочностью и пригодны для перемешивания вязких жидкостей.

Достоинства лопастных мешалок: 1) простота устройства и дешевизна изготовления, 2) вполне удовлетворительное перемешивание умеренно вязких жидкостей. Недостатки: 1) малая интенсивность перемешивания вязких жидкостей, 2) непригодность для перемешивания легко расслаивающихся веществ.

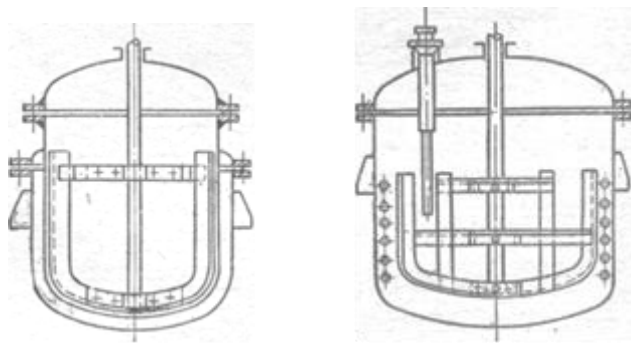


Рис. 29. Рамная мешалка.

Основные области применения лопастных мешалок:

- 1) перемешивание жидкостей небольшой вязкости;
- 2) растворение и суспендирование твердых веществ, обладающих малой плотностью;
- 3) грубое смешение жидкостей.

Лопастные мешалки простого типа наиболее эффективны при перемешивании маловязких сред (до 100 спз). Для перемешивания жидкостей с вязкостью свыше 2500 спз более пригодны рамные мешалки или лопастные мешалки в со-судах с отражательными перегородками. В указанных областях применения лопастные мешалки обеспечивают хорошее перемешивание при небольшом расходе энергии. Лопастные мешалки непригодны для быстрого растворения, тонкого диспергирования, а также для получения суспензий, содержащих твердую фазу большой плотности.

Пропеллерные мешалки.

Лопастни пропеллерных мешалок (рис. 30) изогнуты по профилю судового винта, т. е. с постепенно меняющимся наклоном, почти от 0° у оси до 90° на конце лопасти. Вращаясь в жидкости, лопасти действуют наподобие винта, а жидкость, окружающая пропеллер, как бы является гайкой и перемещается в направлении оси мешалки. Это осевое движение складывается с круговым перемещением жидкости, благодаря чему возникает ее винтовое движение. Если винтовая поверхность пропеллера правая, а вращение его происходит по часовой стрелке, то осевое движение жидкости направлено вверх и в сосуде возникает циркуляция жидкости.

Пропеллер имеет обычно три лопасти, причем на вертикальном валу, в зависимости от высоты слоя жидкости, устанавливают один или несколько пропеллеров. Диаметр лопасти пропеллера равен 0,25—0,3 диаметра аппарата. Скорость вращения пропеллера составляет 160—1000 об/мин.

Пропеллерные мешалки создают более интенсивные осевые потоки жидкости, чем лопастные, и, следовательно, более интенсивно перемешивают жидкость. Перемешивание пропеллерными мешалками улучшается при установке в аппарате отражательных перегородок или **диффузора** — короткого цилиндрического (иногда слегка конического) стакана, в котором помещается пропеллер (рис.3). Диффузор направляет циркулирующую жидкость в осевом направлении и благоприятно влияет на перемешивание в аппаратах с большим отношением высоты к диаметру, а также в аппаратах с змеевиками и другими внутренними устройствами.

Эффективность перемешивания в аппаратах большой емкости возрастает при эксцентричной установке пропеллеров или расположении вала пропеллерной мешалки под углом 10° — 20° к вертикали.

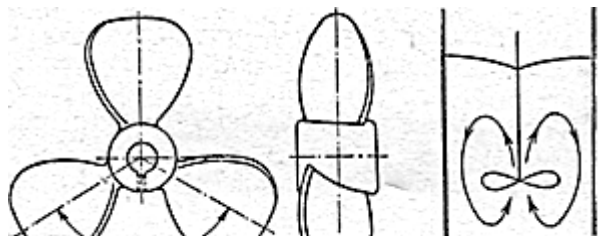


Рис.30. Пропеллерная мешалка.

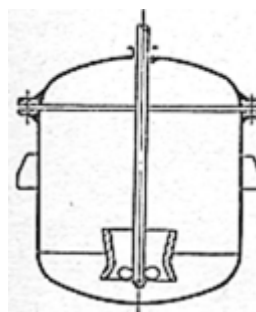


Рис.31. Пропеллерная мешалка с диффузором.

Достоинства пропеллерных мешалок: 1) интенсивное перемешивание, 2) умеренный расход энергии, даже при значительном числе оборотов, 3) невысокая стоимость.

Недостатки: 1) малая эффективность перемешивания вязких жидкостей, 2) ограниченный объем интенсивно перемешиваемой жидкости.

Пропеллерные мешалки применяются главным образом для следующих целей:

- 1) интенсивное перемешивание маловязких жидкостей;
- 2) приготовление суспензий и эмульсий;
- 3) взмучивание осадков, содержащих до 10% твердой фазы, состоящей из частиц размером до 0,15 мм.

Пропеллерные мешалки перемешивают жидкость быстрее и интенсивнее лопастных мешалок, при умеренном расходе энергии, превышающем, однако, расход ее для лопастных мешалок.

Пропеллерные мешалки пригодны для проведения непрерывных процессов, но неприменимы для гомогенного смешивания, для смешивания вязких жидкостей, а также для смешивания жидкостей с твердыми веществами большой плотности.

Турбинные мешалки.

Турбинные мешалки бывают двух видов: открытые (рис.32, а и б) и закрытые (рис.32, в), имеющие лопастное колесо с каналами (наподобие рабочего колеса центробежного насоса). Турбинные мешалки работают при 100—350 об/мин и производят интенсивное перемешивание жидкости.

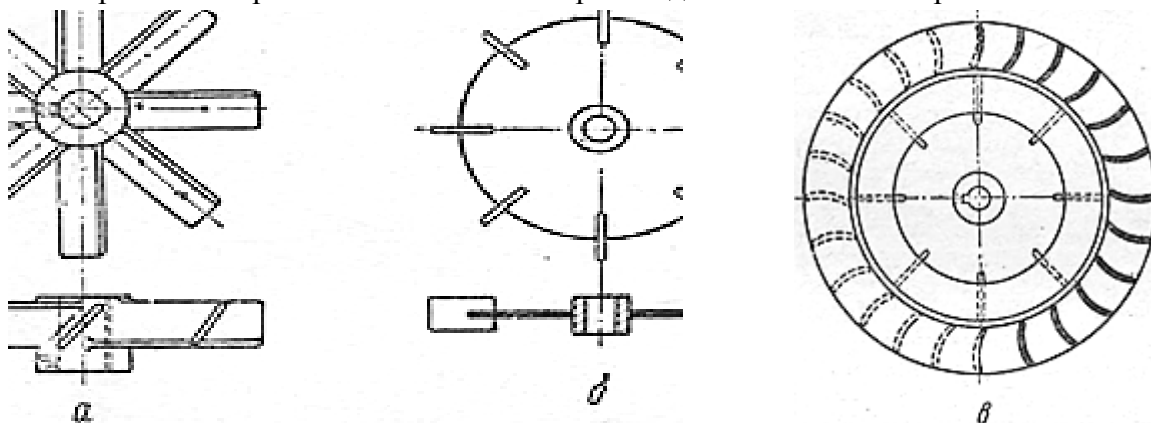


Рис. 32. Турбинные мешалки.

Открытые турбинные мешалки представляют собой, по существу, усовершенствованную конструкцию простых лопастных мешалок. Вращение нескольких лопастей, расположенных под углом к вертикальной плоскости, создает наряду с радиальными потоками осевые потоки жидкости, что способствует интенсивному перемешиванию ее в больших объемах. Интенсивность перемешивания возрастает при установке в сосуде отражательных перегородок.

Закрытые турбинные мешалки обычно устанавливают внутри *направляющего аппарата*, который представляет собой неподвижное кольцо с лопатками, изогнутыми под углом 45—90° (рис.32,в). Закрытые турбинные мешалки создают преимущественно радиальные потоки жидкости при небольшой затрате кинетической, энергии. Образующиеся радиальные потоки жидкости обладают достаточно большой скоростью и распространяются по всему сечению аппарата, достигая наиболее удаленных его точек. Жидкость входит в мешалку через центральное отверстие и выходит по касательной к колесу. В колесе жидкость плавно меняет направление от вертикального (по оси) до горизонтального (по радиусу) и выбрасывается из колеса с большой скоростью. При таком направленном и многократно повторяющемся в единицу времени движении жидкости достигается быстрое и эффективное перемешивание ее во всем объеме сосуда.

Для улучшения и ускорения перемешивания (что особенно важно в аппаратах непрерывного действия) применяют турбинные мешалки с лопастями или колесами, расположенными на различной высоте.

Достоинства турбинных мешалок: 1) быстрота перемешивания и растворения, 2) эффективное перемешивание вязких жидкостей, 3) пригодность для непрерывных процессов.

Недостатком турбинных мешалок является сравнительная сложность и высокая стоимость изготовления.

Области применения турбинных мешалок:

- 1) интенсивное перемешивание и смешивание жидкостей различной вязкости, которая может изменяться в широких пределах (мешалки открытого типа до 10^5 *снз*, мешалки закрытого типа до $5 \cdot 10^5$ *снз*);
- 2) тонкое диспергирование и быстрое растворение;
- 3) взмучивание осадков в жидкостях, содержащих 60% и более твердой фазы (для открытых мешалок — до 60%); допустимые размеры твердых частиц: до 1,5 *мм* для открытых мешалок, до 25 *мм* для закрытых мешалок.

Специальные мешалки.

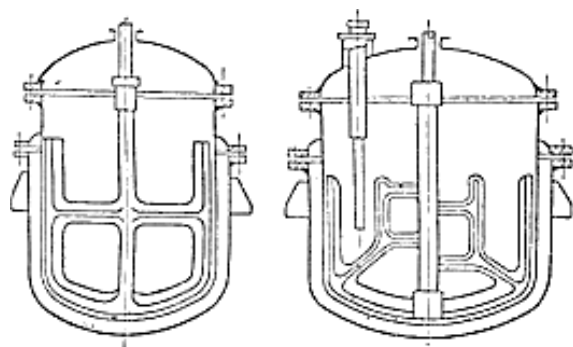


Рис.33. Якорные мешалки.

Для перемешивания вязких жидкостей и пастообразных материалов применяют так называемые *якорные мешалки* с лопастями, изогнутыми по форме стенок и днища сосуда (рис.33). Якорные мешалки очищают стенки аппаратов от налипающего на них материала, благодаря чему улучшается теплообмен и предотвращаются местные перегревы перемешиваемых веществ.

Барабанная мешалка представляет собой лопастной барабан в виде так называемого беличьего колеса. Мешалки этой конструкции создают большую подъемную силу и потому весьма эффективны при проведении реакций между газом и жидкостью, а также при получении эмульсий, обработке быстро расслаивающихся суспензий и взмучивании тяжелых осадков. Рекомендуемые условия применения барабанных мешалок: отношение диаметра барабана к диаметру сосуда от 1 : 4 до 1 : 6, отношение высоты жидкости к диаметру барабана не менее 10.

Тема 4.8. Газоочистное и пылеулавливающее оборудование.

Очистка промышленных газов от взвешенных в них твердых частиц или жидких веществ проводится: 1) для улавливания ценных продуктов, 2) для удаления примесей, отрицательно влияющих на последующую обработку газа или разрушающих аппаратуру, 3) для уменьшения загрязненности атмосферного воздуха. Обязательна очистка отходящих газов, содержащих частицы золы, пыли и вредные примеси.

Загрязнение атмосферного воздуха отходящими газами промышленных предприятий может быть устранено или сведено к минимуму. Для этого необходимы:

15) рациональная организация технологических процессов — применение таких способов производства и аппаратуры, при которых атмосферный воздух загрязняется в наименьшей степени;

16) применение герметичных приспособлений для внутризаводского транспортирования пылящих или выделяющих газы веществ;

17) разработка и внедрение промышленных способов использования золы, огарка, шламов и других отходов производства, загрязняющих воздух;

18) механизация производственных процессов и автоматизация управления ими.

Примеси, содержащиеся в отходящих промышленных газах в газо- или парообразном состоянии, извлекаются путем поглощения жидкостями или твердыми веществами (адсорбция), а также путем каталитического окисления или сжигания. Эти способы очистки газов специфичны для различных производств и в данной главе не рассматриваются.

Очистка промышленных газов от взвешенных частиц производится осаждением под действием сил тяжести, инерционных или электростатических сил, а также путем промывки и фильтрования.

Классификация пылеуловителей, применяемых для очистки газов перечисленными способами, дана в приложении.

На всех стадиях технологического процесса переработки сырья, полуфабрикатов и готового продукта наблюдается значительное выделение пыли — частиц крупностью 0,001—0,1 мм. Наличие пыли в воздухе ухудшает санитарно-гигиенические условия работы трудящихся, приводит к неоправданным расходам значительного количества перерабатываемых продуктов, при определенной концентрации частиц в воздухе, образует взрывоопасные пылевоздушные смеси.

Основными средствами борьбы с запылением воздушной среды являются установка на источниках пылеобразования герметичных кожухов, специальных уплотнений между вращающимися и неподвижными узлами, закрытых желобов, циклонов и мокрых пылеуловителей.

Пылеуловители по принципу осаждения твердых частиц из пылегазового или воздушного потока классифицируют на пылесадительные камеры, циклоны, бата-рейные пылеуловители, рукавные фильтры, электрофильтры, мокрые пылеуловители.

В углеподготовительных цехах наибольшее распространение получили циклоны, батарейные циклоны и мокрые пылеуловители.

Циклон (рис. 34) представляет собой металлический корпус, состоящий из цилиндрической 3 и конической 4 частей, внутри которого установлена центральная выходная труба 1, закрепленная на крышке корпуса. Запыленный газовый поток поступает через входной патрубок 2, тангенциально прикрепленный к корпусу, в цилиндрическую часть циклона. В циклоне газы движутся сверху вниз, вращаясь с определенной скоростью, образуя внешний вращающийся вихрь. Под действием центробежных сил, твердые частицы отбрасываются к стенкам корпуса и, опускаясь по траектории нисходящей спирали, устремляются к выходу. Газовый поток в нижней части конуса начинает поворачиваться и двигаться вверх к выходной трубе, образуя внутренний вращающийся вихрь.

Образование восходящего внутреннего потока газов обеспечивается созданием пониженного давления в системе отсоса газов вытяжным вентилятором.

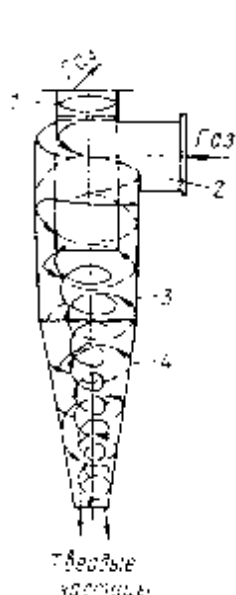


Рис.34. Схема движения потока в циклоне.

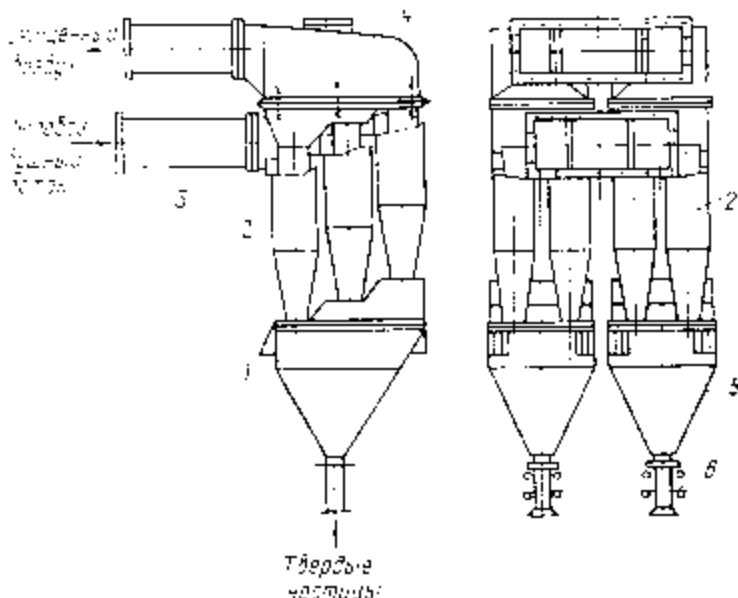


Рис.35. Батарейный циклон.

Одиночные циклоны устанавливают на сушильных аппаратах для грубой шстки газа или воздуха. В циклонах улавливается до 60—70% пыли из газового потока. Запыленность на выходе из циклонов составляет 5—60 г/м³, причем меньший показатель относится к циклонам с меньшим диаметром.

Батарейный циклон (рис.35) состоит из несколько параллельно расположенных циклонов 2, смонтированных в корпусе 1, к нижней части которого крепится пыленакопитель 5 с разгрузочным устройством 6.

Для выгрузки пыли применяют затворы-мигалки или специальные разгрузочные клапаны, исключающие подсосы воздуха.

Запыленный воздух поступает в подводящий патрубок 3 и, проходя через всю батарею циклонов, очищается от твердых частиц и выходит через отводящий патрубок 4. Осажденные частицы пыли из пыленакопителей автоматически удаляются разгрузочным устройством.

Устанавливают батарейные циклоны на сушильных установках для более тонкой очистки газового или воздушного потока. Коэффициент полезного действия батарейных циклонов 92—98%.

Производительность батарейных циклонов по газу 15000—80000 м³/ч.

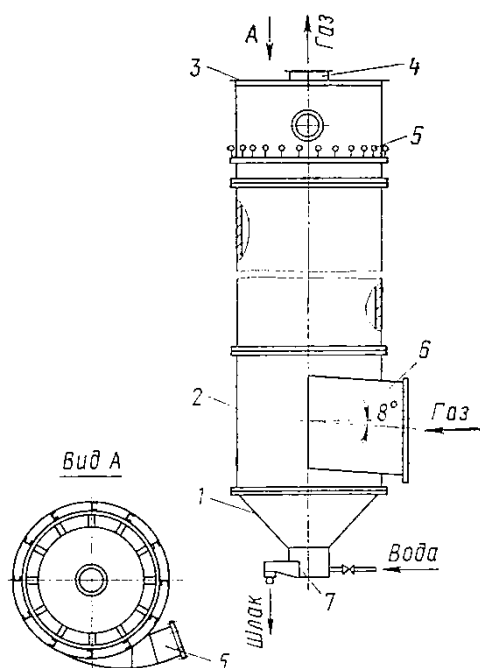


Рис.36. Мокрый пылеуловитель.

Мокрый пылеуловитель (рис.36) предназначен для мокрой очистки газов на сушильных установках. Он обладает высоким коэффициентом пылеулавливания (92—97%), прост в конструктивном исполнении и удобен в эксплуатации. Запыленный газ через входной, патрубок 6, тангенциально установленный в цилиндрической части аппарата 2, поступает в пылеуловитель. Частицы пыли под действием центробежных сил прижимаются к стенке корпуса, встречным потоком воды,

поступающей из форсунок водяного коллектора 5, увлекаются вниз к днищу 1 и через гидравлический затвор 7 удаляются из аппарата. Очищенный газ поднимается вверх, где дополнительно орошается технической водой и через патрубок 4, закрепленный на крышке 3, удаляется из пылеуловителя.

При скорости движения запыленного потока на входе, равной 4,5 м/с производительность аппарата при диаметре 2500 мм составляет 2200 м³/ч (расход воды 11 м³/ч); при диаметре 3100 мм — 33000 м³/ч (расход воды 14 м³/ч).

Э л е к т р о ф и л ь т р ы

Действие электрофильтра основано на *ионизации* газа, т. е. расщеплении его молекул на положительно и отрицательно заряженные ионы. Газ можно ионизировать в пространстве между двумя электродами, к которым подведен электрический ток. Под действием электрического поля в газе образуются ионы и свободные электроны, благодаря движению которых через газ начинает протекать ток.

Если повысить разность потенциалов между электродами до нескольких тысяч вольт, то скорость движения, а следовательно, и кинетическая энергия ионов и электронов настолько возрастает, что при соударениях они расщепляют встречные молекулы на ионы. В условиях ударной ионизации число ионов очень резко возрастает и газ полностью ионизируется. При этом наблюдается потрескивание и слабое свечение газа («корона») вокруг проводника, который носит название *коронирующего электрода*. Ионы и электроны, имеющие тот же знак, что и заряд коронирующего электрода, движутся к противоположно заряженному, так называемому *осадительному электроду*.

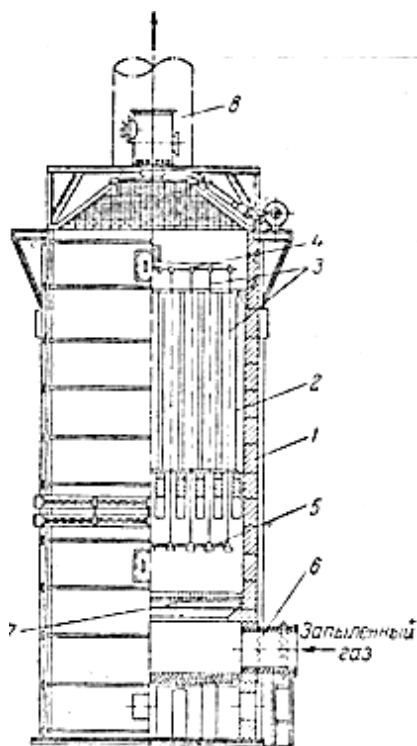


Рис. 37. Трубчатый электрофильтр.

Трубчатый электрофильтр (рис.37) представляет собой вертикальную камеру 1, в которой установлены осадительные электроды 2, выполненные в виде круглых или шестигранных труб. Чаще применяют шестигранные трубы, собранные в пакеты, имеющие в плане форму пчелиных сот. При такой форме электродов достигается значительная компактность конструкции электрофильтра. В качестве коронирующих электродов служат проволоки 3, натянутые по оси осадительных труб. Коронирующие электроды сверху прикреплены к раме 4, подвешенной на изоляторах, а снизу связаны общей рамой 5, что предотвращает колебания электродов.

Запыленный газ входит в электрофильтр через газодоступ 6. Для равномерного распределения газа по трубам служит газораспределительная решетка 7. Очищенный газ удаляется по газодоступу 8, а пыль собирается в нижней части электрофильтра и периодически удаляется через отверстие в его днище. В трубчатых электрофильтрах некоторых конструкций решетка и осадительные электроды периодически встряхиваются при помощи специальных молотков.