

Конструктивные элементы котлов.

Рассмотрим основные конструктивные элементы водотрубных котлов, которые являются наиболее распространенными на современных морских судах.

Главными элементами этих котлов являются паровой коллектор и один или два водяных коллектора, соединенных между собой трубами. Водяной коллектор, соединенный с пароводяным пучком экрана, обычно называют экранным. У котлов такого типа топки образуются **боковым экраном** и **конвективным** притопочным **пучком**. В ряде конструкций применяются и торцевые экраны.

Трубы изготавливают из малоуглеродистой стали марок 10, 20 и других, а при достаточно высоких параметрах — из специальных низколегированных сталей 15ХМ, 12Х1МФ и др. Трубы применяют только цельнотянутые бесшовные. Наружные диаметры труб в достаточной степени унифицированы, но у одного и того же котла применяют трубы разных диаметров в зависимости от их расположения и характеристик котла. Трубы первого ряда бокового экрана и нескольких рядов притопочного конвективного пучка обычно делают большего диаметра, чем в остальных рядах, более отдаленных от топки. У парообразующих труб диаметр меньше, чем у опускных. Наибольший диаметр имеют опускные трубы, особенно необогреваемые, расположенные вне топки.

На рис. 1.9—1.19 показаны конструктивные элементы основных деталей и узлов водотрубных котлов.

Паровой и водяной коллекторы изготавливают цилиндрическими, сварными. Коллекторы экранов делают тоже цилиндрическими или прямоугельного сечения. Материалом для изготовления коллекторов служит среднемарганцовистая или специальная низколегированная сталь. Коллектор состоит из сварного корпуса 4 (рис. 1.9) и приваренных к нему днищ 1 и 5, изготавливаемых методом горячей штамповки. Участки коллекторов, в которых закрепляются трубы, называются **трубными решетками**. Для обеспечения лучшей плотности соединения труб трубные решетки 3 обычно бывают утолщенными. Для возможности доступа внутрь коллектора в одном или обоих днищах располагают лазы, по периметру которых на днищах выполняется внутренняя отбуртовка. Трубы 6 закрепляют в коллекторах обычно развальцовкой, иногда с дополнительной подваркой или только на сварке. Для вальцовки диаметры отверстий в трубных решетках выполняют на 1—1,5 мм больше наружного диаметра труб, благодаря чему обеспечивается их свободная установка. Концы труб задвигают внутрь коллектора на 6—7 мм от внутренней стенки трубной решетки и цилиндрическими роликами вальцовки уплотняют посадку труб в отверстие. Затем с помощью конических роликов вальцовки разделяют срез трубы

«на колокольчик», после чего окончательно вальцуют трубу так, что ее стенка в районе соединения утоньщается на 10—12% первоначального размера. Для лучшей плотности и прочности соединения в отверстиях трубной решетки протачивают от одной до трех канавок (в зависимости от толщины стенки решетки) глубиной примерно 0,5 мм. На коллекторах устанавливают приварыши 2 под арматуру и контрольно-измерительные приборы.

Наиболее распространенный способ закрытия **лазов** показан на рис. 1. Они закрываются крышками 2, которые заводят внутрь коллектора и прижимают к отбуртовке скобами 4 и шпильками 1 с гайками. Крышки лазов устанавливают на прокладках 3. В дальнейшем при работе котла давление в нем прижмет крышку лаза еще плотнее. Таким образом, крышка по размеру больше отверстия и для того чтобы ее можно было завести внутрь коллектора, отверстия лазов, делают эллиптическими — обычно размером 300X400 мм. В ряде случаев для удобства крышку ставят на петле 5. Если диаметр коллектора меньше 450 мм, то для осмотра, очистки и ремонта установленных в нем труб предусматриваются лючки или отверстия, расположенные напротив труб и закрываемые лючковыми крышками или пробками. На рис.1.11, а показан наиболее простой вариант закрытия

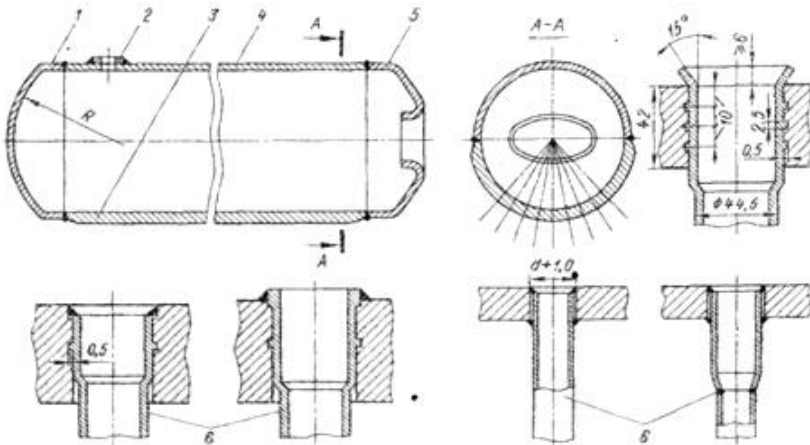


Рис. 1. Конструктивные элементы водотрубных котлов

отверстий резьбовыми пробками 1 на прокладках 2. На рис. 1. б. г показаны конструкции пробковых закрытий, применяемые в котлах,

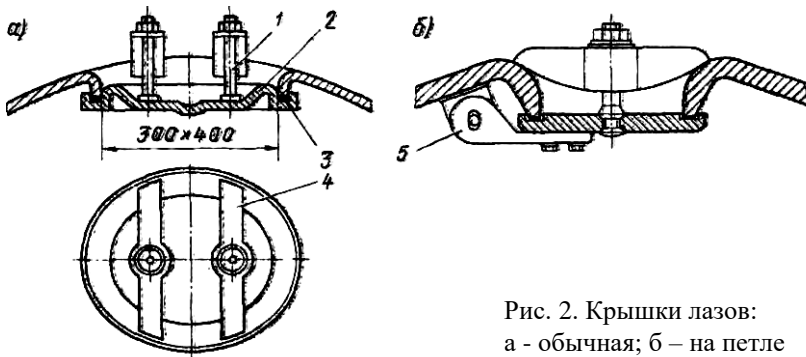


Рис. 2. Крышки лазов:
а - обычная; б - на петле

работающих на паре высоких параметров. Недостатками рассмотренных пробковых закрытий являются сложность их вывертывания, несмотря на то, что при постановке пробок их резьбу смазывают графитовой смазкой.

Наиболее удобным и достаточно надежным способом, является закрытие

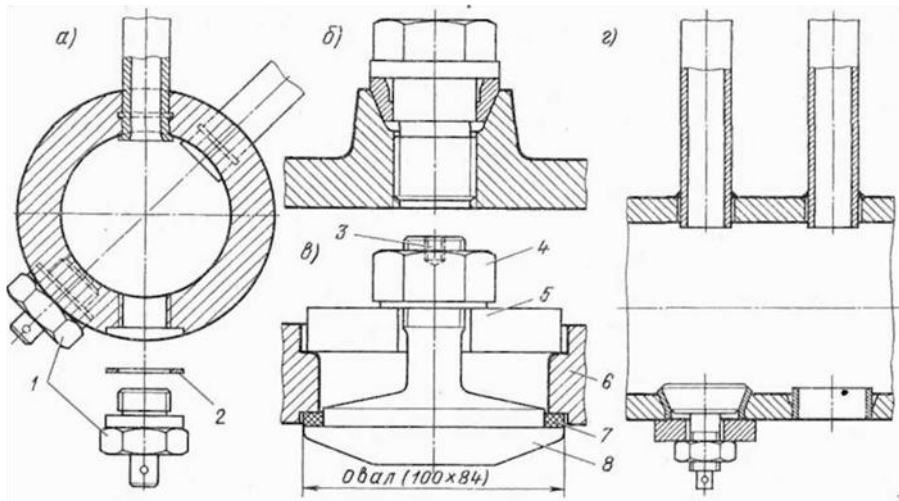


Рис. 3. Конструктивное исполнение закрытий отверстий в коллекторах:
а, б, в - в виде пробок; в - в виде лючка

лючков крышками на прокладках (рис. 3 в). Крышку 8 овальной формы, имеющую штырь с резьбой, заводят в коллектор б и притягивают с помощью гайки 4 и поперечины 5. При натяге гайка, упираясь в поперечину, обжимает прокладку 7. Резьбовое отверстие 3 в штыре крышки предназначено для вывертывания рыма для страховочного шкерта. Материалом уплотняющих

прокладок в зависимости от места уплотнения, среды, давления и температуры могут быть специальная люковая лента, паронит, клингерит, медь, мягкая сталь.

В паровом коллекторе котла размещаются различные паросепарирующие устройства, служащие для снижения влажности пара; питательные трубы, благодаря которым питательная вода равномерно распределяется по коллектору, а также трубы верхнего продувания, предназначенные для удаления с поверхности испарения посторонних плавающих примесей.

В водяном коллекторе размещаются трубы нижнего продувания, служащие для удаления из котла осаждающихся в воде посторонних примесей, а иногда также разделительные 20 щиты, предназначенные для улучшения циркуляции, и специальные водоподогреватели. Если котел имеет внутриколлекторный пароохладитель, то его обычно размещают в паровом коллекторе. Ниже рассматриваются элементы устройства коллекторов. Установленный в коллекторе погруженный дырчатый щит 4 (рис. 1.12, а) предназначен для равномерного распределения выходящего пара по площади зеркала испарения, противодействует «набуханию» уровня и одновременно служит успокоителем воды при качке судна. «Набухание» уровня (вспенивание) может возникать при резко увеличенном расходе пара из-за быстрого снижения давления или попадания с питательной водой большого количества солей при повреждении системы. В этом случае появляется опасность заброса воды в паропровод и паровые механизмы. Располагаются щиты на 100—150 мм ниже рабочего уровня в котле. Диаметры отверстий в погруженных дырчатых щитах обычно 10—15 мм. Направляющий щит 2 препятствует воздействию пара, интенсивно выделяющемуся из парообразующих труб 5, на воду, которая поступает в опускные трубы 1. Жалюзийный сепаратор 3 (см. рис. 4, а), устанавливаемый в паровом пространстве, снижает влажность пара путем отделения от него мелких капель. Сепаратор представляет собой набор тонких гофрированных стальных щитов, собранных в пакет с зазорами между ними 8—10 мм. Для этой же цели широко используют дырчатые паровые щиты 6 (рис. 4, б), но по сравнению с погруженными щитами отверстия в них делают диаметром примерно в 3 раза меньшими.

В котлах, работающих с большим напряжением парового объема и зеркала испарения, часто устанавливают внутриколлекторные циклонные сепараторы (рис. 4, в). Такой сепаратор устанавливают на группу парообразующих труб, которые объединяются общим щитом 7, проходящим вдоль всего парового коллектора 12. На щите устанавливают циклоны 11 на паропроизводительность 3—4 т/ч. В центре циклона имеется сердечник 8 с лопастями. Благодаря интенсивному закручиванию пара лопастями сердечника, влага, содержащаяся в паре, отбрасывается на стенки стакана 9 и, увлекаемая потоком пара, поднимается по его внутренним стенкам. Поднявшись до верхнего среза стакана, влага переливается через его край,

попадая опять в водяное пространство котла, а пар, дополнительно отсепарировавшийся в жалюзийном сепараторе 10, поступает к парозаборной трубе.

Парозаборная труба 14 (см. рис. 4, г) предназначена для равномерного забора более сухого пара из котла. Труба располагается вдоль парового

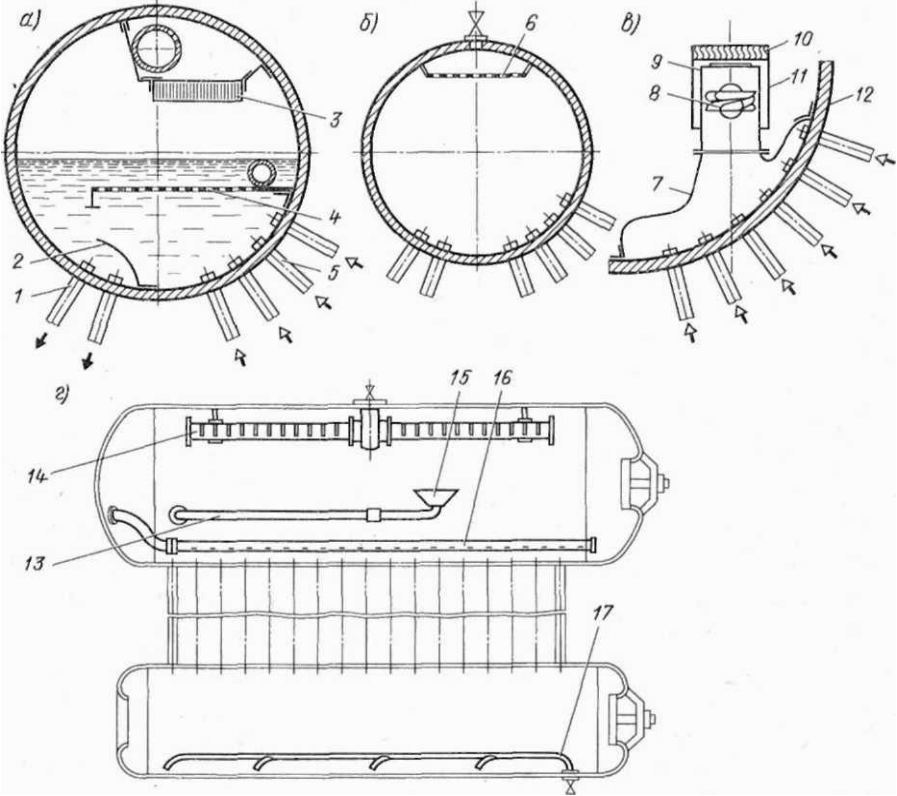


Рис. 4. Элементы внутреннего устройства коллекторов

коллектора и присоединяется к стопорному клапану. Торцевые концы трубы заглушены. Для забора пара в верхней части трубы расположены отверстия или прорезы, общая площадь которых в несколько раз больше площади поперечного сечения самой трубы. Делается это для того, чтобы пар, проходящий через отверстия или прорезы, имел небольшую скорость. При малых скоростях пар увлекает за собой меньше влаги, кроме того, часть ее в отверстиях или прорезях отбивается.

Забираемый пар осушают не только для исключения заброса влаги в паропровод и паровые механизмы, но и для уменьшения уноса с водой солей из котла, приводящих к накипеобразованию.

Питательные трубы 16 служат для подачи питательной воды в котел. Они проходят от питательных клапанов вдоль парового коллектора. Для равномерного смешения питательной воды с водой котла вдоль труб в два или три ряда располагаются отверстия диаметром 6—10 мм, а в верхней части трубы — два или три отверстия для выхода воздуха. Места установки питательных труб строго определены при проектировании и постройке котла, поскольку при ином расположении может произойти неравномерное смешение питательной воды с водой котла и нарушится циркуляция. Обычно эти трубы размещают в районе опускных труб или предусматривают установку перегородок для направления питательной воды в опускные ряды труб. При использовании погруженных дырчатых щитов питательные трубы иногда располагают над ними, благодаря чему достигаются небольшая промывка пара и снижение его соледержания.

Труба 13 верхнего продувания предназначена для улавливания с поверхности зеркала испарения пены и других плавающих примесей и удаления их из котла. Труба одним концом присоединяется к клапану верхнего продувания, а на свободном конце имеет воронку 15, которая обычно располагается на 50—100 мм ниже нормального рабочего уровня воды в котле. Во избежание завихрений воды и поступления через воронку в систему продувания пара в ней иногда ставят радиальные ребра. Встречаются конструкции систем верхнего продувания с несколькими воронками. У некоторых котлов воронок нет и продувание осуществляется через отверстия или щели в стенке трубы.

Труба 17 нижнего продувания служит для удаления из котла осаждающегося шлама, т. е. выпадающих в осадок веществ, накапливающихся в процессе парообразования. Трубу нижнего продувания ставят на расстоянии 20—30 мм от нижней стенки водяного коллектора в месте ожидаемого наибольшего скопления шлама. На трубах имеются отверстия или щели, а иногда по условиям компоновки агрегата устанавливают патрубки-отростки, обращенные вниз. Трубы продувания подключают через клапаны и трубы к забортной арматуре.

Сепараторы пара

Сепаратор пара УК с принудительной циркуляцией используют для отделения пара от воды и в качестве емкости для воды.

Пуск, остановка, переменные режимы работы УК связаны со значительным изменением водосодержания его экономайзерной и испарительной поверхностей нагрева, что является причиной изменений уровня воды в сепараторе пара. Колебания уровня воды могут нарушить нормальный режим эксплуатации других элементов энергетической установки. Поэтому

масса воды в сепараторах должна быть достаточной для компенсации возможных колебаний уровня, а размеры сепаратора должны обеспечить получение пара требуемого качества и возможность приема массы воды, вытесняемой в него из обогреваемой части УК при его пуске.

Давление пара в сепараторе должно быть меньше, чем в УК, на сумму значений гидравлических сопротивлений p_f и гидростатического столба $p_{ст}$ между испарительной поверхностью нагрева котла и сепаратором:

$$p_c = p_k - (p_f + p_{ст}), \quad (22)$$

где p_k — давление в испарительной поверхности нагрева УК, МПа.

Разность давлений в УК и сепараторе обычно составляет 0,05—0,3 МПа. Паровой сепаратор может быть вертикальным, более удобным для размещения, и горизонтальным, имеющим значительно большую площадь зеркала испарения, чем вертикальный сепаратор, при одинаковых диаметрах.

Вертикальный сепаратор (рис. 58) представляет собой цилиндрический сосуд, состоящий из корпуса 11, покрытого изоляцией 10 и крепящегося посредством опор 15. В корпусе имеется лаз 9, а на корпусе расположены клапаны: предохранительный 3, стопорный 4, питательный 6, продувания 8. Также на корпусе расположены водоуказательный прибор 5, импульсный генератор термогидравлического регулятора 1, патрубки 2 и 7 для присоединения клапанов пароводяной смеси и циркуляционной воды. Внутри сепаратора установлены пароотборная труба 12, труба питательной воды 13, козырек 14, предотвращающий унос пара циркуляционной водой, отбойный щит 16 для более эффективного отделения воды и пара.

Горизонтальные сепараторы по конструктивному исполнению незначительно отличаются от пароводяных коллекторов вспомогательных котлов.

Основными аккумуляторами теплоты в сепараторе пара являются вода и пар, которые в значительной степени определяют динамические характеристики УК.

$$G_{п.в} i_{п.в} + (G_{п.в} - G_{н.п}) i' - G_{ц.в} i_c = 0, \quad (23)$$

где $G_{п.в}$, $G_{ц.в}$, $G_{н.п}$ — соответственно расходы питательной воды, циркуляционной воды и насыщенного пара, кг/с; $i_{п.в}$, i' , i_c — соответственно энтальпии питательной, кипящей, сепараторной воды, кДж/кг.

Для непрерывного обеспечения паром судовых потребителей при различных эксплуатационных режимах главных двигателей, теплоты, аккумулированной в УКУ, должно быть достаточно в течение времени, необходимого для пуска и подключения под нагрузку ДГ или ввода в действие ВК. Такая ситуация возможна, например, при уменьшении или прекращении подвода теплоты в УК вследствие внезапного уменьшения мощности главного двигателя или его остановки.

Поэтому стремятся повышать аккумуляционную способность УКУ, использовать способность водяного объема сепаратора аккумулировать

теплоту. Эту задачу решают подводом питательной воды в нижнюю часть сепаратора, чем достигают значительного увеличения его теплоемкости, подогревом питательной воды до температуры, близкой к температуре насыщения, созданием новых конструкций сепараторов и схем УКУ.

Литература

Верете А. Г., Дельвинг А. К. Судовые паровые и газовые энергетические установки: Учебник для мореходных училищ.—2-е изд., перераб. и доп.— М.: Транспорт, 1990.- 240 с. Стр. 18-22