

Федеральное агентство по образованию  
Дальневосточный государственный технический университет  
(ДВПИ им. В.В. Куйбышева)

**А. Б. Гусаров**

**Особенности устройства и эксплуатации  
паровых котлов корабельных КТЭУ**

Допущено УМО ВУС ВМФ в качестве учебного пособия по военно-специальным дисциплинам для студентов вузов, обучающихся на военных кафедрах по программам подготовки офицеров запаса ВМФ в области корабельной энергетики.

Владивосток  
2006

УДК 621.18:623.85

Г 96

Гусаров, А.Б. **Особенности устройства и эксплуатации паровых котлов корабельных КТЭУ**: учеб. Пособие/ А.Б. Гусаров. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. – 120с.

**ISBN**

В учебном пособии рассмотрены назначение, классификация и характеристики корабельных паровых котлов, их конструкция, принцип действия, особенности эксплуатации и технического обслуживания.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся на военно-морских кафедрах при государственных образовательных учреждениях высшего профессионального образования по военно-учётной специальности «Эксплуатация и ремонт паросиловых энергетических установок надводных кораблей».

Рецензенты:

А.Дудин, начальник военной кафедры №1 ФВО МГУ им. адмирала Г.И. Невельского, капитан 1-го ранга, доцент;

А.Р. Крукович, ст. преподаватель военной кафедры устройства и живучести корабля ТОВМИ им. С.О. Макарова, к.т.н, доцент, капитан 2-ого ранга.

Печатается с оригинал-макета, подготовленного автором

**ISBN**

©  
©

А.Б. Гусаров, 2006  
ДВГТУ, изд-во 2006

## Принятые сокращения

БЗЖ – борьба за живучесть;  
БЗК – быстрозапорный клапан;  
БЗУ – быстрозапорное устройство;  
ВНУ – воздухонаправляющее устройство;  
ВСК – вспомогательный стопорный клапан;  
ВУ – вязкость условная;  
ВХЛ – водно-химическая лаборатория;  
ГОУ – газоочистное устройство;  
ГРДП – главный регулятор давления пара;  
ГТЭУ – газотурбинная энергетическая установка;  
ДДУ – датчик дистанционного управления;  
ДУ – дистанционный указатель;  
ДУУМ – дистанционный указатель уровня мембранный;  
ДЭУ – дизельная энергетическая установка;  
ИУ – измерительное устройство;  
КВГ – котел высоконапорный главный;  
КИП – контрольно-измерительные приборы;  
КК – командир корабля;  
КЛТМ – корабельная лаборатория анализа топлива и масла;  
КПД – коэффициент полезного действия;  
КТЭУ – котлотурбинная энергетическая установка;  
КУ – Корабельный устав;  
МКО – машинно-котельное отделение;  
МКУ – машинно-котельная установка;  
НК – надводный корабль;  
ПДУ – пост дистанционного управления;  
ПК – паровой котел;  
ПКБТ – питательно-конденсатно-бустерный турбоагрегат;  
ПМР – плавучая мастерская (котлоочистная) рейдовая;  
ППО – планово-предупредительный осмотр;  
ППР – планово-предупредительный ремонт;  
ПЭКУ – Правила эксплуатации котельных установок;

РБЖ – Руководство по борьбе за живучесть;

РБИТС – Руководство по боевому использованию технических средств

РГ – регулятор горения;

ТНА – турбонаддувочный агрегат;

ТЦ – топливная цистерна;

ЦГК – цистерна грязного конденсата;

ЭУ – энергетическая установка;

ЭМЧ – электромеханическая часть.

## Введение

Применение водяного пара для различных целей и устройств, облегчающих труд человека, осуществлялось очень давно, раньше, чем была изобретена паровая машина. К таким устройствам можно отнести, например, шар Герона Александрийского (около 120 г. до н. э.) и паровую пушку Леонардо да Винчи (XV в.). Агрегаты, генерирующие пар для использования с целью получения механической работы, созданы несколько столетий спустя.

Впервые паровой котел как генератор, производитель пара, был отделен от исполнительного механизма в 1600 г. в установке Джамбатиста дела Порта для подъема воды. Однако отсутствие в то время универсального парового двигателя тормозило развитие паровых котлов.

Практическое применение различных тепловых двигателей стало возможным в результате развития учения о тепловой энергии. Особые заслуги в этой области принадлежат гениальному русскому ученому М. В. Ломоносову, который разработал атомно-молекулярную концепцию, нашедшую конкретное воплощение в его кинетической теории теплоты и молекулярной теории веществ. Он впервые объяснил, что тепловые явления обусловлены механическим движением материальных частиц. История развития теплотехники неразрывно связана с разработкой и совершенствованием теплового двигателя, первым из которых являлась паровая поршневая машина.

Начало технической революции, в которую человечество вступило в 1700 г., послужило основой к резкому изменению демографических, экономических и технологических путей развития мировой цивилизации.

В 1763 г. талантливый русский теплотехник И. И. Ползунов разработал первый проект универсального парового двигателя, а в 1766 г. по его второму проекту была построена вся установка, которая состояла из поршневой машины и парового котла. В последнем был применен предварительный подогрев питательной воды, а также автоматический регулятор питания, что по существу является прообразом регулирования современного котла. В дальнейшем установки для получения и использования пара все более совершенствовались. Английский изобретатель Д. Уатт в 1784 г. запатентовал универсальный паровой двигатель; это произошло на много лет позже испытания установки, построенной по проекту И. И. Ползунова. Бурное развитие паротехники особенно наблюдалось в XIX в., что обуславливалось ростом промышленного капитала. Успехи использования пара в промышленности оказали большое влияние на развитие средств транспорта.

Создание паровых судов относится к началу XIX в. В связи с ростом торговли возникла необходимость в судах с паровыми двигателями. В 1803 г. на р. Сене демонстрировал свое первое паровое судно изобретатель Р. Фултон. В 1807 г. им же построенный колесный пароход «Клермонт» с паровым двигателем мощностью 20 л. с. и небольшим судовым котлом с дровяным отоплением отправился в первый рейс по р. Гудзон от Нью-Йорка до Олбани.

В России на Ижорском заводе в 1811 г. впервые был построен паровой дно-

углубительный снаряд. 3 ноября 1815 г. первый русский пассажирский пароход «Елизавета» совершил рейс от Санкт-Петербурга до Кронштадта. На пароходе была установлена паровая машина небольшой мощности, судно имело скорость 5 уз. Избыточное давление пара в котле составляло 0,2 — 0,3 кгс/см<sup>2</sup>. К 1820 г. в России было построено несколько таких пароходов. Семь лет спустя в мировом флоте насчитывалось около тысячи судов с паровыми машинами. С этого времени рост тоннажа паровых судов стал обгонять рост тоннажа парусного флота.

В первой половине XIX в. в России на нескольких заводах были построены паровые котлы в основном коробчатого типа, которые предшествовали появлению пролетных и так называемых оборотных огнетрубных котлов. В это время большую роль в развитии огнетрубных котлов сыграли отец и сын Черепановы, создавшие в 1833— 1835 гг. первый в России паровоз, что предшествовало появлению огнетрубных котлов на судах. Русский теплотехник С. В. Литвинов предложил применить перегрев пара в котле оригинальной конструкции. Однако эти идеи смогли быть реализованы только в конце XIX в.

Необходимость в котлах с большой паропроизводительностью способных работать при повышенных давлениях пара и в то же время имеющих малые размеры и массу, привела к созданию в 70-х годах XIX в. огнетрубных котлов, в которых большая часть поверхности нагрева образована трубками небольшого диаметра; снаружи трубки омываются водой, а внутри них проходят уходящие из топки котла дымовые газы. К этому периоду относится применение в котлах устройств для получения перегретого пара, а несколько позже в котлах стали использовать для горения топлива воздух, подогретый теплом уходящих газов. Применение цилиндрических огнетрубных котлов позволило поднять давление пара до 16 кгс/см<sup>2</sup>.

По мере дальнейшего развития паровых турбин огнетрубные котлы не могли удовлетворить потребности в паре высоких параметров, поэтому в конце XIX в. начали создаваться водотрубные котлы. Поверхность нагрева водотрубного котла образована трубками, внутри которых циркулирует вода, а снаружи проходят дымовые газы.

Одним из первых типов водотрубных котлов был так называемый секционный котел, получивший свое название вследствие того, что водогрейные трубки вставлялись в передние и задние камеры, образуя отдельные секции. В России такие котлы начали строить с 1891 г. на Петербургском металлическом заводе: использовались они как в судовых, так и стационарных установках. Уменьшение размеров составных частей секционных котлов позволило увеличить давление пара. В настоящее время давление пара в секционных котлах достигает 50 кгс/см<sup>2</sup>.

Однако секционные котлы были сложными в изготовлении и недостаточно надежными в работе из-за слишком большого количества лючков в камерах, поэтому в конце прошлого века на судах начали применять барабанные водотрубные котлы. Их поверхность нагрева образована двумя пучками кипяtilьных трубок, концы которых присоединяются к двум нижним и одному верхнему барабанам. Топка размещается в пространстве между обоими пучками трубок. Ба-

рабанные котлы проще по устройству и легче секционных, они надежнее в эксплуатации и превосходят секционные котлы по технико-экономическим показателям. Барабанные водотрубные котлы применяются в настоящее время на судах как морского, так и речного флота. Их паропроизводительность может достигать 100 т/ч, давление до 100 кгс/см<sup>2</sup>, температура перегретого пара свыше 500°С.

К началу XX в. были разработаны и нашли широкое применение более прогрессивные водотрубные котлы с угольным отоплением. Для военных кораблей использовались два типа таких котлов – горизонтального и вертикального исполнения. Наиболее распространенной конструкцией первого типа были котлы Бельвиля. Компоновочная схема вертикальных котлов предусматривала паровой и два водяных коллектора, соединенных трубами (котлы треугольного типа). Вертикальные водотрубные котлы имели значительно меньшую массу и обеспечивали более высокую маневренность установки. Впервые такие котлы были установлены в 1890 г. на эскадренном миноносце “Роченсальм”. Рабочее давление пара в котлах этого корабля было 13 кгс/см<sup>2</sup>.

В качестве двигателя использовались паровые машины, конструкцию которых определяли условия их размещения на судах. Первые двигатели были балансирного типа, подобно стационарным прототипам. На смену им пришли горизонтальные машины, а в дальнейшем вертикально-опрокинутого типа. Развитие паровых поршневых машин шло по пути увеличения степени расширения пара, что привело к созданию двухцилиндровых двойного расширения компунд-машин, а затем и трехцилиндровых машин тройного расширения. Возможности увеличения мощности паровых машин были ограничены диаметром цилиндра низкого давления, который не мог превышать 2-2,5 м по конструктивным и технологическим причинам. Предельная мощность судовой паровой машины составляла не более 20 000 л.с.

Период строительства военных кораблей с 1907 г. до первой мировой войны характеризуется значительным увеличением их водоизмещения и скорости, для чего потребовались паровые котлы большой паропроизводительности с существенно меньшей удельной массой. Этим требованиям могли удовлетворять только вертикально-водотрубные котлы, но их совершенствование сдерживало угольное отопление. Каменный уголь - топливо с низкой калорийностью, ручная подача его в топку требует большого физического труда, вследствие этого паровые котлы с угольным отоплением не могли обеспечить паропроизводительность более 15 т/ч и к тому же были недостаточно маневренными. Кроме того, несовершенство процесса горения приводило к большой дымности, а следовательно, демаскировало боевой корабль. Немаловажными факторами являлись значительная трудоемкость погрузочных работ и неудобство хранения каменного угля.

Для крупных военных кораблей требовались и более мощные паровые двигатели. Предшествующее развитие техники и научных исследований, в частности в области теории истечения газов и паров, позволило в конце XIX в. создать новый тип двигателя - паровую турбину. Идея использования паровой (а также газовой) турбины в качестве главного судового двигателя принадлежит талантливому русскому изобретателю П. Д. Кузьминскому.

На смену паровым поршневым машинам пришли паровые турбины, которые имели более высокий КПД и меньшие массогабаритные характеристики. Для применения паровых турбин на кораблях потребовалось выполнить большой объем теоретических и экспериментальных исследований термодинамических процессов преобразования тепловой энергии пара в механическую работу, а также построить опытные машины и испытывать их. Впервые паровые прямодействующие турбины реактивного типа были установлены на линейных кораблях типа «Севастополь», работу которых обеспечивали 25 водотрубных котлов треугольного типа со смешанным угольно-нефтяным отоплением. Давление пара в котлах составляло  $17 \text{ кгс/см}^2$ . В энергетической установке этих кораблей был осуществлен замкнутый цикл «пар-конденсат» с генерацией тепла отработавшего пара в водоподогревателях. Несмотря на то, что созданная установка соответствовала уровню развития науки и техники того времени, она все же имела недостаток. Смешанное отопление паровых котлов ограничивало возможность увеличения их паропроизводительности т.к. при сжигании угля и нефти в топке одновременно требовались различные способы подачи воздуха в топку. Этот недостаток был устранен в 1910 г. внедрением нефтяного отопления котлов на эскадренных миноносцах типа «Новик».

Таким образом, к 1910 г. были реализованы основные научно-технические решения, обеспечивающие значительное увеличение паропроизводительности котлов, что позволило наращивать мощность установки с паровыми турбинами при одновременном снижении ее массы и габаритов.

Вместе с тем паросиловые установки по своим тепловым процессам оставались еще далеко не совершенными. Они имели низкую экономичность и большие массогабаритные характеристики. Недостаточны были и маневренные характеристики, такие как время приготовления к действию и время реверса. Установки обладали низкой живучестью из-за линейного расположения главных механизмов.

Очередной этап развития отечественных котлотурбинных установок начался в середине 20-х годов. Было принято целесообразным создавать котлотурбинные энергетические установки с паровыми котлами с нефтяным отоплением и рабочим давлением пара  $20 \text{ кгс/см}^2$ , температурой  $313^\circ\text{C}$ , а также с высокооборотными турбинами с зубчатой передачей.

Советскими учеными была разработана теория, служащая для создания прямоточных котлов. Их основными преимуществами являются малые габариты и масса, простота конструкции и невысокая стоимость изготовления. Осуществить оригинальную конструкцию прямоточного котла удалось в 1932—1934 гг. профессору Л. К. Рамзину.

В области развития конструкций паровых котлов большое значение имели работы В.И. Калашникова – создателя водотрубного котла и нефтяной форсунки, В.Г. Шухова – создателя ряда конструкций паровых котлов и форсунок, В.Я. Долголенко и др. Котлы Долголенко были установлены на многих боевых кораблях русского флота, в том числе на крейсере «Аврора».



В соответствии с этой концепцией до 1941 г. в нашей стране были разработаны и созданы паровые котлы и главные турбозубчатые агрегаты для большинства проектов кораблей.

Направление по созданию корабельных паровых котлов последовательно возглавляли Э.Э. Папмель, М.И. Шулинский, Г.А. Гасанов. Ими был спроектирован паровой котел для сторожевого корабля “Ураган” проекта 39. В процессе его создания был развернут комплекс научно-исследовательских и экспериментальных работ по теории горения и внутрикотловых процессов. В январе 1930 г. после стендовых испытаний нескольких вариантов комиссией был принят к серийному производству паровой котел для этого корабля. В этом же году на Северной судостроительной верфи во главе с В.А. Бжезинским было организовано ЦКБС-1, в состав которого входили и турбинисты, возглавляемые Б.С. Фрумкиным. Коллективом турбинистов был создан первый отечественный турбозубчатый агрегат, состоящий из высокооборотных турбин высокого и низкого давления и зубчатого редуктора (максимальная частота вращения гребного вала составляла 630 об/мин).

С учетом опыта проектирования и эксплуатации в течение 30-х годов отечественной промышленностью были спроектированы и построены несколько котлотурбинных энергетически установок большой мощности для лидеров эскадренных миноносцев. В ряде случаев при испытаниях, а также в период эксплуатации выявились отдельные недостатки и просчеты при проектировании. Особенно много их было обнаружено у энергетической установки для лидера эскадренных миноносцев “Ленинград” проекта 1. Так, уже на стенде выявились неполадки с циркуляцией воды в главном котле, которые приводили к разрыву трубок. Кроме того, были отмечены серьезные неисправности в работе редукторов, турбин высокого давления, главных конденсаторов и отдельных вспомогательных механизмов. Проектирование и поставка оборудования энергетических установок для некоторых проектов надводных кораблей велись при участии иностранных фирм (“Ансальдо”, “Метрополитен-Виккерс”, “Парсонс” и др.).

В конце 30-х годов по мере накопления опыта проектирования, завершения теоретических экспериментальных работ и совершенствования технологии изготовления корабельного оборудования отечественная судостроительная промышленность самостоятельно приступила к постройке энергетических установок легких крейсеров типа “Чапаев” проекта 68 и тяжелого крейсера “Кронштадт” проекта 69.

Опыт Второй мировой войны показал, что котлотурбинные энергетические установки большинства классов кораблей имеют недостаточную топливную экономичность, маневренность, долговечность котельных трубок, а также большие массогабаритные показатели. Для решения этих проблем необходимо было восстановить специализированные предприятия и конструкторские бюро. Так, в 1946 г. было создано специальное КБ котлостроения, которое возглавил Г.А. Гасанов. В 1946-1952 гг. на Северной судостроительной верфи было организовано СКБТ, которое возглавил опытный инженер Г.А. Оглобин.

В своей работе конструкторы использовали результаты исследований ученых Н.Н. Семенова, Я.Б. Зельдовича, Д.А. Франк-Каменецкого, Г.Ф. Кнорре, Л.А. Вулиса, Г.А. Абагянца, Н.М. Кузнецова. Велись научные работы, которые решали одну из важнейших проблем по организации смесеобразовательных процессов подогрева и испарения капель топлива, совершенствованию аэродинамической основы организации процессов в топке. К выполнению ряда работ были подключены специалисты Военно-морской академии и военно-морских училищ. Работы были направлены главным образом на создание высокоэкономичных автоматизированных паровых котлов с КПД 85—86% и подачей воздуха в топку.

Проведение новых исследований совпало с началом проектирования котлотурбинных энергетических установок для ряда кораблей: СКР “Горноста́й” проекта 50, ЭМ “Неу́страшимый” проекта 41, ЭМ “Ве́ский” проекта 56.

Для СКР “Горноста́й” проекта 50 был создан не имеющий аналогов турбозубчатый агрегат ТВ-9, состоящий из однокорпусной высокооборотной турбины реактивного типа, двухступенчатого редуктора с раздвоением мощности и конденсатора с самопроточной циркуляцией. Для повышения экономичности установки, начиная с ЭМ “Неу́страшимый” проекта 41, в главных котлах КВ-76 были увеличены начальные параметры пара до давления 64 кгс/см<sup>2</sup> и температуры перегрева – до 470° С. С целью увеличения теплонапряжения топочного объема в котлах были применены подача воздуха в топку с давлением 900-1100 мм.в.ст. и двухфронтное отопление. Для этих кораблей также разработан высокооборотный двухкорпусный агрегат ТВ-8, большой мощности, с гибкими связями подвижных концов турбин с фундаментом. Для этих установок был создан и принципиально новый автоматизированный насосный турбоагрегат, включающий три насоса – питательный, конденсатный и бустерный – с единым высокооборотным турборедукторным приводом. Впервые были использованы подшипники на водяной смазке.

В результате комплекса этих работ была разработана новая методология компоновки энергетического оборудования, позволяющая разместить в одном энергетическом отсеке паровые котлы и турбозубчатый агрегат с обслуживающим их оборудованием, что упростило конденсатно-питательную систему, повысило экономичность и улучшило массогабаритные характеристики установки. Без существенных изменений эта установка применялась на большой серии ЭМ “Ве́ский” проекта 56 и БПК “Гре́мящий” проекта 57.

При постройке кораблей в период 60-70-х годов потребовалось создание более экономичной и компактной котлотурбинной установки большой мощности. Выполненные в СКБК, ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова, 1-м ЦНИИ МО исследования показали возможность улучшения характеристик котельной установки на основе компрессорного наддува воздуха в топку котла с использованием тепла уходящих газов в турбонаддувочном агрегате. Одновременно коллективом Кировского завода под руководством главного конструктора В.Э. Берга был разработан турбозубчатый агрегат ТВ-12 мощностью 45 000 л.с., который стал основной базовой моделью для надводных кораблей. Используя накопленный опыт проектирования и достижения науки 50-60-х годов, конструкторам удалось

(по сравнению с предыдущим турбоагрегатом для кораблей проекта 56) повысить мощность агрегата на 25% при одновременном снижении на 35% его массы и увеличении КПД на 3-4%. В это же время в СКБК под руководством Г.А. Гасанова был спроектирован и построен высоконапорный паровой котел КВН 95/64 с высокими параметрами пара, в котором впервые было применено разработанное сотрудником 1-го ЦНИИ МО Ю.А. Убранцевым газоохладящее устройство эжекционного типа, позволившее снизить температуру уходящих газов до 100°C, что обеспечило значительное уменьшение теплового поля корабля. Все эти нововведения были заложены в котлотурбинную энергетическую установку ракетного крейсера “Грозный” проекта 58. Став базовой, в дальнейшем она прошла ряд этапов усовершенствования конструкций главных и вспомогательных механизмов, автоматизированного управления, водного режима, улучшения характеристик и др. Мощность ГТЗА-674 была увеличена до 50 000 л.с.

Для кораблей постройки 70-80-х годов (ЭМ “Современный” проекта 956, “Адмирал Флота Советского Союза Кузнецов” проекта 1143.5) были созданы высоконапорные котлы КВГ-3 и КВГ-4, а для резервной котельной установки корабля “Адмирал Нахимов” проекта 1144 - котел КВГ-2.

Таким образом, в результате большого объема выполненных НИР и ОКР в послевоенный период была создана унифицированная автоматизированная котлотурбинная энергетическая установка с высоконапорными котлами, которая является самой мощной среди установок на органическом топливе и широко применяется на современных крупных надводных кораблях.

# **Глава 1. Общие сведения о корабельных высоконапорных паровых котлах**

## **1.1. Классификация корабельных паровых котлов**

Паровым котлом называется теплообменный аппарат, предназначенный для превращения воды в пар заданных параметров за счет тепловой энергии, выделяющейся при сгорании органического топлива.

Корабельные паровые котлы подразделяются по следующим признакам:

1) по назначению – на главные и вспомогательные. Главные котлы служат для обеспечения паром всех потребителей корабля на ходу, вспомогательные – на стоянках, когда не работают главные котлы;

2) по принципу организации движения воды и пароводяной смеси – на котлы с естественной циркуляцией и котлы с принудительной циркуляцией. В котлах с естественной циркуляцией такое движение возникает из-за разности плотностей поступающей в котел воды и пароводяной смеси, образующейся за счет теплообмена с газами.

В котлах с принудительным движением рабочего вещества движение воды, пароводяной смеси и перегретого пара происходит за счет напора питательного насоса. Если такое движение в котле однократно, т.е. массовый расход воды на входе трубы равен расходу пара на выходе из них, то такой котел называют прямоточным.

Если же в трубах парообразующего (испарительного) участка с помощью специального циркуляционного насоса организовано неоднократное принудительное движение пароводяной смеси, то паровые котлы такого типа называют котлами с принудительной кратной циркуляцией.

Во многих котлах с естественной циркуляцией имеются отдельные прямоточные элементы – экономайзеры и пароперегреватели. В экономайзерах движение воды перед подачей ее в парообразующий участок происходит за счет напора питательного насоса; в пароперегревателях пар движется за счет отбора его из котла через запорное устройство (стопорный клапан). Эти котлы также называются котлами с естественной циркуляцией;

3) по способу организации движения воздуха и газов в воздушно-газовом тракте – на котлы с вентиляторным дутьем и котлы с компрессорным наддувом (высоконапорные). Котлы как с вентиляторным дутьем, так и высоконапорные могут иметь любой из названных выше принципов организации движения воды и пароводяной смеси и могут быть главными и вспомогательными.

Дутьё в котлах делится на открытое и закрытое. При открытом дутье (ПК устаревших типов) воздух нагнетается вентилятором в МКО, а оттуда в котел. При закрытом дутье воздух нагнетается из атмосферы непосредственно в котел;

4) по рабочему давлению пара – на котлы малого давления с рабочим давлением пара до 17 кг/см<sup>2</sup>, среднего давления с рабочим давлением пара до 30 кг/см<sup>2</sup>, высокого давления – свыше 30 кг/см<sup>2</sup>. В настоящее время изготавливаются в основном котлы высокого давления;

5) по роду производимого пара – на котлы, вырабатывающие насыщенный пар (без пароперегревателей), в основном вспомогательные, и вырабатывающие перегретый пар (с пароперегревателями), а также водогрейные, производящие горячую воду (бойлеры);

б) по конструкции – на котлы с односторонним ходом газов и двусторонним ходом газов, а также котлы, имеющие экранный пучок труб и без них, котлы с обогреваемым опуском и необогреваемым опуском, котлы с экономайзером и без него;

7) по характеру отопления, т.е. по роду источника теплоты, используемой для генерации пара, ПК делятся на котлы с автономным отоплением и утилизационные. Котлы с автономным отоплением имеют топку, в которой происходит сжигание топлива. Утилизационные котлы производят пар за счет использования (утилизации) теплоты выхлопных газов дизельных или газотурбинных двигателей корабля;

8) по характеру омывания газами теплопередающих поверхностей ПК делятся на водотрубные и газотрубные.

В водотрубных котлах вода, пароводяная смесь и перегретый пар движутся внутри труб, из которых образована поверхность нагрева. Газы омывают эту поверхность снаружи труб.

В газотрубных (огнетрубных) ПК продукты горения движутся внутри труб поверхностей нагрева, а пароводяная смесь омывает их снаружи.

## 1.2. Основные характеристики котлов

Характеристиками называют те технические параметры корабельных паровых котлов, значение которых позволяет произвести количественную оценку их технических и конструктивных показателей в период проектирования и эксплуатации ЭУ корабля.

К основным техническим характеристикам паровых котлов относятся:

а) поверхность нагрева котла  $f$  ( $\text{м}^2$ ) – площадь поверхности металлических частей котла, одна сторона которых омывается водой, а другая сторона обогревается пламенем горящего топлива и дымовыми газами;

б) паропроизводительность,  $D$  (т/час или кг/с) – весовое количество пара, вырабатываемое котлом в единицу времени;

в) рабочее давление пара,  $P_K$  ( $\text{кг/см}^2$ ) – избыточное давление пара в паровом коллекторе котла с естественной циркуляцией, или за стопорным клапаном прямого парового котла, выпускающим пар из перегревателя. В котлах с принудительной циркуляцией рабочим давлением считается давление в специальном коллекторе – сепараторе, в котором собирается и сепарируется циркулирующая в контуре пароводяная смесь;

г) температура перегретого пара,  $t_{\text{п.п.}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) – температура пара за пароперегревателем, т.е. перед его запорным устройством, или температура, до которой дополнительно нагревается насыщенный пар, и которая выше температуры парообразования при данном давлении;

д) температура питательной воды,  $t_{п.в.}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) – температура на входе в экономайзер или, при отсутствии экономайзера, в пароводяной коллектор;

е) расход топлива,  $B$  (кг/с или кг/ч) – масса топлива, подаваемого при работе котла в топку в единицу времени;

ж) коэффициент полезного действия (КПД) котла,  $\eta_k$  (%) – отношение той части теплоты, которая использована в котле полезно, т.е. пошла на генерацию пара заданных параметров, ко всей теплоте, выделившейся при сжигании топлива в топке;

з) Напряжение поверхности нагрева,  $I$  (кг/м<sup>2</sup>·час) – количество пара, получаемого с одного квадратного метра поверхности нагрева за один час (удельный паросъём);

и) влажность пара (%) – доля массы воды в одном килограмме пара, выраженная в долях единицы (процентах) и называемая степенью влажности пара;

к) масса котла,  $G_k$  (кг). Различают массу сухого котла (включающую массу металлических элементов и изоляции) и массу котла, заполненного водой.

Уменьшение габаритов и веса с применением высокого газотурбокомпрессорного наддува снижает аккумуляционную способность котла и улучшает его маневренные свойства.

О степени совершенства парового котла судят по следующим характеристикам:

- объемному теплonaпряжению топочного объема  $q_t$  (ккал/м<sup>3</sup>·ч), которое представляет собой количество тепла, выделяющегося в одном кубическом метре топочного объема в единицу времени при сжигании вводимого в топку топлива;

- теплonaпряжению поверхностей нагрева котла  $q$  (ккал/м<sup>2</sup>·ч), представляющему собой количество тепла, воспринимаемого от продуктов сгорания топлива одним квадратным метром поверхности нагрева в единицу времени;

- относительному весу сухого котла, т.е. по отношению полного веса котла без воды к его паропроизводительности;

- относительному весу котла с водой, т.е. по отношению полного веса котла, заполненного водой до рабочего уровня, к его паропроизводительности;

- относительному объему котла, т.е. по отношению полного объема, занимаемого котлом, к его паропроизводительности.

Об эксплуатационных свойствах парового котла судят по следующим показателям:

- маневренности, т.е. скорости подъема пара в котле из холодного состояния до состояния горячего резерва и скорости изменения нагрузок;

- надежности действия во всех условиях повседневной и боевой деятельности корабля, т.е. свойства котла сохранять во времени свою работоспособность при обеспечении заданных пределов допустимого изменения производительности и параметров вырабатываемого пара;

- скрытности действия, т.е. бездымности, бесшумности работы и достижение минимального теплового поля, создаваемого паровым котлом;

- живучести, т.е. способности противостоять ударным нагрузкам, работать при наличии крена, дифферента и т.д.

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите признаки, по которым классифицируются корабельные паровые котлы.
2. За счет чего возникает движение воды и пароводяной смеси в котлах с естественной циркуляцией?
3. Какие котлы называются высоконапорными?
4. Какие характеристики парового котла позволяют судить о его эксплуатационных свойствах?

## Глава 2. Принцип действия и особенности конструкции

### высоконапорного котла типа КВГ-3

Котел КВГ-3 (рис. 1) – высоконапорный вертикально-водотрубный с естественной циркуляцией, предназначен для обеспечения паром главной энергетической установки. Рабочее давление в паровом коллекторе –  $35/59 \text{ кгс/см}^2$ . Суммарная паропроизводительность – 100 т/ч.

Котёл имеет вертикальный двухколлекторный пароперегреватель 6, водяной экономайзер 15, газоочистное устройство 5 и турбонаддувочный агрегат типа ТНА-4 – 1, 3, 16.

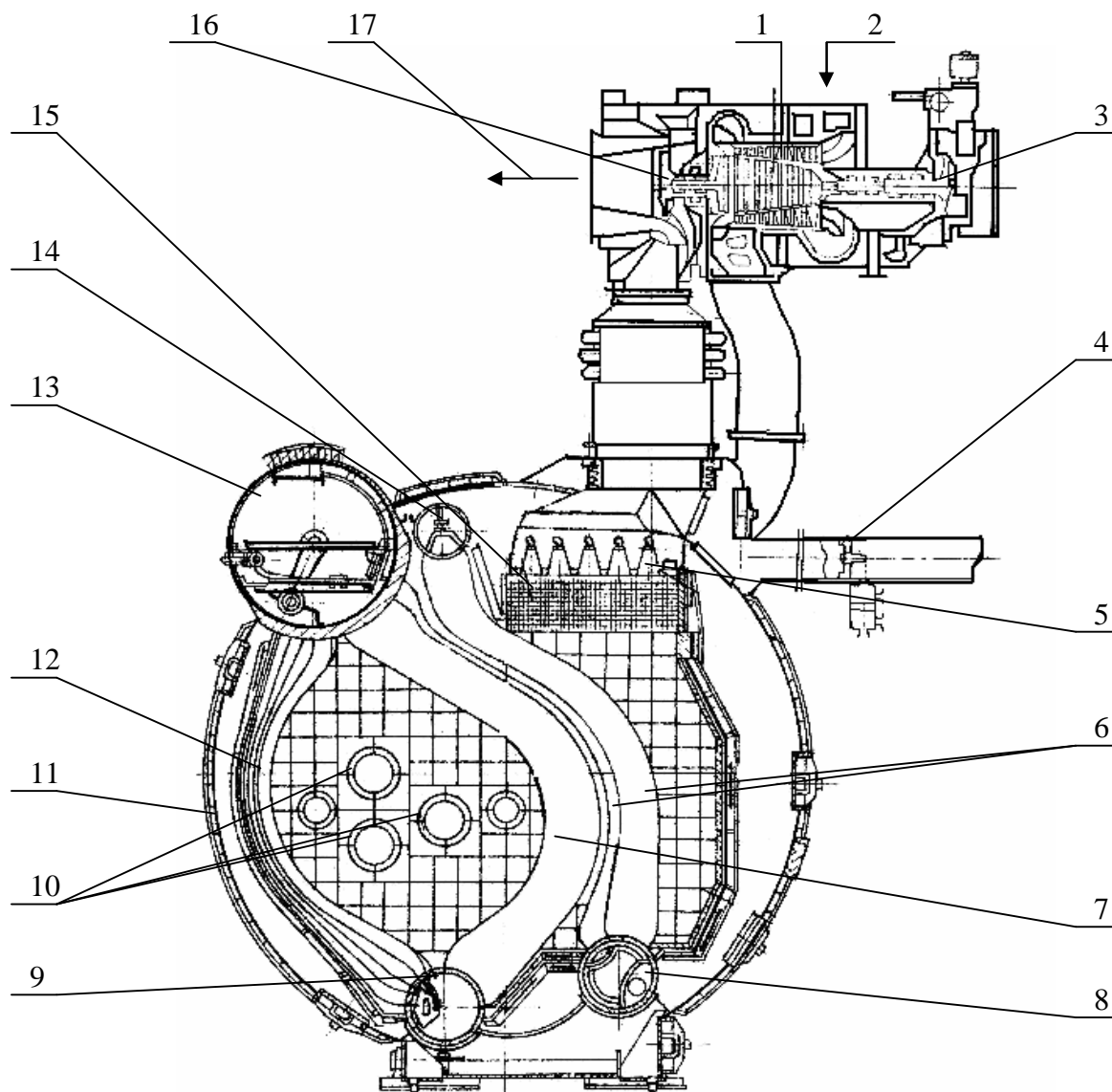


Рис.1. Схема компоновки котла с турбонаддувочным агрегатом:

1 – турбокомпрессор; 2 – вход воздуха; 3 – паровая дополнительная турбина; 4 – воздушная заслонка системы защиты; 5 – газоочистное устройство; 6 – пароперегреватель; 7 – конвективный пучок; 8 – нижний коллектор пароперегревателя; 9 – водяной коллектор; 10 – паромеханические форсунки; 11 – опускной пучок; 12 – трубы экрана; 13 – паровой коллектор; 14



– верхний коллектор пароперегревателя; 15 – водяной экономайзер; 16 – газовая турбина; 17 – газ на газоохладитель

В высоконапорном котле сжигание топлива осуществляется при повышенном давлении воздуха (на полной нагрузке около 3 атм).

Воздух для горения подается компрессором 1, который приводится в действие газовой турбиной 16, использующей энергию дымовых газов. Сжатие воздуха в компрессоре приводит к подогреву его до 150 °С.

С изменением нагрузки котла мощность, развиваемая турбиной и необходимая компрессору для сжатия воздуха, изменяется по различным зависимостям, вследствие чего на малых нагрузках имеет место недостаток мощности. Нехватка мощности газовой турбины на малых нагрузках компенсируется паровой добавительной турбиной 3, избыток мощности на нагрузках, близких к полным, гасится путем перепуска части воздуха, подаваемого компрессором через воздушную регулируемую заслонку.

Подача топлива к форсункам 10 осуществляется топливными насосами с турбо- и электроприводами. В топку котла топливо подается и распыляется шестью паромеханическими форсунками (по три с каждого фронта). Для качественного распыла топлива к форсункам подается пар давлением около 2 кг/см<sup>2</sup>.

Воздух после компрессора 1 проходит через межобшивочное пространство двухслойного кожуха и через ВНУ поступает в топку котла, где смешивается с распыленным форсунками топливом, обеспечивая качественное его сжигание.

Продукт сгорания топлива, отдав часть своего тепла поверхностям нагрева – испарительной 7, 12, пароперегревательной 6 и экономайзерной 15, поступает в газовую турбину 16, предварительно очищаясь от твердых частиц в газоочистном устройстве 5. Отработавшие в газовой турбине газы через газоохладитель выходят в дымовую трубу.

Питательная вода подаётся питательным насосом ПКБТ через экономайзер 15 в паровой коллектор котла 13.

Генерация пара осуществляется за счет тепла, воспринятого через поверхности нагрева циркулирующей в котле водой.

Котел имеет один контур циркуляции, образующий испарительную часть котла, состоящий из труб опускного пучка 11, экрана 12 и конвективного пучка 7, замкнутых на паровой 13 и водяной 9 коллекторы.

Циркуляция воды осуществляется за счет разности удельных весов пароводяной смеси в обогреваемых трубах и воды в опускных.

Для обеспечения надежной циркуляции воды питательная вода, подогретая в экономайзере, подается в паровой коллектор непосредственно к опускным трубкам в специальную выгородку. Опускные трубы по сравнению с трубами экрана и конвективного пучка имеют больший диаметр.

Насыщенный пар из парового коллектора по специальной выгородке входит в трубы трехходового пароперегревателя, состоящего из верхнего 14 и нижнего 8 коллекторов и труб 6, образующих пароперегревательную часть котла, и поступает к потребителю. Помимо этого отбор насыщенного пара к потребителю производится через ВСК.

Пароперегреватель и экономайзер являются прямоточными элементами котла. В экономайзере движение воды происходит за счёт напора питательного насоса, а в пароперегревателе пар движется за счёт отбора его из котла через запорное устройство.

Котел автоматизирован. Автоматизированное управление работой котла осуществляется системами регулирования питания и горения.

Котёл может вырабатывать пар переменного давления в зависимости от нагрузки. При этом для каждого давления установлена максимально допустимая нагрузка. Изменение нагрузки осуществляется как изменением количества включённых форсунок, так и изменением давления топлива перед форсунками. Нижний предел рабочего давления пара в паровом коллекторе  $35 \text{ кгс/см}^2$ . Верхний предел –  $59 \text{ кгс/см}^2$ .

## 2.1. Корпус котла и опорная рама

### 2.1.1. Корпус котла

Корпус котла имеет испарительную и пароперегревательную части (рис.2).

Испарительная часть котла состоит из водогрейных труб конвективного пучка 2, экрана 7 и необогреваемых опускных труб 6, замкнутых на паровой и водяной коллекторы.

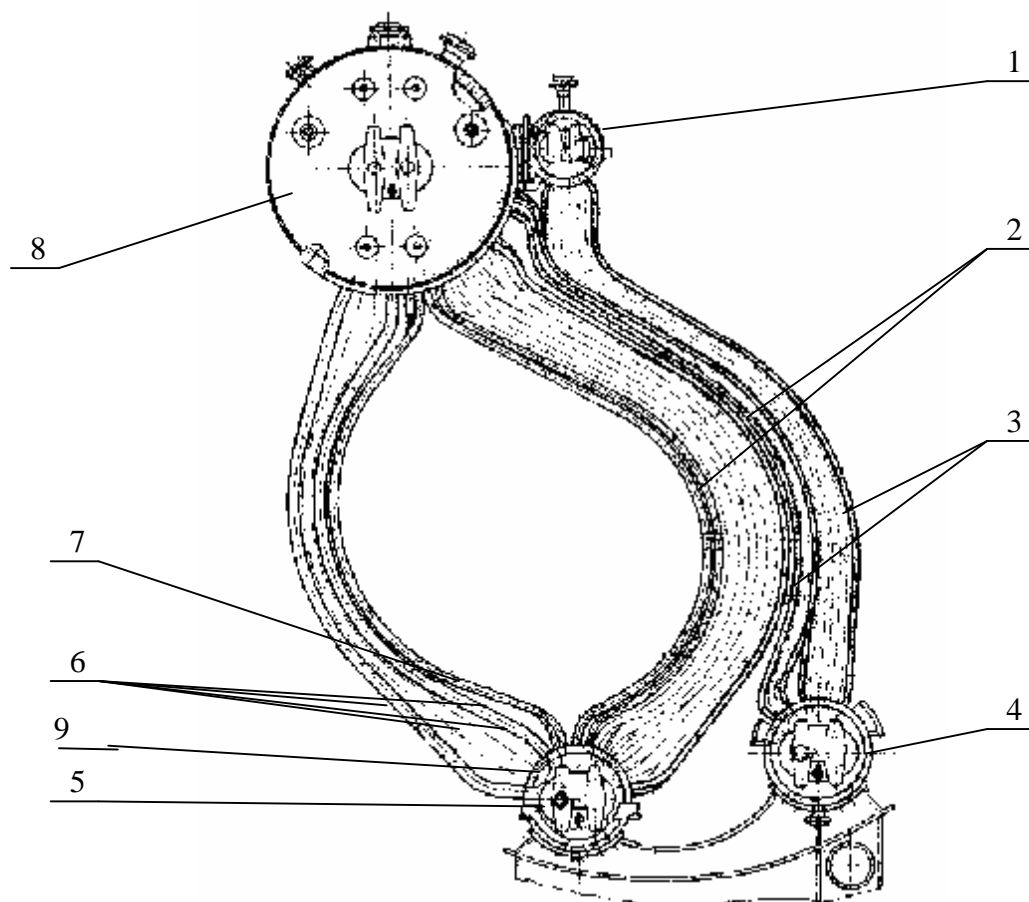


Рис. 2. Корпус котла:

1 – верхний коллектор пароперегревателя; 2 – конвективный пучок; 3 – пучок труб пароперегревателя; 4 – нижний коллектор пароперегревателя; 5 – затвор лазовый; 6 – пучок опускных труб; 7 – экран; 8 – паровой коллектор; 9 – водяной коллектор

Конвективный пучок состоит из девяти рядов труб: один ряд выполнен из труб 38х3, а остальные восемь рядов – из труб 30х3; два первых ряда труб 30х3 имеют шахматное строение. Последующие шесть рядов имеют коридорное строение, каждый ряд в районе присоединения к коллектору разведен на два ряда.

Экран выполнен однорядным из труб 30х3, образующих сплошную стенку, защищающую от обогрева опускные трубы.

Пучок опускных труб состоит из четырех рядов труб 57 х3,5 шахматного строения.

Паровой коллектор 8 диаметром 1100 мм сварной, имеет обечайку и приваренные встык штампованные днища.

Обечайка состоит из обертки толщиной 50 мм и трубной доски толщиной 75 мм. Переднее днище имеет лаз 300х400.

Водяной коллектор 9 диаметром 450 мм выполнен из бесшовной трубы и двух приваренных встык штампованных днищ с лазами 280х380.

Пароперегревательную часть образует пучок труб пароперегревателя 3.

### 2.1.2. Паровой коллектор

Внутренние части парового коллектора (рис. 3) служат:

- для обеспечения устойчивой циркуляции воды в котле;
- для получения пара с минимальной влажностью;
- для продувания котловой воды с целью снижения общего солесодержания.

Внутренние части парового коллектора включают в себя следующие элементы:

- нижний (погруженный) дырчатый щит 16;
- средний (в паровом пространстве) дырчатый щит 12;
- выгородку с верхним дырчатым щитом (потолочным) 3, 1;
- питательную трубу 6, 8, 10 с водораздельными перегородками;
- систему верхнего продувания 13, 14 и трубу для отбора проб котловой воды 15.

Система дырчатых щитов обеспечивает выравнивание нагрузки парового и водяного объемов с целью получения пара с минимальной влажностью.

Нижний дырчатый щит имеет отверстия диаметром 8 мм, средний – диаметром 12 мм.

Щиты изготовлены разборными, размеры листов обеспечивают возможность заводки и выема их из коллектора через лаз.

Верхний дырчатый щит состоит из двух листов, скрепленных между собой и с внутренними приварными элементами парового коллектора с помощью сварки.

Для направления насыщенного пара в трубы парового хода пароперегревателя в паровом коллекторе установлена выгородка. На выгородке предусмотрен патрубок с крышкой для обеспечения доступа к трубам первого хода пароперегревателя

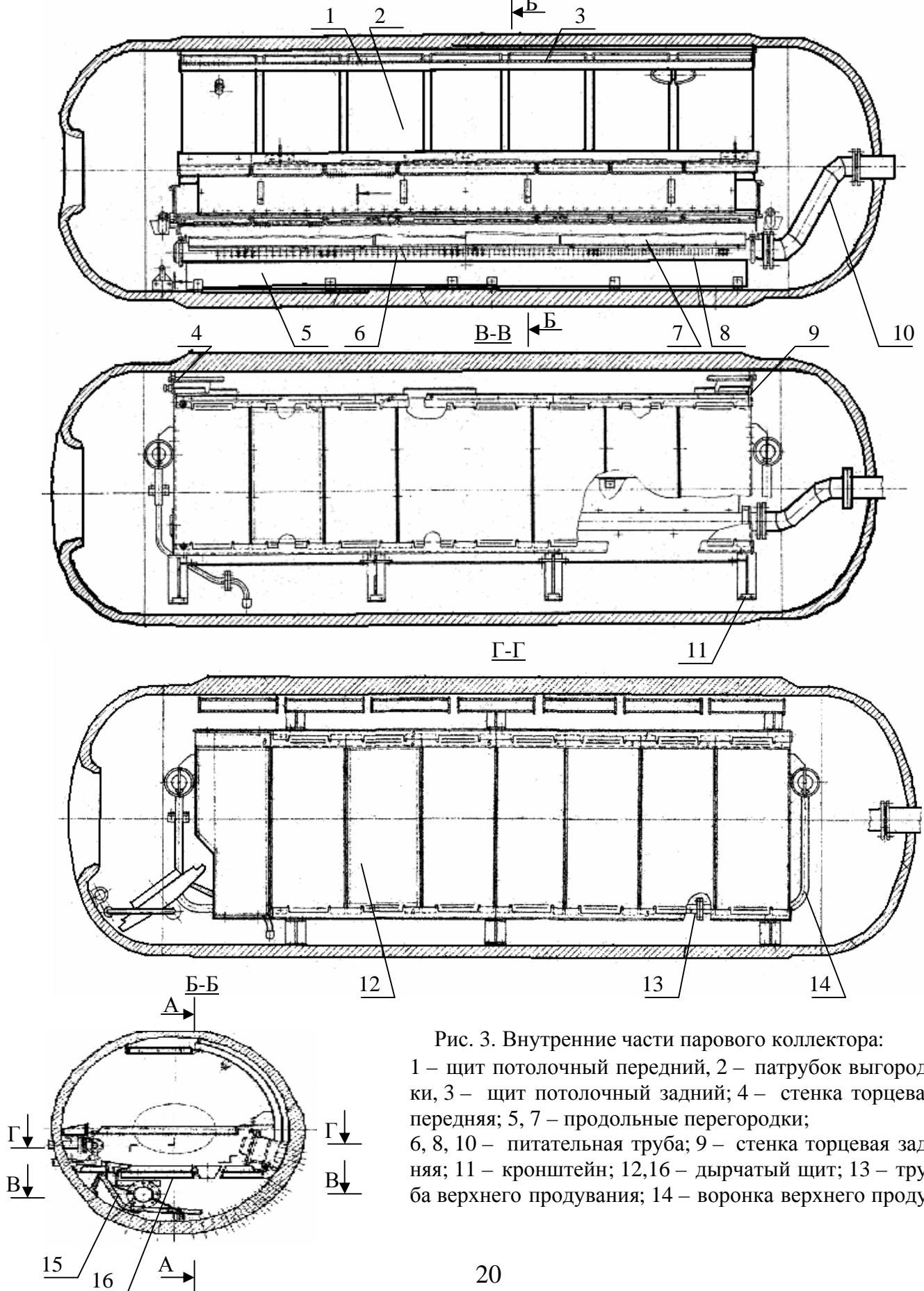


Рис. 3. Внутренние части парового коллектора:  
 1 – щит потолочный передний, 2 – патрубок выгородки, 3 – щит потолочный задний; 4 – стенка торцевая передняя; 5, 7 – продольные перегородки;  
 6, 8, 10 – питательная труба; 9 – стенка торцевая задняя; 11 – кронштейн; 12, 16 – дырчатый щит; 13 – труба верхнего продувания; 14 – воронка верхнего проду-

вания с трубой; 15 – труба отбора проб; 16 – нижний дырчатый щит

Питательная вода подается в паровой коллектор по питательной трубе, состоящей из трех частей 6, 8, 10 и установленной над опускными трубами в специальной выгородке. Питательная вода равномерно раздается по длине коллектора через два ряда отверстий. Опускные трубы отделены от подъемных труб продольными перегородками, которые вместе с питательной трубой образуют специальную выгородку. Наличие этой выгородки и подача питательной воды непосредственно в район опускных труб уменьшает возможность захвата пара в отпуск, что повышает надежность циркуляции воды в контуре.

Система верхнего продувания служит для снижения соленосодержания котловой воды и состоит из двух воронок с переднего и заднего фронтов. Эти воронки соединены сообщительной трубкой, которая имеет клапан верхнего продувания.

В водяном объеме с переднего фронта установлена труба для отбора проб котловой воды 15.

Для более равномерного распределения котловой воды по подъемным трубам в водяном коллекторе установлены два щитка – передний и задний.

### 2.1.3. Водяной коллектор

Водяной коллектор (рис. 4) служит для равномерного распределения котловой воды по испарительным трубам. Он состоит из двух щитков переднего 1 и заднего 2. Щитки крепятся к стенке коллектора на болтах с помощью уголников. Между собой щитки крепятся с помощью штифтов. В штуцерах для нижнего продувания установлены специальные тройники 3, предотвращающие образование трещин в районе штуцерных отверстий коллектора при температурных напряжениях в процессе нижнего продувания котла. Тройники установлены и закреплены на стенке коллектора с помощью скоб и болтов.

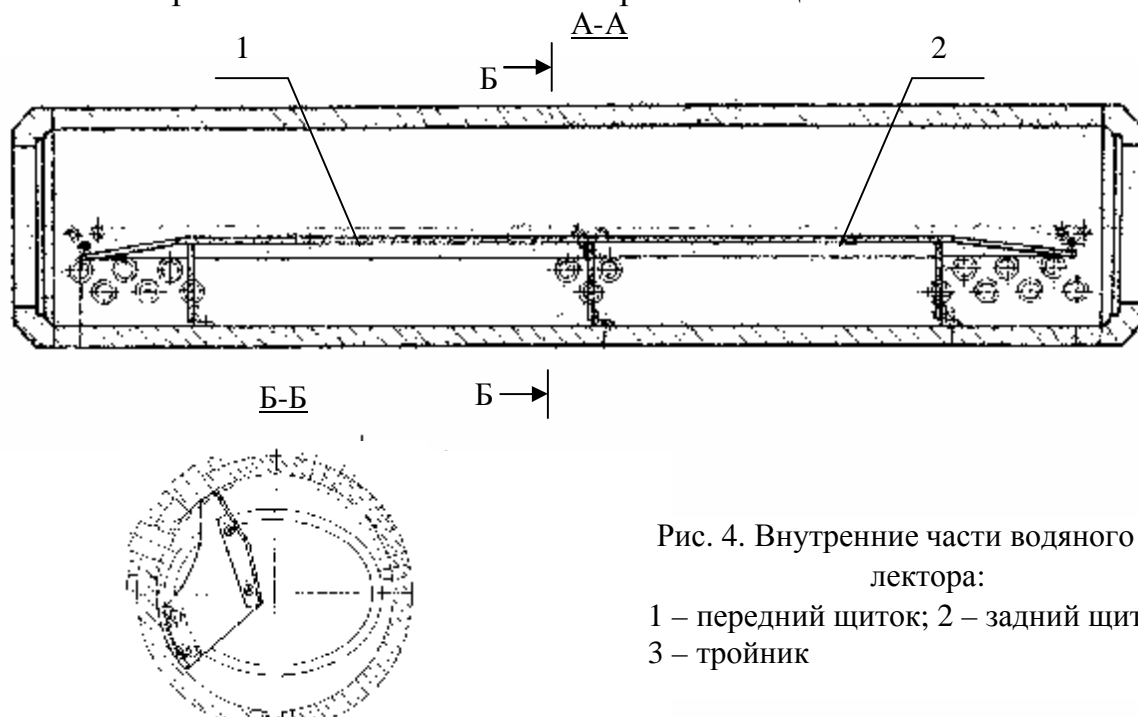


Рис. 4. Внутренние части водяного коллектора:  
1 – передний щиток; 2 – задний щиток;  
3 – тройник

### 3 2.1.4. Пароперегреватель

Пароперегреватель (рис. 2) расположен по ходу газа за конвективным пучком и состоит из трубного пучка 3 и двух коллекторов – верхнего 1 и нижнего 4.

Пучок пароперегревателя состоит из десяти рядов труб 20x2,5 шахматного строения. Первые три ряда и 40 труб 4-го ряда коридорного строения соединяют паровую полость парового коллектора с нижним коллектором пароперегревателя. 26 труб 4-го ряда и трубы с 5-го по 10-й ряд шахматного строения замыкаются на нижний и верхний коллекторы пароперегревателя.

Нижний коллектор диаметром 450 мм, сварной, из бесшовной трубы и двух приваренных встык штампованных днищ с лазами 280x380.

Верхний коллектор выполнен из трубы бесшовной 377x30 с приварными днищами с лазами 200x250.

Крепление труб корпуса котла в трубных досках коллекторов выполнено с помощью вальцовки.

### 2.1.5. Внутренние части коллекторов пароперегревателя

Внутренние части пароперегревателя (рис. 5) разделяют трубный пучок на три хода, по которым осуществляется последовательное движение пара.

Насыщенный пар из приемной выгородки парового коллектора поступает по трубам первого хода в среднюю полость нижнего коллектора пароперегревателя.

Из средней полости пар по трубкам второго хода поступает в верхний коллектор. Перераспределяясь на передний и задний фронт, пар из верхнего коллектора пароперегревателя поступает по трубкам третьего хода в полости перегретого пара нижнего коллектора, расположенные с переднего и заднего фронтов. Полости сообщаются между собой сообщительной трубой 8. Из полости заднего фронта пар по сообщительной трубе поступает в полость переднего фронта и далее через главный стопорный клапан к потребителям.

В целом конструкция внутренних частей коллекторов пароперегревателя обеспечивает возможность их разборки для обеспечения доступа к трубам пароперегревателя.

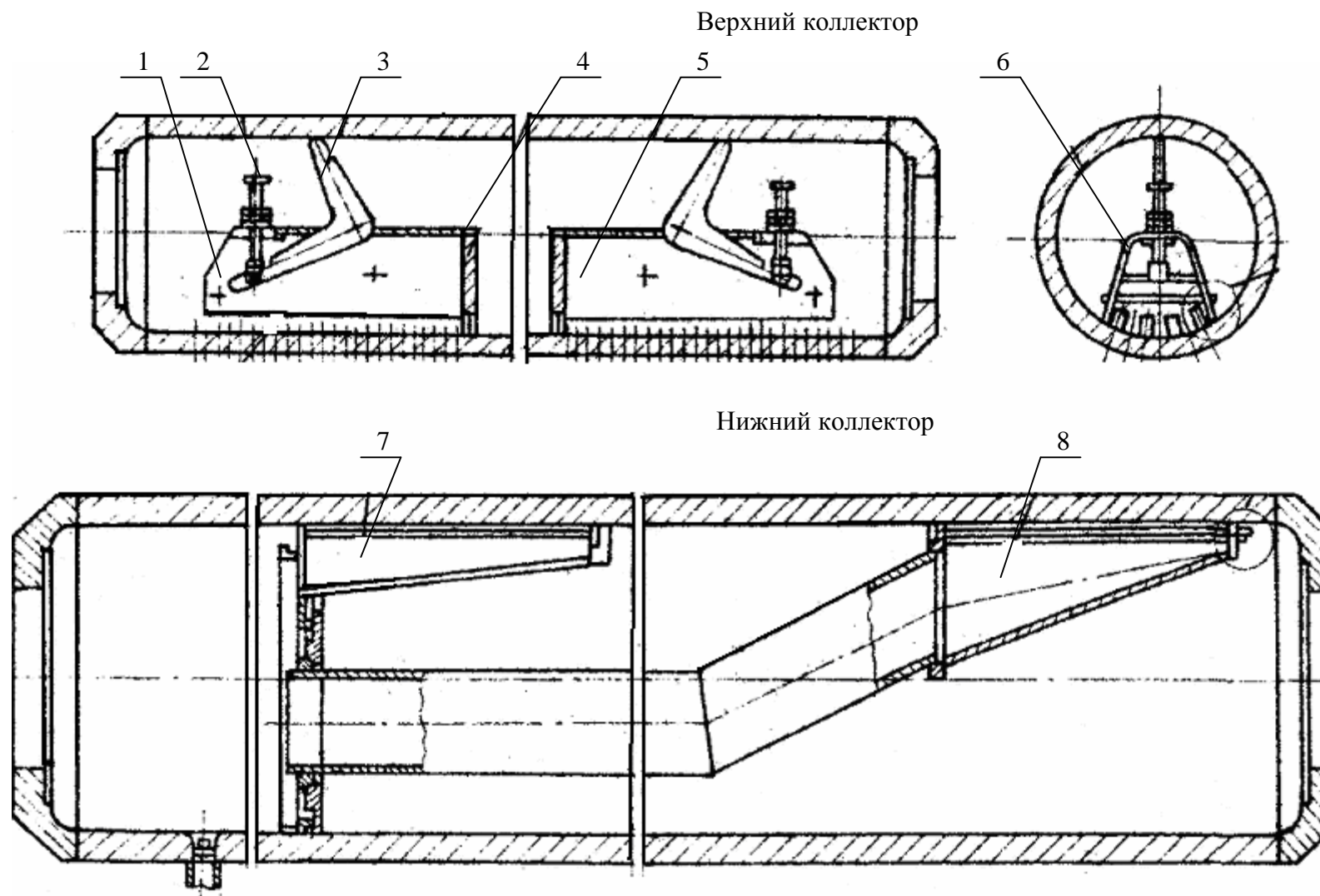


Рис. 5. Внутренние части верхнего и нижнего коллекторов пароперегревателя:  
 1 – выгородка передняя; 2 – болт откидной М14х120; 3 – рычаг; 4 – гребенка торцевая; 5 – выгородка задняя; 6 – рубашка; 7 – выгородка передняя; 8 – выгородка задняя с пароперепускной трубой



### 2.1.6. Опорная рама

Корпус котла, образованный испарительной частью – пароперегревателем, коллекторами, смонтирован на опорной раме (рис. 6), которая является частью наружного кожуха котла. В опорной раме 1 имеются обработанные поверхности, на которые установлен коллектор и нижний коллектор пароперегревателя, и опорные плиты для крепления котла к переходным стульям фундамента 2. Под каждый коллектор имеется по две опоры. В опорных плитах высверлены отверстия для болтов крепления котла к фундаменту.

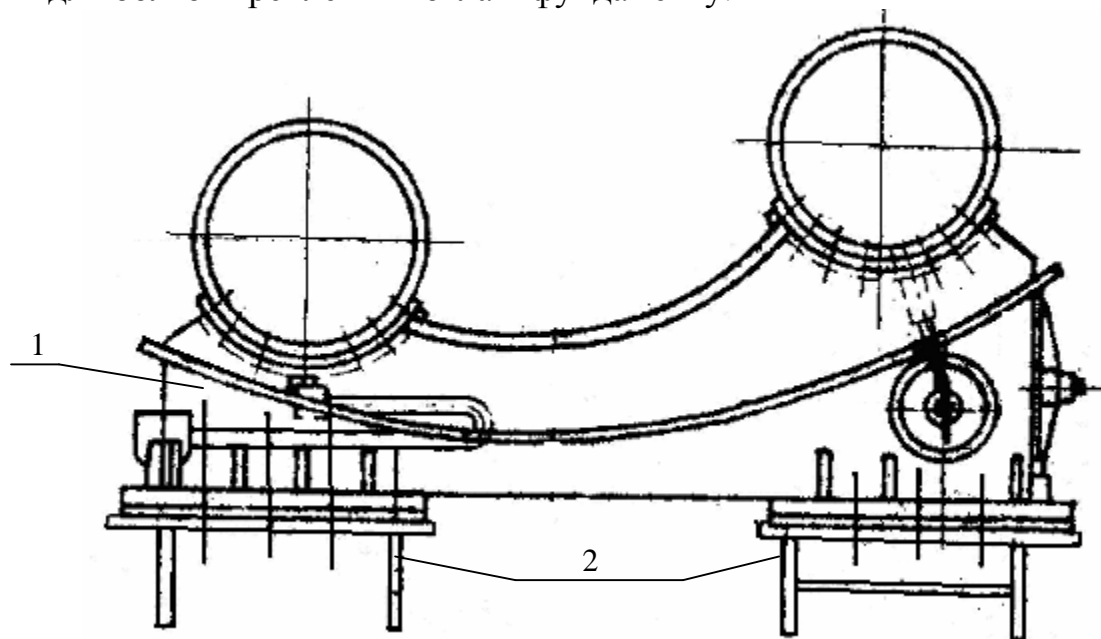


Рис. 6. Крепление котла к переходным стульям фундамента:  
1 – опорная рама; 2 – переходные стулья фундамента

Опорная плита переднего фронта нижнего коллектора пароперегревателя закреплена на фундаменте жестко. Остальные опорные плиты имеют овальные отверстия, что обеспечивает перемещение при тепловом расширении котла в сторону заднего фронта до 12 мм. В этих плитах болты вставлены в дистанционные втулки, обеспечивающие зазор между гайкой и опорной плитой 0,3-0,5 мм, скольжение опорных плит по поверхности фундамента обеспечивает латунная прокладка.

### 2.2. Водяной экономайзер

Водяной экономайзер установлен в газоходе котла за пучком пароперегревателя и предназначен для подогрева питательной воды, поступающей в паровой коллектор, низкотемпературными газами.

Водяной экономайзер (рис. 7) – гладкотрубный, змеевиковый, состоит из 18 параллельных десятирядных сдвоенных змеевиков, выполненных из труб 25x3, замкнутых на входную (нижнюю) 2 и выходную (верхнюю) 3 камеры.

Камеры расположены на заднем фронте котла и закреплены на кронштейнах 4, приваренных к задней стенке внутреннего кожуха. Конструкция кронштейнов обеспечивает возможность тепловых расширений камер. Камеры изгото-



товлены из горячекатаных стальных труб 114x7. Каждая камера имеет приваренные доньшки, одно из которых глухое, а другое с резьбовым отверстием, в которое устанавливается лючковый затвор 5. Резьбовое отверстие служит для осмотра внутренних поверхностей камеры и установки влагопоглотителя при консервации экономайзера.

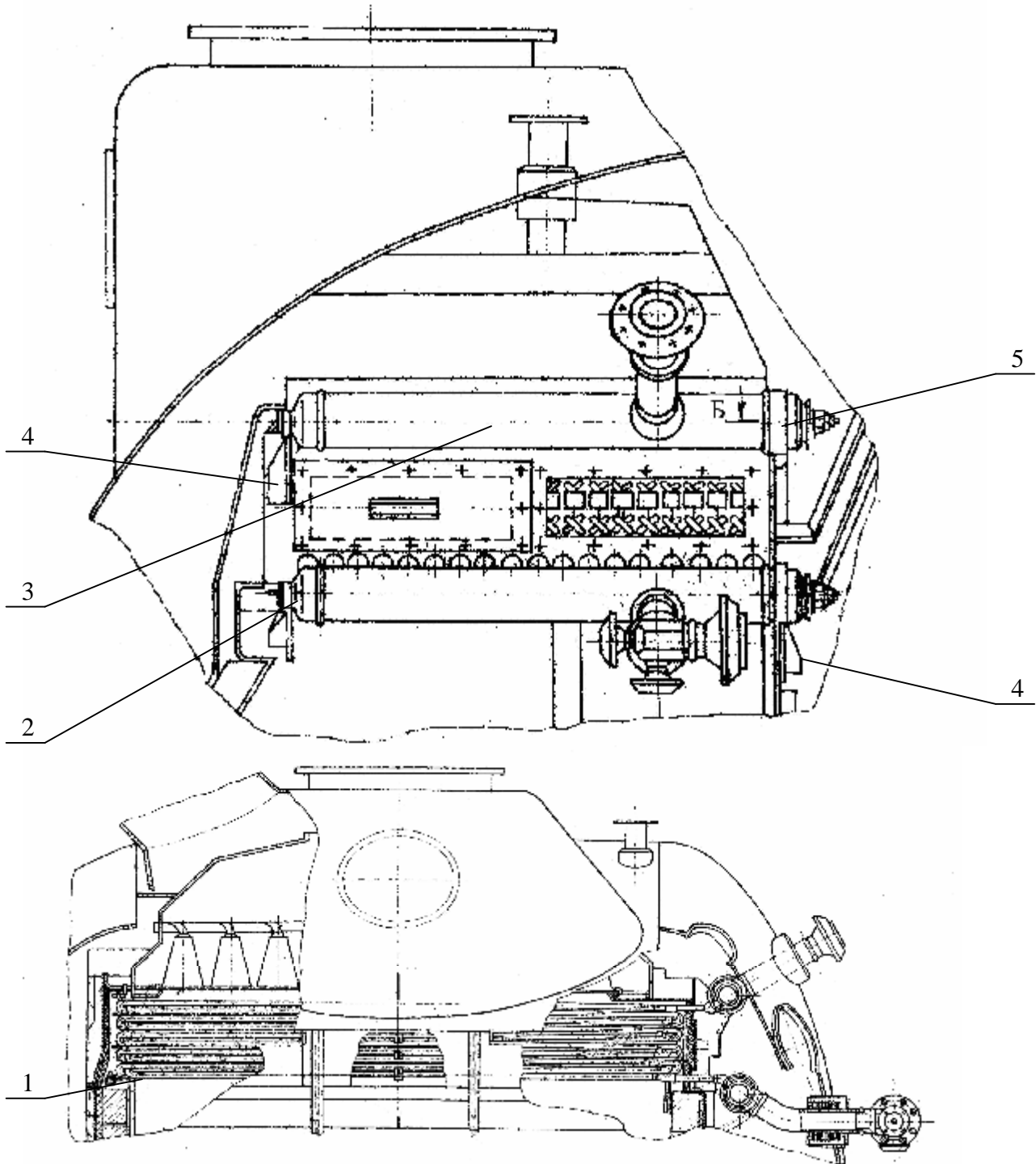


Рис. 7. Водяной экономайзер:

1 – змеевик; 2 - камера входная; 3 – камера выходная; 4 – кронштейн; 5 – затвор лючковой

## 2.3. Кожух и кирпичная кладка

### 2.3.1. Кожух

Кожух котла выполнен двухслойным и состоит из наружного и внутреннего кожуха. Воздух от компрессора подается через воздушный патрубок в межобшивочное пространство котла, омывает боковые и фронтальные стенки и через ВНУ поступает в топку котла.

Наружный кожух котла (рис. 8) представляет собой прочноплотную оболочку, подверженную внутреннему давлению. Он выполнен сварным и состоит из обечайки 3 и двух эллиптических днищ – переднего 1 и заднего 4. К днищам приварены патрубки коллекторов, воздухонаправляющих и смотровых устройств. Обечайка 3 и днища наружного котла выполнены из листовой стали толщиной 6 мм.

В верхней части обечайки и днища присоединяются на сварке к приварным элементам парового коллектора, а в нижней части – к приварным элементам опорной рамы котла, на каждом днище установлено по два смотровых устройства 2.

Для доступа внутрь кожуха по его обечайке и днищам, а также на стенке опорной рамы со стороны газохода установлены лазовые затворы размером 350х450. В местах вывода штуцеров и арматуры, ввода и вывода питательных трубопроводов и установки патрубков коллекторов предусмотрены компенсаторы.

Верхний кожух ограничивает топочный объем и газоходы котла, изготовлен сварным из листового и профильного проката. Все стенки внутреннего кожуха, за исключением боковой со стороны экрана, обмурованы. На фронтальных стенках имеются топочные лазы с крышкой, а на боковых съемные щиты для возможности наружной чистки котла и ревизии кирпичной кладки.

Внутренний кожух (рис. 9) представляет собой оболочку, ограничивающую топочный объем и газоходы котла. Он образован стенками: фронтальными - передней 2 и задней 8, боковыми - стороны экрана 3 и стороны газохода 7, верхней 6 и нижней 1 стороны газохода, верхней в районе верхнего коллектора пароперегревателя, щитом 5 и патрубком газохода 4.

Нижняя, фронтальная и боковые стенки крепятся между собой на сварке, а верхняя и лист – с помощью болтовых соединений. Крепление верхних стенок и листа к патрубку газохода осуществляется также с помощью болтовых соединений. Верхняя часть внутреннего патрубка газохода прикреплена к наружному патрубку газохода.

Стенки внутреннего кожуха крепятся к продольным и дуговым приварным элементам парового коллектора, коллекторов пароперегревателя и продольным элементам водяного коллектора с помощью болтовых соединений. К дуговым приварным элементам водяного коллектора фронтальные стенки крепятся на сварке.

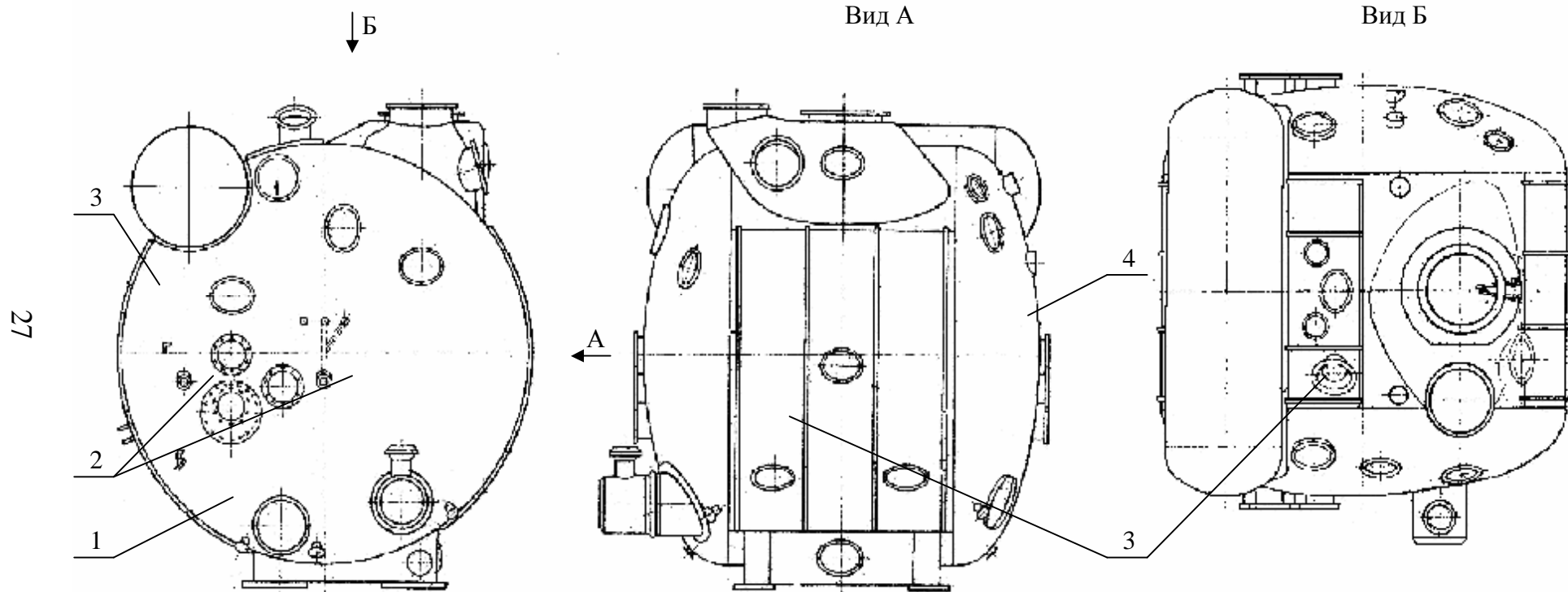


Рис. 8. Наружный кожух котла:  
 1 – днище переднее; 2 – патрубок смотрового устройства; 3 – обечайка; 4 – днище заднее

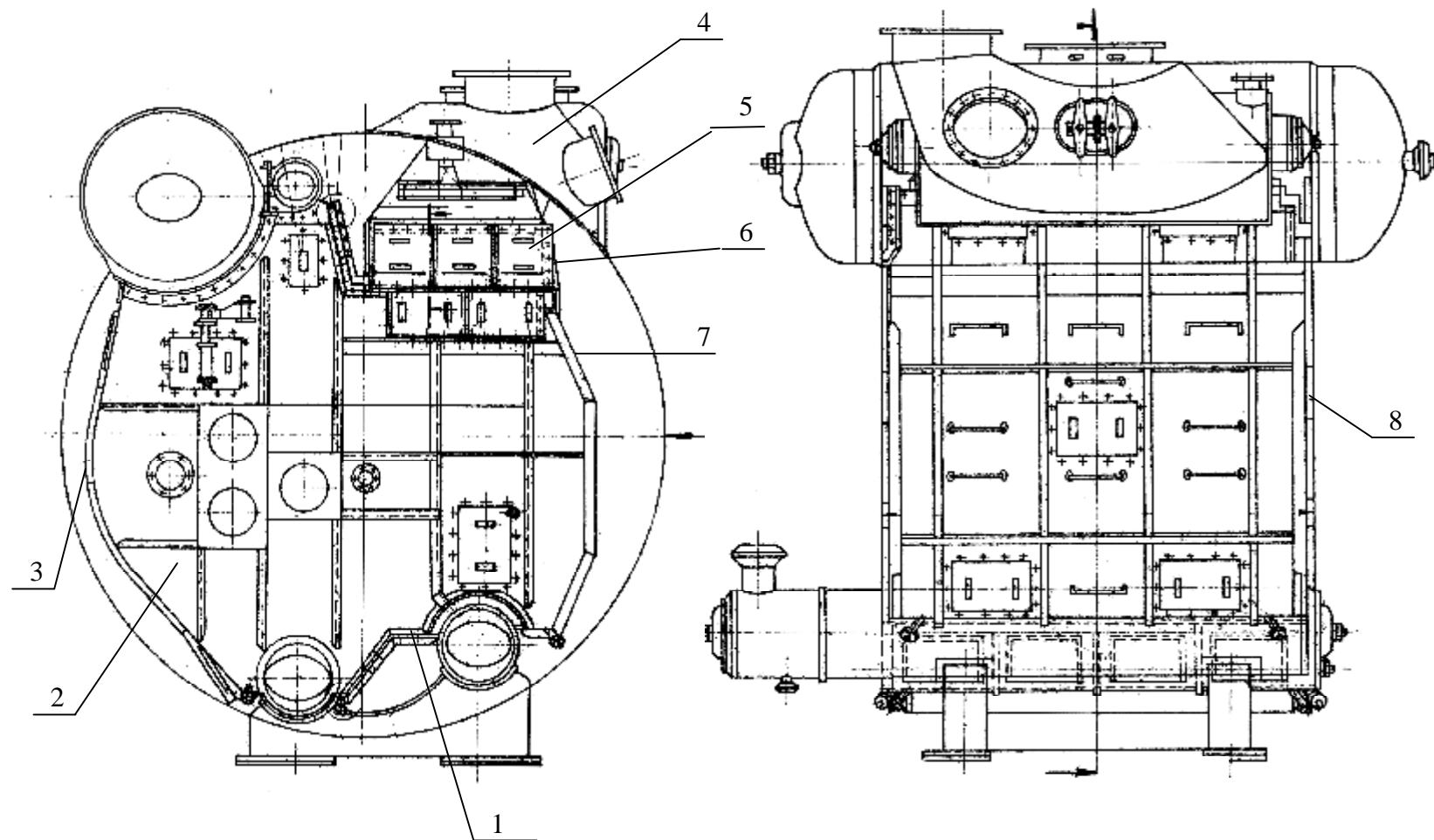


Рис. 9. Внутренний кожух котла:

1 – стенка нижняя стороны газохода; 2 – стенка фронтальная передняя; 3 – стенка стороны экрана; 4 – патрубок газохода; 5 – щит; 6 – стенка верхняя стороны газохода; 7 – стенка стороны газохода; 8 – стенка фронтальная задняя

### 2.3.1. Кирпичная кладка и изоляция кожуха

Кирпичная кладка подвергается воздействию высоких температур. На максимальной нагрузке температура ее поверхности составляет 1500°C.

Фронтные стенки в районе топки и испарительных труб, а также крыши топочного лаза на переднем фронте облицованы карборундовыми кирпичами 160x160x100. Под карборундовыми кирпичами установлена изоляция, выполненная из асбестового картона. Фурменные кирпичи разъемные и покрыты в районе конуса и поверхности, обращенной к топке, карбидокремниевой облицовкой на оксинитридной связке. В связи с высокими скоростями газов в районе трубного пучка и за ним на боковых и фронтальных стенках установлены высокоглиноземистые кирпичи 160 x160x100 и 160 x160x40 со слоем асбеста под кирпичами толщиной 5 - 30 мм.

Открытая в топку часть водяного коллектора изолирована шамотным кирпичом. Экранная стенка и патрубок газохода изолирован 20-мм асбестовым картоном, покрытым листами жаропрочной стали. Все тепловые зазоры между кирпичами заполнены шамотным мартелем (в шамотной части) и карбидокремниевым мартелем (в районе карбидокремниевой облицовки).

Наружный кожух покрыт железным суриком, и на него уложены вермикулитные плиты на силикатном клее. Вермикулит покрыт металлической сеткой и слоем совелитовой штукатурки. В районе верхнего коллектора пароперегревателя на совелитовую штукатурку установлены стальные хомуты со стяжными болтами. В остальных местах совелитовая штукатурка оклеена с помощью клея из крахмала саржей или миткалем, покрыта тремя слоями бакелитового лака. Все лазовые затворы, патрубки изолированы асбестовыми матрацами, заполненными ньювелем.

### 2.4. Газоочистное устройство

Газоочистное устройство (ГОУ) (рис. 10) используется для защиты направляющего аппарата и рабочих лопаток газовой турбины ТНА от деформаций и разрушений зольными и шлаковыми остатками топлива и другими твердыми частицами, уносимыми из котла с продуктами сгорания топлива. ГОУ работает по принципу инерционной решетки жалюзийного типа и состоит из пяти элементов 4, объединенных в десять секций 2.

Секции основанием крепятся на раме 3 с помощью стопорных полос 1, соединяющихся между собой попарно с помощью болтов и гаек-заглушек.

Элементы ГОУ имеют форму усеченной пирамиды с квадратным основанием, боковые стенки которой выполнены в виде жалюзийных решеток с зазором 3 мм.

Внутренняя поверхность элемента разделена по диагоналям основания двумя вертикальными перегородками на четыре части. В верхней части элемента имеется дренажное отверстие.

Дренажная система обеспечивает отвод загрязненных газов в выхлопной газоход котла и состоит из коллекторов – газосборников 5, соединяющих группы секций с дренажным трубопроводом через патрубки газосборников и компенсационные устройства.

Компенсационные устройства обеспечивают возможность перемещения элементов ГОУ при тепловых расширениях, а также герметичность кожуха в местах вывода дренажного трубопровода.

При работе котла поток газов, поступающий в каждый элемент ГОУ, разбивается лопастями элементов на мелкие струйки, резко поворачивается вокруг лопастей и поступает через газоход в газовую турбину ТНА. Твердые частицы, внесенные в элемент газовым потоком, двигаясь по инерции и отражаясь от лопастей и диагональных перегородок, достигают дренажного отверстия элемента и выносятся частью газов, минуя газовую турбину, в трубопровод дренажной системы.

Расход газа в дренаж ограничивается установкой шайбы на общем трубопроводе сброса газа перед дымовой трубой.

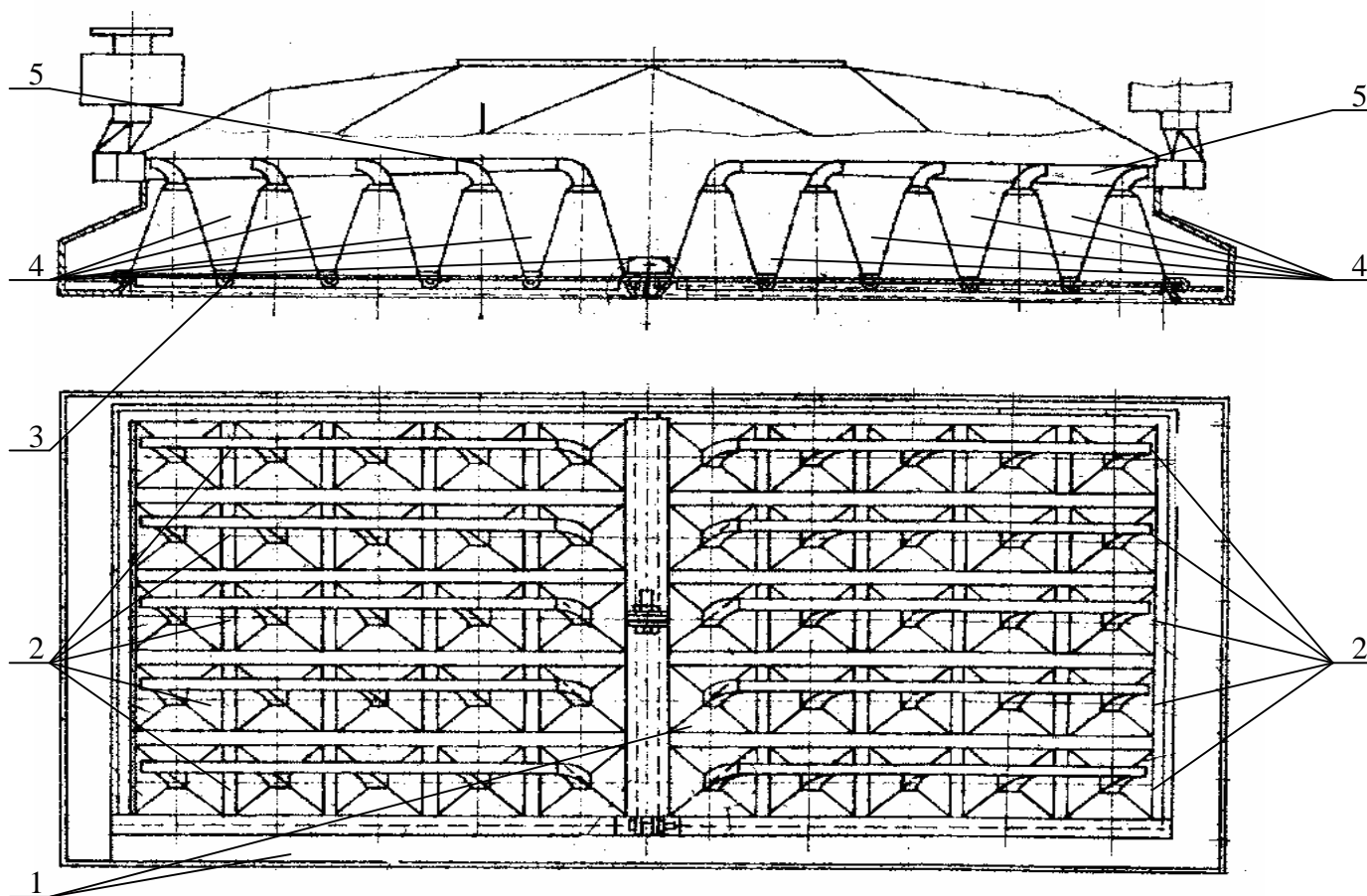


Рис.10. Газоочистное устройство:

1 – стопорные полосы; 2 – секции элементов; 3 – рама; 4 – элементы; 5 – газосборники

## 2.5. Топочное устройство котла

Топочное устройство (рис. 11) предназначено для подвода и сжигания топлива в топке котла. Оно состоит из шести форсуночных устройств 1,2,3,4,5,6, расположенных по три на переднем и заднем фронте котла и имеющих нумерацию, соответствующую порядку их включения в работу.

Каждое форсуночное устройство состоит из паромеханической форсунки, ВНУ, устройства для снятия форсунки и сервомотора для дистанционного управления.

Основными узлами, одинаковыми для всех шести форсуночных устройств (рис. 12), являются паромеханические форсунки 2, тангенциальные лопаточные завихрители воздуха 3 и диффузоры 1.

В зависимости от вида управления – ручного или дистанционного – форсуночные устройства отличаются друг от друга конструкцией корпусов и регистров.

Первые два форсуночных устройства (в соответствии с их нумерацией на котле) имеют ручные тяги для перемещения регистров, остальные – гидравлические сервоприводы и топливно-запорные устройства.

Первая горелка используется в качестве растопочной. Разводка котла осуществляется на двух форсуночных устройствах со штатной форсункой (при наличии пара на заказе для работы ТНА) либо со специальной растопочной (центробежной) форсункой (при отсутствии пара на заказе).

Работа котла на нагрузках до 15% происходит при включенных вручную первых двух горелках. С повышением нагрузки автоматически одновременно включаются 3-4-я, а затем 5-я и 6-я горелки. Изменения нагрузки сопровождаются изменением давлений топлива и воздуха перед горелками.

Подачей топлива и воздуха на горение, а также включением горелок управляет автоматическая система.

Паромеханическая форсунка (рис. 13) служит для распыливания и распределения топлива в воздушном потоке.

Распыливание осуществляется за счет комбинации центробежного и парового способов распыливания, благодаря чему обеспечивается высокая дисперсность топлива в диапазоне расходов от 0 до 100% при малом расходе пара (около 1% от номинальной производительности форсунки).

Форсунка состоит из двухствольного корпуса 1 с ручкой 3 и толкателями 2, распылителя 5, распределителя 6 и прижимного стакана 7.

Основным рабочим узлом форсунки, определяющим качество ее работы и технические характеристики – производительность, угол, дисперсность и плотность орошения, является распылитель, состоящий из двух деталей – собственно распылителя 5 и паровой шайбы 4.

Плотность между деталями форсунки достигается их притиркой и прижатием друг к другу.

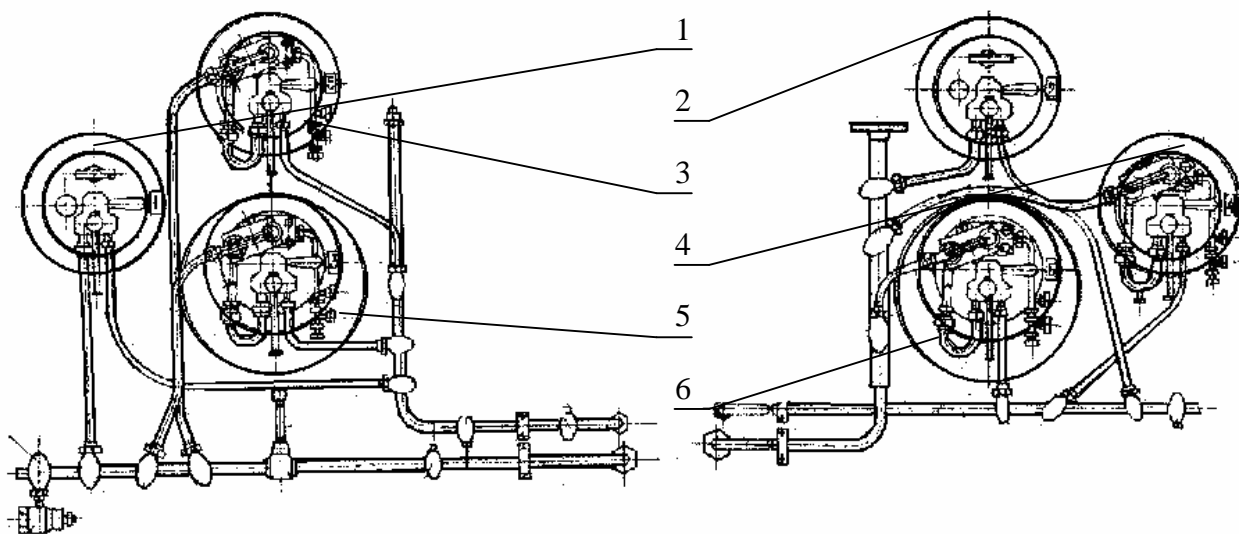


Рис. 11. Топочное устройство:  
1,2,3,4,5,6 – форсунки

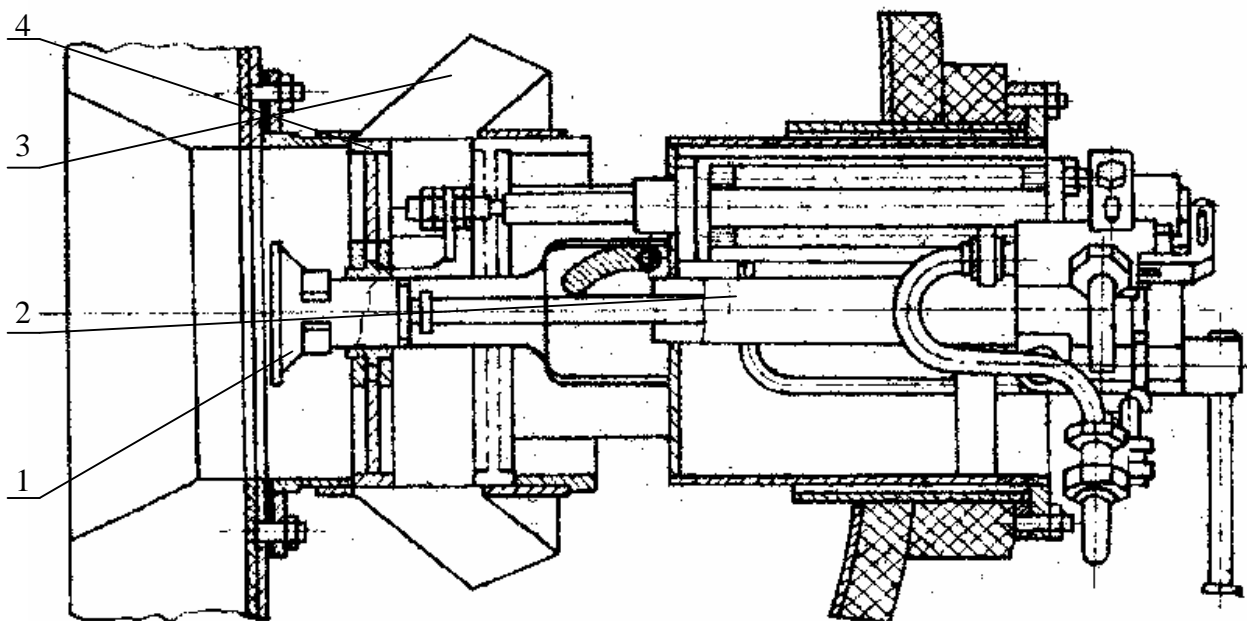


Рис. 12. Форсуночное устройство:  
1 – диффузор, 2 – форсунка паромеханическая, 3 – завихритель воздуха, 4 – регистр



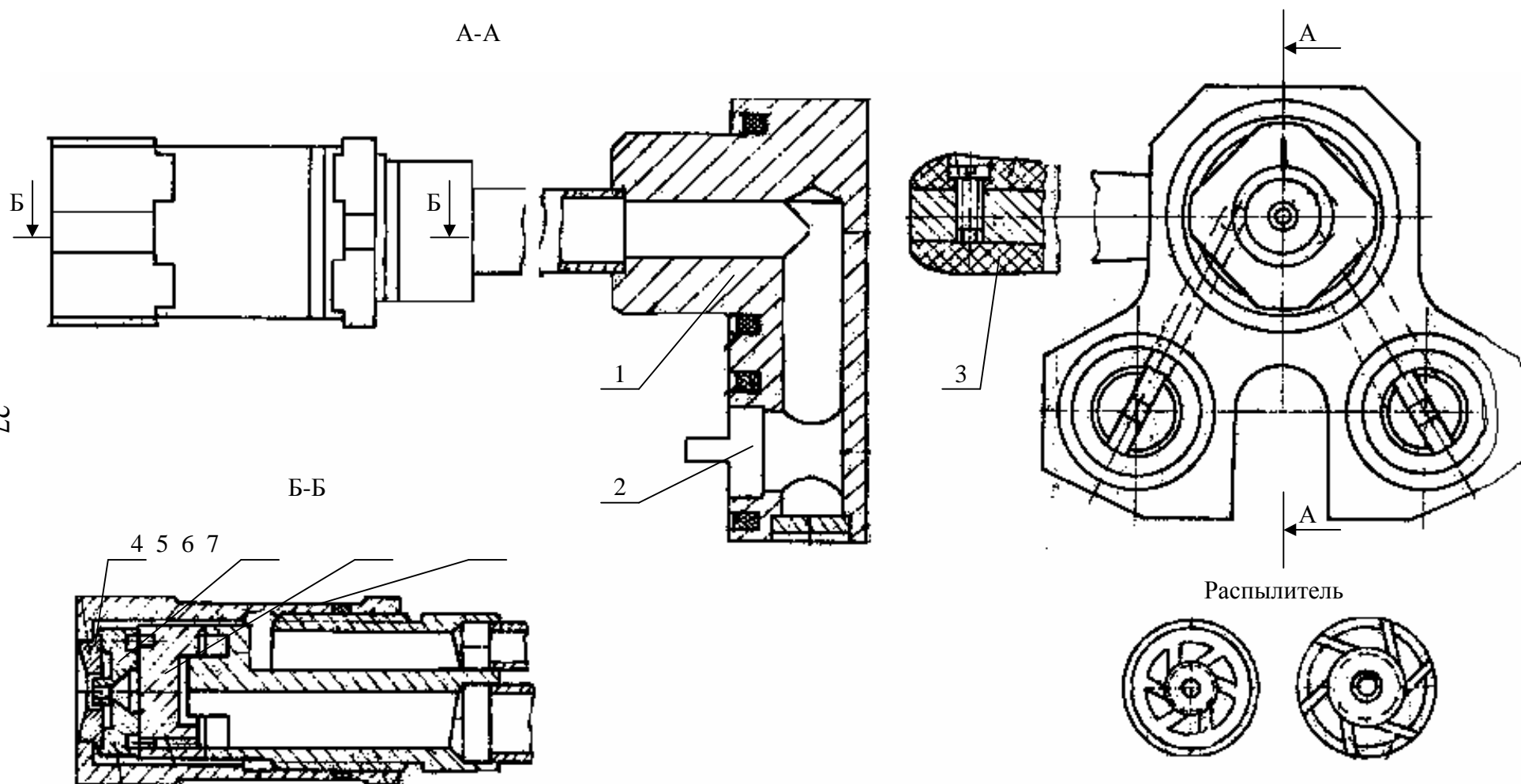


Рис. 13. Паромеханическая форсунка:

1 – корпус форсунки; 2 – толкатель; 3 – ручка; 4 – шайба паровая; 5 – распылитель; 6 – распределитель; 7 – стакан

Тангенциальный лопаточный завихритель (рис. 12) 3 организует подачу воздуха на горение из межобшивочного пространства котла закрученным против часовой стрелки потоком.

Завихритель закреплен на корпусе и установлен на направляющем цилиндре концентрично с фурмой и диффузором 1, являющимися продолжением проточной части горелки. Цилиндр частично перекрывает каналы завихрителя, создавая дополнительную турбулизацию воздушного потока.

Диффузор 1, представляющий собой конус с отверстиями, закреплен на форсуночной трубе корпуса вблизи торца форсунки и служит стабилизатором пламени.

Корпус является тем конструктивным узлом горелки, посредством которого она крепится на котле и на котором установлены все ее составные элементы – форсунка, завихритель воздуха, диффузор, регистр, втулка форсунки, сервопривод, топливно-запорное устройство, запальник. В рабочем положении форсунка прижимается к втулке отжимным болтом. При этом толкатели форсунки отжимают шарики от седел и открывают топливный и паровой каналы. При выеме форсунки пружины прижимают шарики к седлам и закрывают каналы. Одновременно захлопка закрывает форсуночную трубу, препятствуя выбросу газов из топki во время работы котла.

Корпуса первых двух горелок имеют втулки, в которых движутся и уплотняются ручные тяги регистров. На корпусах 3-6-й горелок крепятся сервоприводы.

Регистр 4 служит для открытия (включения) и закрытия (отключения) завихрителя воздуха. Он выполнен в виде диска, перемещаемого вдоль форсуночной трубы и лопаток завихрителя. В открытом положении он образует заднюю стенку завихрителя, в закрытом упирается в цилиндр, прекращая подачу воздуха в фурму.

Регистры первых двух горелок перемещаются вручную тягами.

Перемещение регистров 3-6-й горелок осуществляется сервоприводами. Усилия от сервопривода через центральную втулку регистра передаются его диску, свободно расположенному между двумя пластинами втулки и скользящему по лопаткам завихрителя воздуха.

Двухполостной гидравлический сервопривод (рис. 14) дискретного действия является исполнительным механизмом дистанционного управления горелкой. Он состоит из цилиндра 5, поршня 4, разделяющего цилиндр на плюсовую (+) и минусовую (-) полости, крышек 2,9 и штоков 1,6, свободно соединенных с поршнем. Сервопривод крепится на корпусе горелки связями 4, вворачиваемыми в его фланец, и штоком жестко соединяется со втулкой регистра.

При подаче воды в плюсовую полость и движении поршня на включение горелки шток 1 открывает ее регистр, а шток 6 в конце своего хода – топливно-запорное устройство. При подаче воды в минусовую полость и отключении горелки закрытие топливно-запорного устройства опережает закрытие регистра.

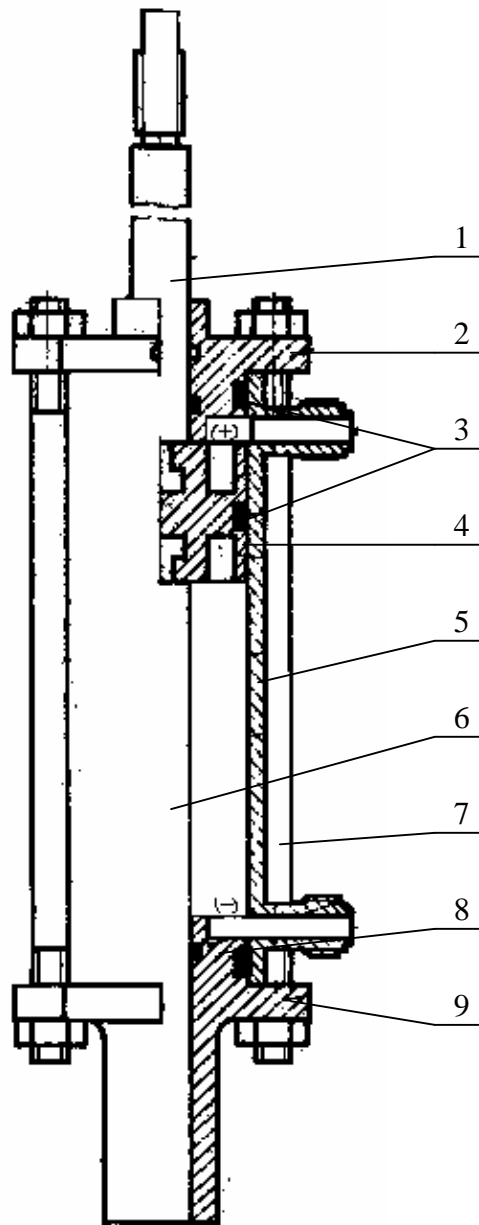


Рис. 14. Сервопривод:

1, 6 – шток, 2, 9 – крышка, 3, 8 – кольцо, 4 – поршень, 5 – цилиндр, 7 – связь

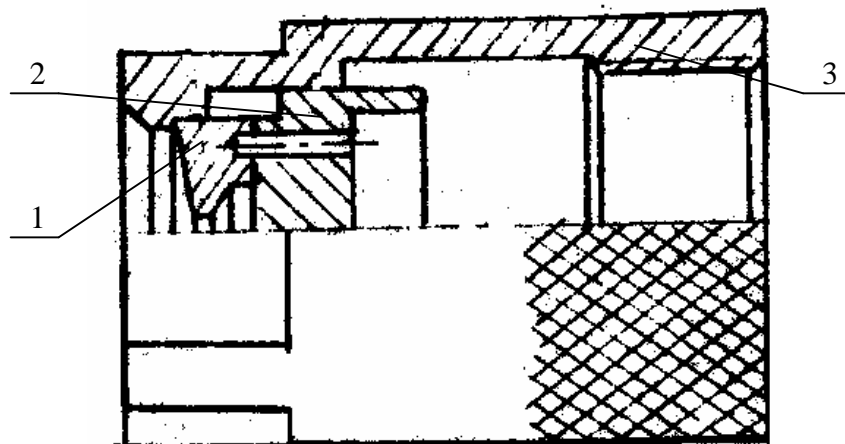


Рис. 15. Растопочная форсунка:

1 – распылитель, 2 – распределитель, 3 – стакан

Растопочная форсунка (рис. 15) является центробежной, нерегулируемой и предназначена для разводки котла при отсутствии пара на распыливание топлива. Она состоит из распылителя 1, стакана 3, распределителя 2.

Топливо к форсунке подводится под постоянным давлением, равным  $14 \text{ кгс/см}^2$ . Производительность форсунки 150 кг/ч.

Электровоспламенитель служит для зажигания распыленного форсункой топлива при разводке котла. Потребляемая им мощность 700 Вт, напряжение 24 В.

Электровоспламенитель состоит из корпуса, ствола, подвижной трубы с электродом, втулки-угледержателя с неподвижным электродом.

Электровоспламенитель подключается к судовой электросети трехжильным кабелем и двухполюсным штепселем.

Электровоспламенитель вводится в запальное отверстие форсуночного устройства так, чтобы концы электродов попадали в струю распыленного топлива. Вращением гайки образуется зазор между электродами, в котором возникает электрическая дуга, воспламеняющая топливо.

По мере обгорания электродов зазор увеличивается и по истечении примерно 30 с может достигнуть размера, при котором дуга гаснет. Поддерживать дугу в течение необходимого для зажигания топлива времени следует легким вращением гайки по часовой стрелке.

## 2.6. Арматура котла

Для контроля за действием котла и управления им, а также обеспечения безопасности работы служат размещенные на котле и трубопроводах устройства, называемые арматурой котла (рис. 16). В состав арматуры котла входят приборы и устройства контроля за уровнем воды в котле, питания и продувания котла, выпуска воздуха, стопорные, предохранительные и разобщительные клапаны.

На котле установлена следующая арматура.

На паровом коллекторе:

- вспомогательный стопорный клапан насыщенного пара 23;
- предохранительный клапан главный 14;
- предохранительный клапан контрольный 31;
- разобщительный клапан (питательный) 38;
- два водоуказателя – левый 10 и правый 15;
- клапан верхнего продувания 12;
- четыре клапана сообщительных к конденсационному сосуду 36, к водяной и паровой полостям коллектора;
- два импульсных клапана 8;
- клапан к регулятору питания 9;
- два клапана продувания сообщительных труб 5;
- два клапана к манометру 13;
- клапан отбора проб 11;

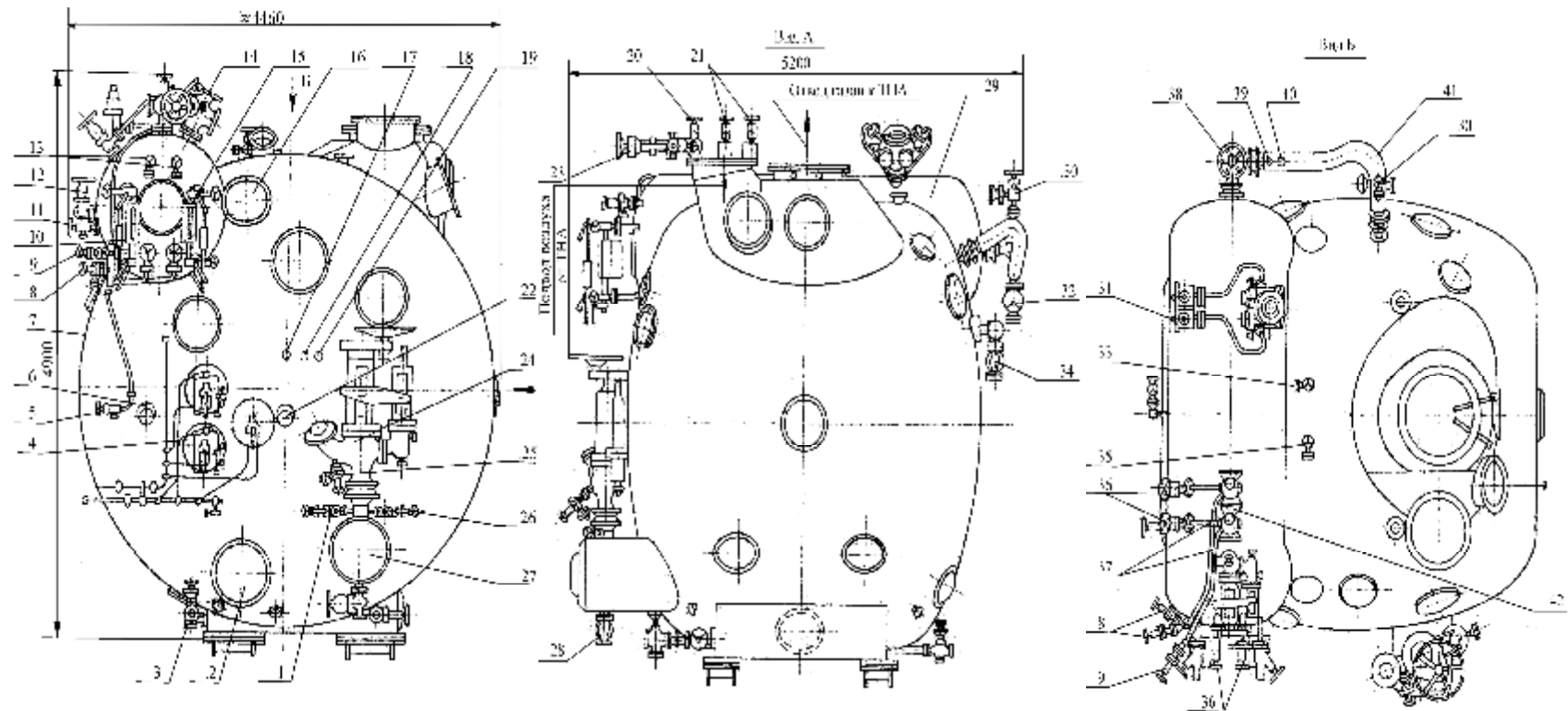


Рис. 16. Общий вид котла:

1 – клапан импульсный к ГРДП; 2, 29 – водяной и паровой коллекторы; 3, 12 – клапаны нижнего и верхнего продувания; 4 – топочное устройство; 5 – клапан дренажа сообщительной трубы; 6, 22 – смотровое устройство; 7 – наружный кожух котла; 8, 9, 35 – импульсные клапаны; 10, 15 – левый и правый водоуказатели; 11 – клапан отбора проб; 13 – клапан к манометру; 14 – главный предохранительный клапан; 16, 27 – верхний и нижний коллекторы пароперегревателя; 17, 18, 19 – штуцеры; 20, 21, 33 – клапаны выпуска воздуха; 23 – стопорный клапан насыщенного пара; 24 – главный стопорный клапан; 25 – клапан продувания ГСК; 26 – клапан импульсный к БЗУ; 28 – клапан дренажа пароперегревателя; 30 – клапан выпуска воздуха на пароперепускной трубе; 31 – контрольный предохранительный клапан; 32 – клапан кислотной промывки; 34 – клапан дренажа экономайзера; 36 – клапан к конденсационному сосуду; 37 – труба сообщительная; 38 – клапан разобширительный; 39 – пробка; 40 – оправа для термометра; 41 – труба сообщительная; 42 – конденсационный сосуд

- два клапана выпуска воздуха на конденсационных сосудах 21;
- клапан выпуска воздуха 20 на вспомогательном стопорном клапане.

На водяном коллекторе:

- два клапана нижнего продувания 3.

На нижнем коллекторе пароперегревателя:

- главный стопорный клапан 24;
- два дренажных клапана 28;
- клапан импульсный к БЗУ 26;
- клапан импульсный 1 к ГРДП;
- клапан 25 продувания главного стопорного клапана.

На верхнем коллекторе пароперегревателя:

- импульсный клапан к регулятору питания 35;
- клапан для выпуска воздуха 33.

На экономайзере и сообщительной трубе:

- клапан дренажный экономайзера 34;
- клапан кислотной промывки 32;

### 2.6.1. Водоуказательные приборы

Водоуказательные приборы (рис. 17) служат для контроля за уровнем воды в котле. Надежная работа приборов очень важна для обеспечения нормальной и безаварийной эксплуатации котла. Каждый котел должен иметь не менее двух водоуказательных приборов. Водоуказательный прибор работает на принципе сообщающихся сосудов.

Основными частями водоуказательного прибора являются верхняя и нижняя клапанные коробки, смотровая, защитная рамки и приводы дистанционного управления.

В клапанных коробках размещены быстрозапорные и запорные клапаны. Управление быстрозапорными клапанами осуществляется посредством ручного привода, состоящего из тяг 6, двух рычагов 7. и пружины 8. Ручные приводы обеспечивают одновременное закрытие (открытие) быстрозапорных клапанов.

Запорные клапаны управляются с помощью маховиков 9.

Смотровая рамка 3 состоит из корпуса, упорных планок, рамок и пакетов слюдяных пластин.

Защитная рамка 5 предохраняет обслуживающий персонал от ожогов в случае разрыва слюдяных пластин при работе котла.

В осветительных коробках 4 установлено шесть ламп мощностью 60 Вт, освещающих окна корпуса водоуказателя. Пять ламп подключены к общей сети освещения, а одна – к сети аварийного освещения.

Продувание водоуказателя осуществляется с помощью клапана 2, открытие (закрытие) которого производится с помощью рычага 1, закрепленного на шпинделе.

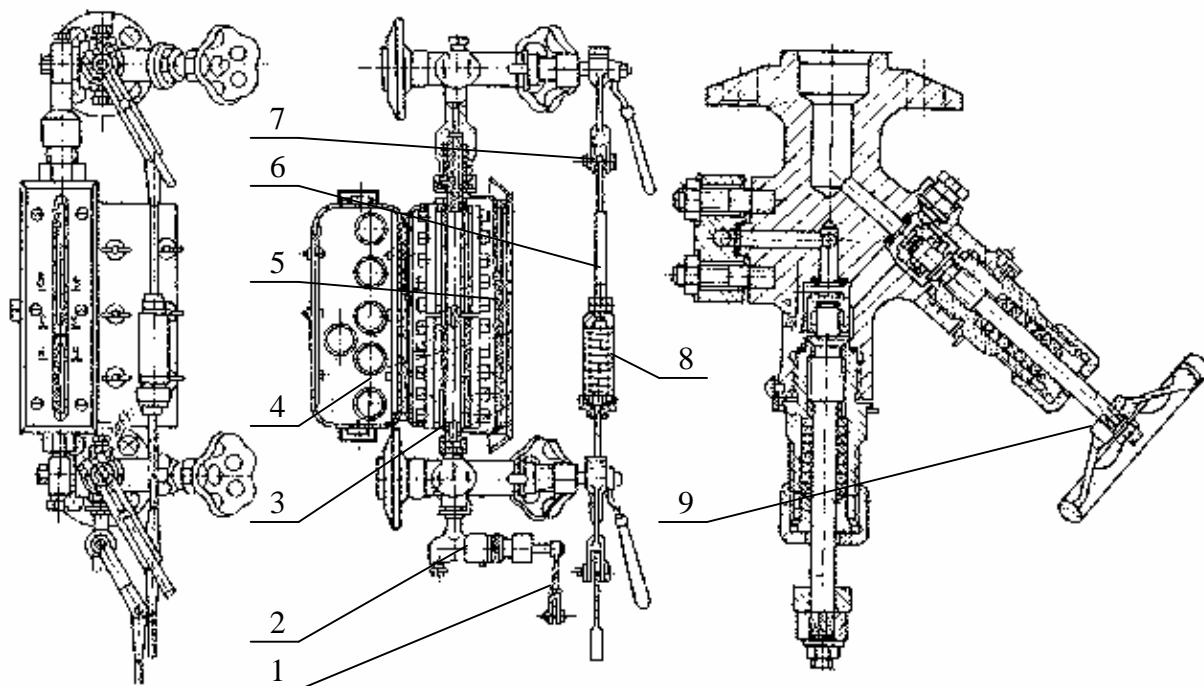


Рис. 17. Водоуказательные приборы:

1 – рычаг; 2 – клапан; 3 – смотровая рамка; 4 – осветительная коробка; 5 – защитная рамка; 6 – тяга; 7 – рычаг; 8 – пружина; 9 – маховик

### 2.6.2. Быстрозапорное устройство

Быстрозапорное устройство котла предназначено для быстрого отключения котла от главной магистрали перегретого пара с одновременным прекращением подачи топлива в котёл и пара на ТНА.

Оно состоит из быстрозапорных клапанов – главного стопорного, топливного, парового клапана ТНА, которые приводятся в действие с помощью переключающего клапана, управляемого автоматически или вручную. Отключение котла от магистрали насыщенного пара осуществляется с помощью стопорного клапана насыщенного пара, управляемого посредством переключающего клапана.

#### Контрольные вопросы

1. Из каких основных частей состоит высоконапорный котел типа КВГ-3?
2. Каким образом компенсируется недостаток мощности газовой турбины на малых нагрузках и гасится избыток мощности на нагрузках, близких к полным?
3. Покажите путь движения воздуха, подаваемого в топку котла.
4. Покажите путь движения питательной воды, пароводяной смеси и пара в котле.
5. За счет чего происходит движение воды в экономайзере и пара в пароперегревателе?
6. Каким образом осуществляется изменение паровой нагрузки котла?
7. Назовите внутренние части парового коллектора котла и их назначение.

8. Для чего служит система верхнего продувания и из каких элементов она состоит?
9. Назначение газоочистного устройства и принцип его работы.
10. Каким образом осуществляется распыливание топлива паромеханической форсункой?
11. Как компенсируются тепловые расширения котла?
12. Каково назначение водоуказательных приборов и по какому принципу они работают?



### Глава 3. Особенности конструкции котлов с вентиляторным дутьем. Вспомогательный котёл КВВА-12/28

#### 3.1. Назначение и основные технические данные

Котел КВВА 12/28 предназначен для использования в составе автоматизированных вспомогательных котельных установок.

Характеристики котла на полной нагрузке при температуре воздуха за вентилятором  $20^{\circ}\text{C}$  и температуре питательной воды  $80^{\circ}\text{C}$  :

- Паропроизводительность	12 т/ч
в том числе:	
перегретого пара	8 т/ч
насыщенного пара	4 т/ч
- Давление пара в паровом коллекторе	30 кгс/см <sup>2</sup>
- Давление перегретого пара	26 кгс/см <sup>2</sup>
- Температура перегретого пара	$340 \pm 10^{\circ}\text{C}$
- КПД котла	82%
- Расход топлива (при $Q_p^H = 9650$ ккал/кг)	970 кг/ч
- Газовоздушное сопротивление котла от приемного воздушного патрубка до фланца дымохода	Не более 250 мм в.ст.
- Давление топлива перед форсунками	14 кгс/см <sup>2</sup>

В качестве котельного топлива может применяться мазут марки Ф5, подогретый до температуры  $70^{\circ}\text{C}$  или мазут марки Ф12 подогретый до температуры  $90^{\circ}\text{C}$ .

#### 3.2. Устройство и принцип работы

Котел КВВА 12/28 ( рис. 18) – вертикальный, водотрубный, двухколлекторный, с естественной циркуляцией воды, змеевиковым горизонтальным пароперегревателем и односторонним протоком дымовых газов. Отопление котла двухфронтное.

Испарительная часть котла и пароперегреватель заключены в общий кожух. Испарительную часть составляют обогреваемые трубы конвективного пучка 2 и экрана 8, замкнутые на паровой 6 и водяной 1 коллекторы.

За экраном расположены необогреваемые опускные трубы 9, составляющие вместе с трубами испарительной части один контур циркуляции.

Пароперегреватель 4 установлен в газоходе котла над конвективным пучком и состоит из пакета сдвоенных змеевиков, замкнутых на входную и выходную камеры. Движение пара в змеевиках осуществляется сверху вниз, т. е. противотоком по отношению к движению газов.

Трубы экрана и конвективного пучка скомпонованы таким образом, что образуют внутреннюю топочную камеру, ограниченную с торцов фронтowymi стенками внутреннего кожуха.

Сжигание топлива в топке обеспечивается топочным устройством, состоящим из двух форсуночных устройств 10, установленных на переднем и заднем фронтах котла.

Топливо к форсункам подводится через регулирующий топливный золотник системы автоматического регулирования в количествах, соответствующих производительности котла.

Расход топлива через форсунки определяется добавлением поступающего к ним топлива.

Воздух для сжигания топлива нагнетается вентилятором через приемный патрубок в межобшивочное пространство котла, откуда через воздухонагревающие устройства закрученным потоком поступает в топку, смешиваясь в ней с распыленным топливом. Добавление воздуха для обеспечения бездымного и экономичного горения поддерживается в зависимости от расхода топлива в необходимых соотношениях.

Газы, образовавшиеся в результате сгорания топлива, из топки проходят по газоходу котла, последовательно омывая трубы испарительной части и пароперегревателя, и, отдав часть своего тепла поверхностям нагрева, поступают в дымоход.

В топке котла передача тепла трубкам экрана и первых рядов испарительного пучка происходит радиацией, а в газоходе котла в основном конвекцией.

Образовавшаяся за счет тепла дымовых газов пароводяная смесь в испарительных трубах поднимается кверху и поступает в водяное пространство парового коллектора.

Пар проходит через толщу котловой воды, отверстия утепленного дырчатого щита и зеркало испарения, выходит в паровое пространство, где сепарируется от влаги, и через отверстия потолочного дырчатого щита поступает в пароперегреватель и одновременно к потребителям насыщенного пара.

Котловая вода, смешиваясь с питательной водой, подаваемой в паровой коллектор насосом через разобшительный клапан по специальному трубопроводу, поступает в опускные трубы с недогревом до кипения.

За счет разности удельных весов пароводяной смеси в обогреваемых трубах и воды в необогреваемых опускных трубах естественная циркуляция воды производится в количествах, необходимых для поддержания уровня котловой воды в паровом коллекторе.

### 3.3. Описание конструкции котла

#### 3.3.1. Корпус котла (рис. 18)

Трубная система испарительной части и опускных труб, замкнутая на паровой 6 и водяной 1 коллекторы, представляет собой корпус котла. Испарительная поверхность котла образована конвективным пучком 2 и экраном 8.

Конвективный пучок 2 состоит из одиннадцати рядов труб коридорного строения.

Экран 8 выполнен сплошным однорядным.

Концы труб каждого ряда конвективного пучка и экрана в районе присоединения к коллекторам разведены на два ряда.

Опускные трубы 9 включают три ряда труб, совмещенных в средней части.

Вся испарительная часть котла выполнена из труб 29x2,5, а опускной пучок из труб 44,5x3.

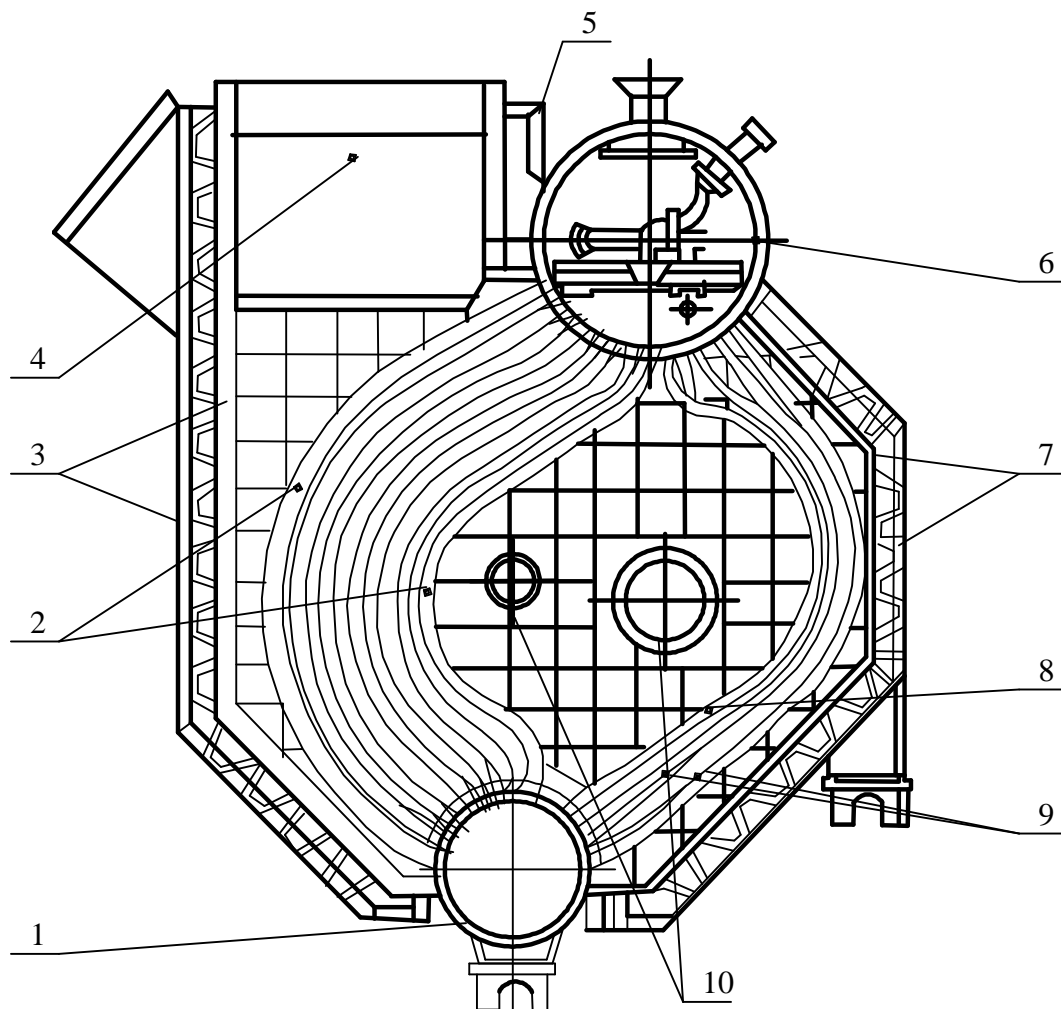


Рис. 18. Общий вид котла КВВА-12/28:

1 – водяной коллектор; 2 – конвективный пучок труб; 3, 5, 7 – боковые стенки кожуха; 4 – пароперегреватель; 6 – паровой коллектор; 8 – экран; 9 – опускные трубы; 10 – форсуночное устройство

Паровой коллектор внутренним диаметром 800 мм выполнен сварным из обечайки толщиной 25 мм и штампованных днищ. Заднее днище имеет центрально расположенное лазовое отверстие 300x400, закрываемое затвором.

Водяной коллектор внутренним диаметром 500 мм выполнен из цельнокапанной трубы 550x25 с приварными штампованными днищами, каждое из которых имеет центрально расположенное лазовое отверстие 300 x390, закрываемое затвором.

Для присоединения арматуры к коллекторам предусмотрены соответствующие штуцеры и необходимые приварные элементы.

### **3.3.2. Пароперегреватель**

Пароперегреватель (рис. 19) состоит из трубной части, замкнутой на входную (верхнюю) 4 и выходную (нижнюю) 6 камеры.

Трубная часть пароперегревателя состоит из одиннадцати змеевиков 7. Каждый сдвоенный состоит из двух плоскостных двенадцатирядных змеевиков, соединенных между собой с помощью штампованных тройников 1 на сварке. Змеевики изготовлены из труб 29x2,5.

Камеры пароперегревателя расположены с заднего фронта котла.

Соединения змеевиков с камерами выполнены на сварке с помощью кованых штуцеров и проставочных труб.

Для освидетельствования внутренних поверхностей пароперегревателя, а также для закладки влагопоглотителя при консервации на входной и выходной камерах предусмотрено по два овальных лючка, снабженных затворами 2.

Крепление змеевиков производится с помощью кронштейнов - переднего 8 и заднего 3. Змеевики крепятся к кронштейну с помощью крестовины с прижимными приварными шайбами.

### **3.3.3. Опоры**

Для крепления котла к корабельному фундаменту предусмотрены 4 стальные приварные опоры. Из них 2 коллекторные расположены под водяным коллектором и 2 каркасные расположены под выступающей частью экранной стенки. Опоры, расположенные с переднего фронта (коллекторная и каркасная), выполнены неподвижными. Опоры заднего фронта – подвижные, они обеспечивают тепловое расширение котла. Отверстия под болты в подвижных опорах овальные, в них установлены распорные втулки, обеспечивающие зазор между шайбами и нижним листом опоры около 1 мм. Кроме того, для облегчения скольжения подвижной опоры по опорной поверхности фундамента между ними установлена латунная прокладка, закрепляемая на опоре винтами.

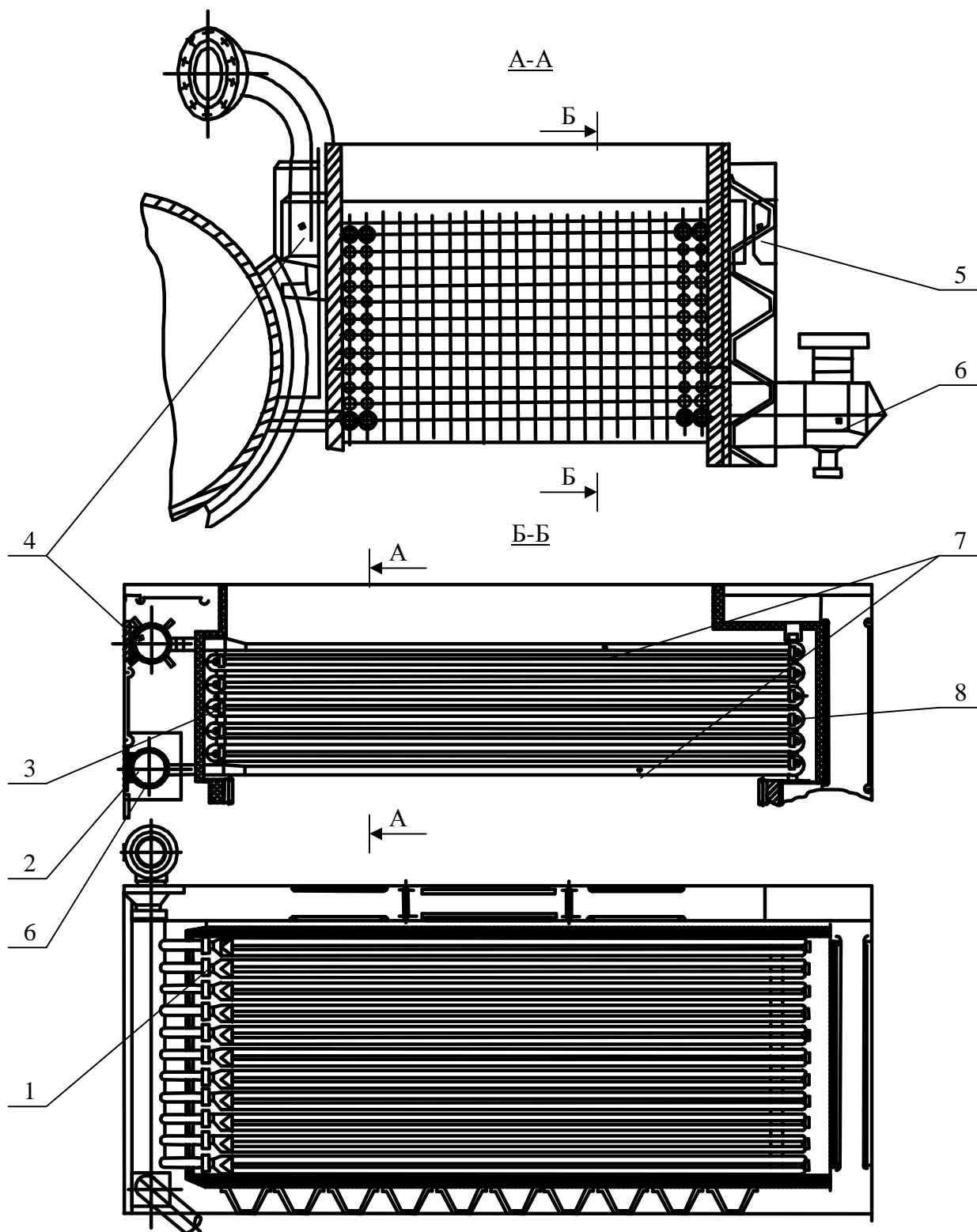


Рис. 19. Пароперегреватель:

1 – тройник; 2 – лючковые затворы; 3 – кронштейн задний; 4 – входная камера; 5 – опора торцевая; 6 – выходная камера; 7 – змеевики; 8 – кронштейн передний

### 3.3.4. Внутренние части парового коллектора (рис. 20)

Внутренние части парового коллектора установлены с целью:

- обеспечить выдачу насыщенного пара с минимальной влажностью
- правильно распределить питательную воду,
- обеспечить продувание котла для снижения солености и щелочности котловой воды.

Внутренние части парового коллектора состоят из следующих элементов

- нижнего (погруженного) дырчатого щита 2,
- верхнего (потолочного) дырчатого щита 5,
- питательной трубы 1,
- системы верхнего продувания 3, 4.

#### *Дырчатые щиты*

Нижний (погруженный) дырчатый щит 2 расположен в водяном объеме и состоит из трех панелей по три щита в каждой. Диаметр отверстий в щите 5 мм. Размеры щитов выбраны, исходя из обеспечения возможности их заводки и выема из коллектора через лаз. Для обеспечения правильной сборки все щиты имеют маркировку в виде наплавленных цифр.

Верхний (потолочный) дырчатый щит 5 расположен в паровом объеме и состоит из двух панелей с отверстиями диаметром 12 мм. Расположение отверстий по длине щита выбрано из условия обеспечения равномерного отбора пара по длине коллектора

#### *Питательная труба*

Питательная труба 1 установлена под уровнем воды в районе опускных труб. Для удобства монтажа и демонтажа питательная труба состоит из патрубков и двух звеньев. С торца питательная труба заглушена приварным доньшком. По образующей питательной трубы со стороны опускных труб расположен ряд отверстий диаметром 4 мм. Питательная труба крепится в двух местах к опорным балкам с помощью хомутов и подвесок. Между опускными и подъемными трубами установлен разделительный щит, состоящий из двух ребер. Ребра в верхней части приварены к звеньям питательной трубы, а в нижней с помощью угольников закрепляются на стенке коллектора ввертными болтами.

#### *Система верхнего продувания*

Система верхнего продувания состоит из воронки 3 и трубы 4, сообщающей воронку с клапаном верхнего продувания. Воронка совместно с патрубком приварена к дырчатому щиту.

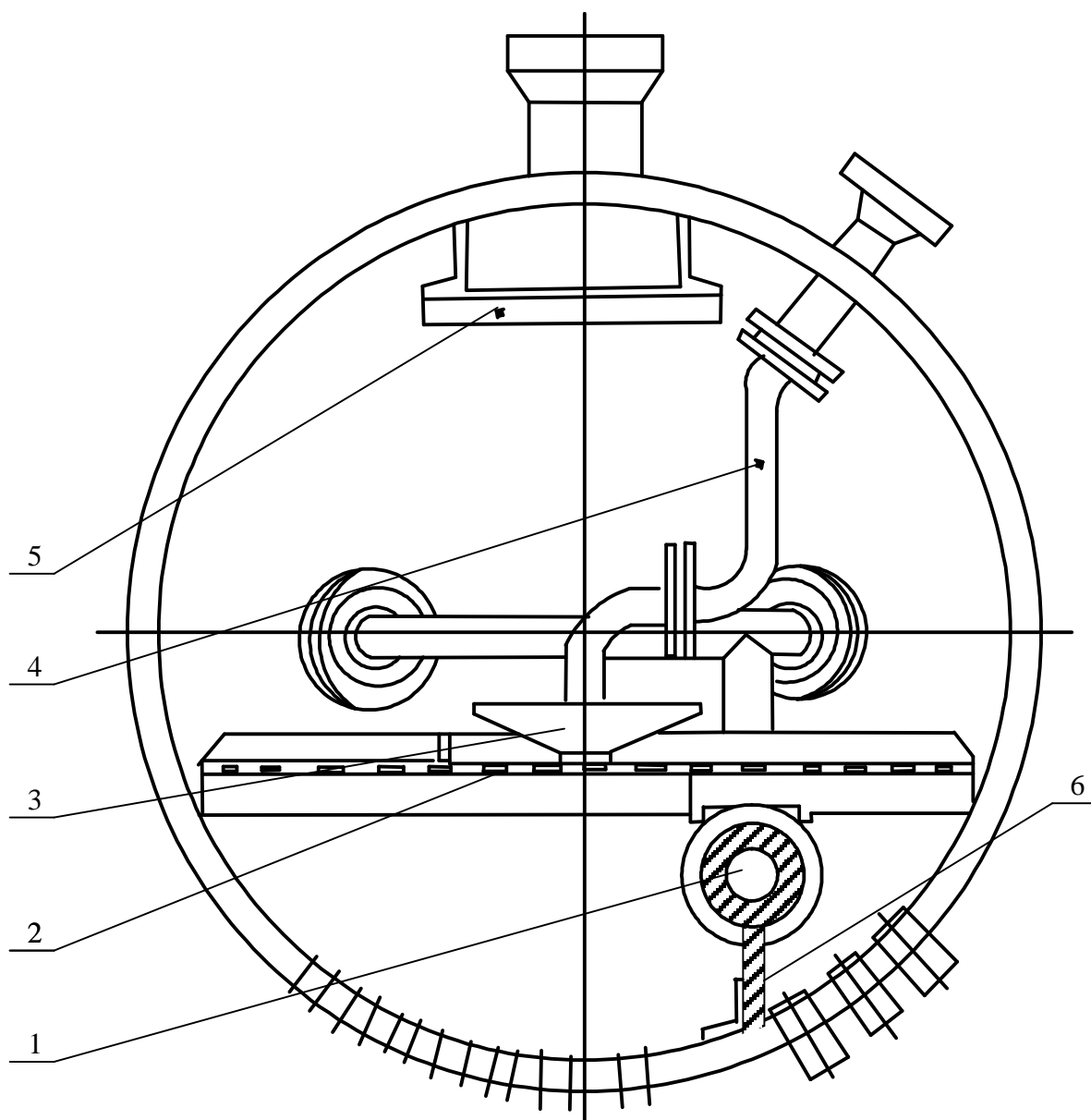


Рис. 20. Паровой коллектор котла КВВА-12/28:

1 – питательная труба; 2, 5 – дырчатые щиты; 3 – воронка; 4 – труба верхнего продувания;  
6 – разделительный щит

### 3.3.5. Кожух котла

Кожух котла (рис. 18) выполнен двухслойным и включает следующие основные секции:

- стенку переднего фронта,
- стенку заднего фронта,
- боковую стенку стороны экрана 7,
- боковую стенку стороны газохода 3,
- боковую стенку пароперегревателя стороны парового коллектора 5.

В межобшивочное пространство котла подается вентилятором воздух через приемный патрубок, воздух омывает стенки кожуха и поступает к воздухо-направляющим устройствам.

Стенки кожуха выполнены сварными из листового и профильного проката. Внутренний и наружный кожух связаны с помощью книц, угольников, трубчатых связей в единую двухслойную систему, обеспечивающую необходимую жесткость при работе котла. Для обеспечения возможности наружной чистки котла на фронтальных и боковых стенках предусмотрены съемные щиты обшивки.

### **3.3.6. Кирпичная кладка и изоляция котла**

Кирпичная кладка работает в условиях высоких температур и скоростей газов. Шамотные стеновые кирпичи (160x160x180) установлены в районе топки и, закрепленные на стенках внутреннего кожуха болтами, со стороны топки покрыты теплостойкой карборундовой облицовкой. Соединение облицовки с кирпичом выполнено по типу “ласточкин хвост”.

Фурмы выполнены из фурменных кирпичей, также покрытых карборундовой облицовкой в районе конуса и поверхности, обращенной в топку. На боковой и фронтальных стенках в районе трубного пучка и за ним установлены шамотные кирпичи (160x160x100 и 160x160x40).

Крепление кирпичей в этих местах осуществляется с помощью направляющих, образованных приварными тавриками и угольниками.

Выступающая в топку открытая часть водяного коллектора выложена рядом шамотных кирпичей (160 x160x100). Швы между шамотными кирпичами заполнены раствором шамотного мертеля.

Карборундовая облицовка на шамотных кирпичиках установлена на тонком слое карборундового мертеля.

В местах установки карборундовой облицовки швы между кирпичиками заполняются также карборундовым мертелем.

Для лучшей теплоизоляции внутренние стенки кожуха покрыты асбестовым картоном. Закрепление изоляции на боковой стенке со стороны экрана производится с помощью разводных планок. Асбестовый картон под кирпичиками, установленный в направляющих, ставится на силикатном клее.

Наружная поверхность обечайки парового и водяного коллекторов изолируется совелитом. Изолируемые поверхности покрыты слоем совелитовой подмазки, на которую уложены совелитовые плиты. Последние стянуты проволокой в виде плетеной стенки, поверх которой расположен слой совелитовой зачистки.

Снаружи совелитовая изоляция покрыта обшивкой из листов, которая стягивается хомутами. Хомуты крючками крепятся к пруткам.

Днища парового и водяного коллекторов также покрыты совелитовыми плитами. Совелитовая изоляция парового коллектора покрыта саржей на крахмале с последующей покраской белилами. На заднем днище парового коллектора и на днищах водяного коллекторах установлены съемные крышки для дос-



тупа к лазовым затворам. Закрепление крышек производится с помощью ба-  
рашков и приварных угольников, расположенных на патрубке.

Изоляция пароперепускной трубы также выполнена из совелитовых плит  
(сегментов), обтянутых сеткой.

Изоляция камер пароперегревателя выполнена из асбопухшнура, обтяну-  
того асбестовой тканью.

На торцевых элементах входной камеры установлена приварная стальная  
коробка. Пространство между стенками коробки и торцевым элементом запол-  
няется вермикулитом или совелитом.

### 3.3.7. Топочное устройство

Топочное устройство предназначено для подвода и сжигания топлива в  
топке котла. Оно состоит из двух форсуночных устройств, установленных на  
переднем и заднем фронтах котла, трубопроводов и арматуры.

Каждое форсуночное устройство (Рис. 21) состоит из паромеханической  
форсунки 5,6 и воздухонаправляющего устройства (ВНУ) 3.

Форсуночное устройство №1 (переднего фронта) включается и выключае-  
тся вручную.

Форсуночное устройство №2 имеет сервомотор и привод ВНУ для автома-  
тического и дистанционного управления.

Пар (или сжатый воздух) для распыла топлива поступает к форсункам че-  
рез клапан. Давление пара перед форсунками устанавливается с помощью дрос-  
сельного устройства, равным приблизительно  $1,5 \text{ кг/см}^2$ . Пар на распыл топ-  
лива к дроссельному устройству отбирается из парового коллектора.

Слив конденсата из парового трубопровода осуществляется через клапан.  
Во время работы котла паровые клапаны (кроме сливного) открыты и пар, про-  
ходя через работающую форсунку, распыляет топливо, а неработающую предо-  
храняет от коксования.

При разводке котла производится включение форсуночного устройства  
№1, которое обеспечивает работу котла на нагрузках от 6 до 50% - при давле-  
нии топлива перед форсункой  $0,3 - 14 \text{ кг/см}^2$ . На нагрузке 50% автоматически  
подключается форсуночное устройство №2, и дальнейшее увеличение нагрузки  
достигается повышением давления топлива перед форсунками до  $4 - 16 \text{ кг/см}^2$ .

В случае отсутствия пара (или воздуха) на распыл топлива разводка котла  
производится растопочной механической форсункой, устанавливаемой на ме-  
сто штатной форсунки №1.

Воздухонаправляющее устройство по своей конструкции аналогично уст-  
ройству главного котла.

Форсунка котла паромеханическая с максимальной производительностью  
около  $150 \text{ кг/ч}$  при давлении топлива  $16 \text{ кгс/см}^2$  ( $1,59 \text{ МПа}$ ). Давление топлива  
может регулироваться в широких пределах.

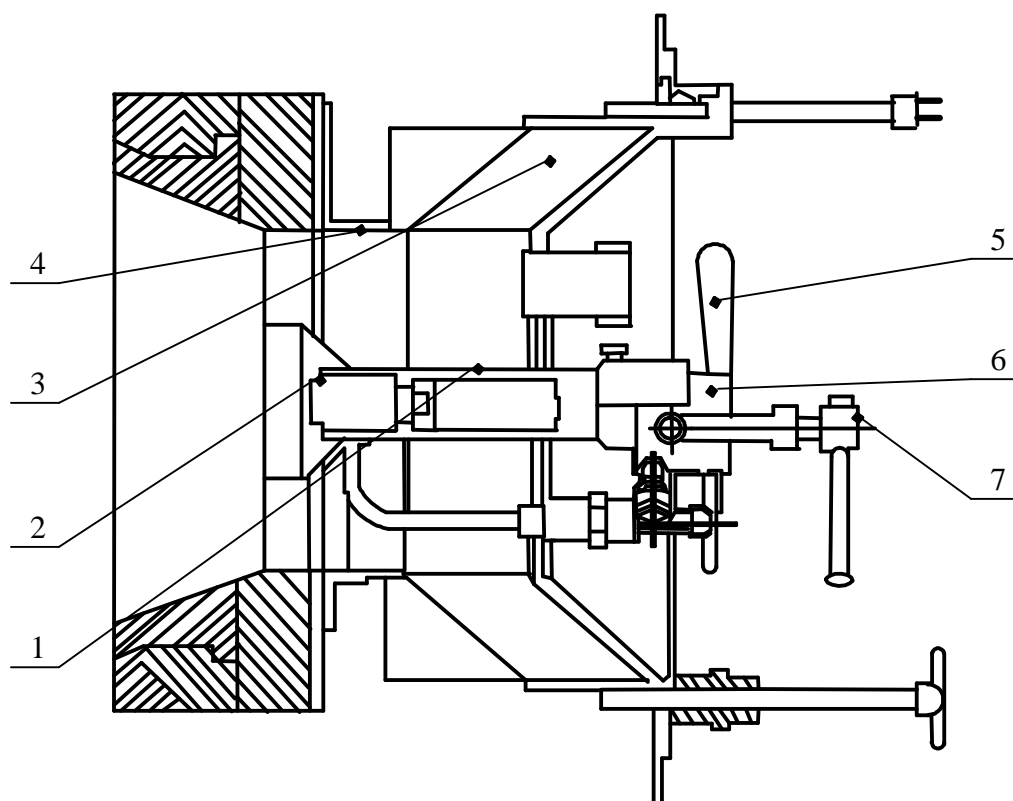


Рис. 21. Форсуночное устройство:

1 – труба форсуночная; 2 – диффузор с тягой; 3 – корпус ВНУ; 4 – патрубок для ВНУ; 5 – форсунка; 6 – втулка форсунки; 7 – стопор

При давлении топлива  $8\text{--}16 \text{ кгс/см}^2$  ( $0,79\text{--}1,57 \text{ МПа}$ ) форсунка работает как центробежная, при меньших давлениях топлива распыл его осуществляется паром, подводимым под давлением около  $1 \text{ кгс/см}^2$  ( $0,098 \text{ МПа}$ ).

Сервомотор (рис. 22) работает при дистанционном управлении горением для включения (выключения) форсунок и открытия (закрытия) воздушных каналов воздухонаправляющего устройства. Он состоит из корпуса 8, головки 3, крышек 1 и 4, дифференциального поршня 6, штоков 5 и 7, тарелки 2 и проушины 9. Поршень образует в корпусе полости А, Б, В. Движение поршня происходит за счет разности давлений воды в полостях А и Б. В полость Б вода подводится при постоянном давлении около  $8 \text{ кгс/см}^2$  ( $0,79 \text{ МПа}$ ). Когда в полость А вода подается под давлением  $8 \text{ кгс/см}^2$  ( $0,79 \text{ МПа}$ ), поршень идет вниз, так как площадь верхней части поршня больше, что видно из рисунка. При движении поршня вниз шток 7 с проушиной 9 передает усилие приводу, открывающему воздушные каналы воздухонаправляющего устройства. При дальнейшем движении поршня вниз он захватывает шток 5, сжимая пружину, отрывает тарелку 2 от крышки головки и открывает доступ топлива в форсунку. При прекращении подачи воды в полость А поршень под давлением воды в полости Б движется вверх (все происходит при этом в обратном порядке), а вода из полости Б по каналу в штоке 5 проходит в полость В и оттуда в сливную магистраль.

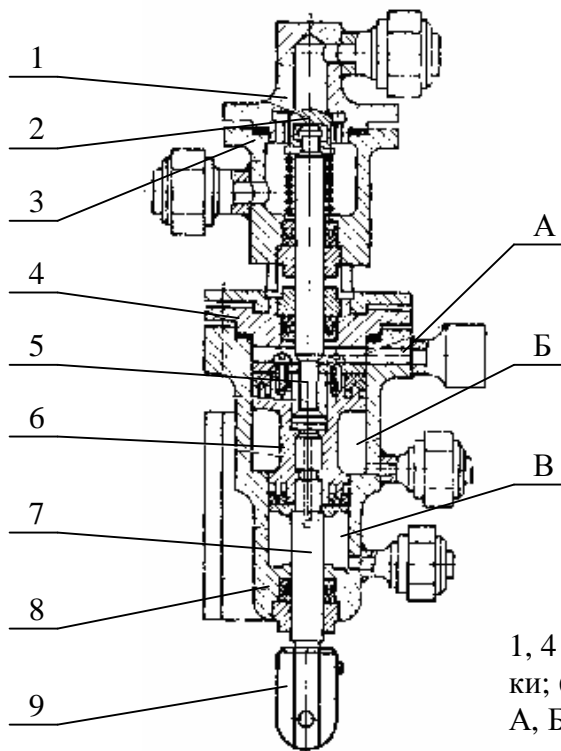


Рис. 22. Сервомотор:

1, 4 – крышки; 2 – тарелка; 3 – головка; 5, 7 – штоки; 6 – поршень; 8 – корпус; 9 – проушина;  
А, Б, В – полости

### 3.3.8. Котельная арматура

На котле установлена следующая арматура (рис. 23):  
на паровом коллекторе:

- клапан разобщительный 1;
- клапан отбора насыщенного пара 28;
- питательный клапан 14;
- клапан предохранительный главный 23;
- клапан предохранительный контрольный 25;
- два водоуказательных прибора 10, 15;
- клапан верхнего продувания 26;
- два клапана сообщительных к конденсационному сосуду 8, 27;
- клапан отбора пара к форсункам 24;
- клапан выпуска воздуха 12;
- два клапана к манометрам 3;
- клапан отбора проб 7;
- конденсационный сосуд 6.

На водяном коллекторе установлен клапан нижнего продувания 22.

На пароперегревателе:

- клапан главный стопорный 16;
- клапан дренажный входной камеры 5;
- клапан дренажный выходной камеры 18;
- клапан для выпуска воздуха 2;
- клапан продувания главного стопорного клапана 17.

Вид сверху

Вид на передний фронт

Боковой вид

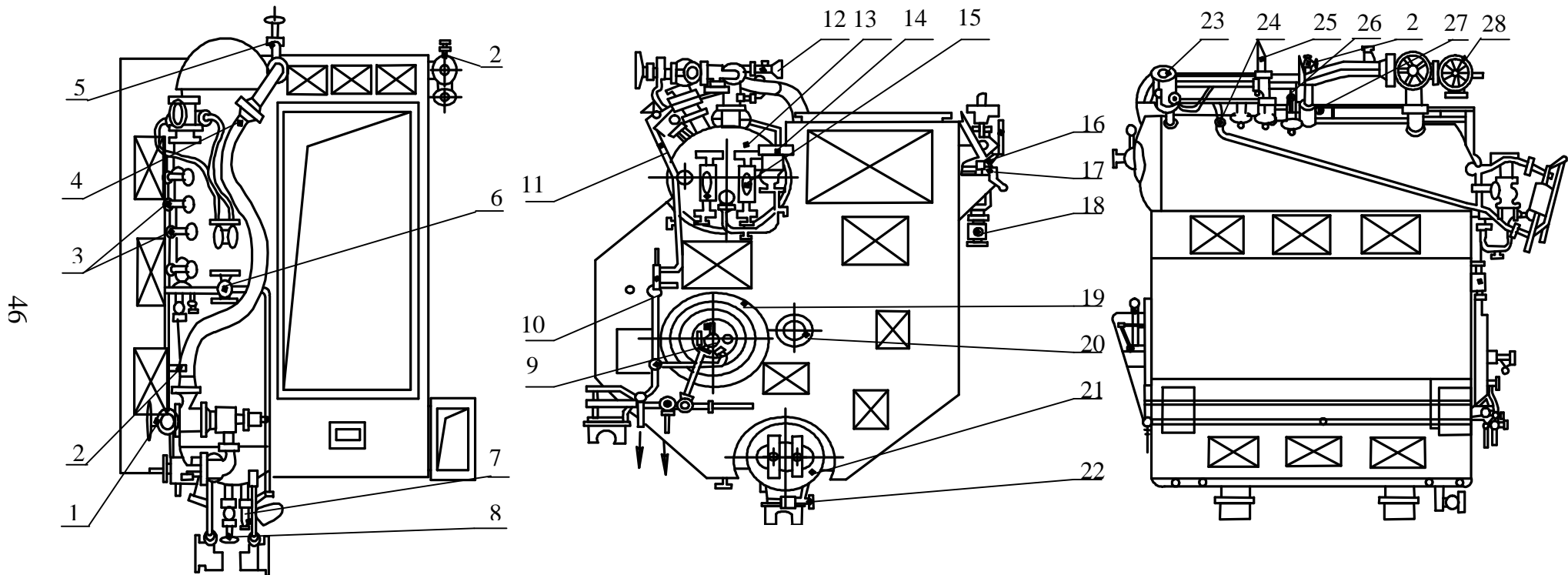


Рис. 23. Общий вид котла:

1 – разобшительный клапан; 2 – клапан для выпуска воздуха; 3 – клапаны к манометрам; 4 – пароперепускная труба; 5 – дренажный клапан входной камеры; 6 - конденсационный сосуд; 7 – клапан отбора проб; 8, 27 – сообщающиеся клапаны к конденсационному сосуду; 9 - форсунка; 10, 15 – водоуказательные приборы; 11 – труба подвода пара к форсунке; 12 – клапан выпуска воздуха; 13 – паровой коллектор; 14 – питательный клапан; 16 – главный стопорный клапан; 17 – клапан продувания ГСК; 18 – дренажный клапан выходной камеры; 19 – воздухонаправляющее устройство; 20 – форсуночное устройство; 21 – водяной коллектор; 22 – клапан нижнего продувания; 23 – главный предохранительный клапан; 24 – клапан отбора пара к форсункам; 25 – контрольный предохранительный клапан; 26 – клапан верхнего продувания; 28 – клапан отбора насыщенного пара

Кроме того, на пароперепускной трубе 4 и на сообщительной трубе к конденсационному сосуду установлено по одному клапану выпуска воздуха 2.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите назначение и основные части котла КВВА 12/28.
2. Перечислите основные конструктивные отличия котла КВВА 12/28 от котла типа КВГ-3.
3. Какие материалы используются для тепловой изоляции котла?
4. Каким образом осуществляется дистанционное управление форсунками котла?

## **Глава 4. Эксплуатация котлоагрегата**

### **4.1. Приготовление и ввод в действие котельной установки**

Приготовление и ввод в действие котельной установки производятся только по приказанию командира БЧ-5 или лица, его замещающего. О вводе в действие или о прекращении действия котельной установки вахтенный (дежурный) инженер-механик докладывает командиру БЧ-5 и вахтенному (дежурному) офицеру.

Число и номера котлов, вводимых в действие, а также давление пара в них (для котлов с переменным давлением пара) командир БЧ-5 назначает с учетом

- требований РБИТС и инструкции по эксплуатации МКУ;
- установленной готовности к походу;
- обеспечения заданной скорости полного хода с запасом, предусмотренным Правилами совместного плавания и действующими тактическими документами;
- наличия на ходу, как правило, не менее двух действующих котлов;
- технического состояния котельной установки;
- достижения наименьшего количества вводов и выводов котлов.

Командир БЧ-5 также назначает номера резервных котлов и порядок их включения. В этом случае следует указать степень их готовности (при назначении в горячий резерв указать пределы давлений, которые необходимо поддерживать в котле).

Личный состав обязан повседневно поддерживать постоянную готовность к действию котлов и элементов котельной установки, а также контролировать исправность освещения (основного и аварийного), средств связи, аварийных приводов и приводов дистанционного выключения котлов, противопожарных средств и аварийного имущества

#### **4.1.1. Приготовление к действию котельной установки при наличии пара на корабле**

Приготовление котельной установки к действию заключается в приведении в готовность всех систем, обслуживающих котел, и самого котла, в осмотре и проверке помещения МКО.

При осмотре МКО проверить:

- исправность освещения (аварийного и основного, в том числе водоуказательных приборов) и средств связи;
- наличие противопожарных средств и готовность их к действию; при отсутствии давления воды в пожарной магистрали ввод в действие котла запрещается;
- исправность аварийных (запасных) выходов, а также аварийных приводов дистанционного выключения котла (элементов котельной установки);
- исправность и готовность к действию системы орошения сходов и вахт;
- исправность герметизирующих устройств котельного отделения

Убедиться в отсутствии воды, топлива и масла в трюме; при наличии в трюме топлива или масла ввод в действие котла **запрещается**

В соответствии с указаниями инструкций по эксплуатации подготовить к действию:

- питательную систему;
- топливную систему;
- систему продувания;
- воздухопроводы и газоходы котла, ТНА (вентилятор);
- системы автоматического регулирования, аварийно-предупредительной сигнализации, защиты котельной установки и ее элементов;
- систему рабочей воды автоматики;
- дистанционные указатели уровня воды в котлах;
- систему ввода присадок;
- систему докотловой обработки воды;
- измерительные приборы;
- системы, обслуживающие работу вспомогательных механизмов котельной установки;

Проверить готовность водно-химической лаборатории, наличие необходимого количества и качество присадок и реактивов для ведения водного режима.

Приготовление котла к вводу в действие предусматривает:

- заполнение котла водой до установленного инструкцией по эксплуатации уровня (если он был осушен) или спуск воды до установленного инструкцией по эксплуатации уровня и осушение пароперегревателя (если котел находился на мокром хранении), проверку качества котловой воды;

- проверку внутреннего и наружного кожухов котла;
- подготовку топочных устройств;
- подготовку арматуры и БЗУ котла.

Заполнение котла водой производить в следующем порядке:

- закрыть или убедиться в закрытии клапанов продувания;

- открыть клапаны выпуска воздуха из парового коллектора и экономайзера;

- открыть клапаны продувания пароперегревателя и убедиться в том, что в нем нет воды; при наличии воды осушить пароперегреватель;

- заполнить котел водой, температура которой близка к температуре котла, до уровня, указанного в инструкции по эксплуатации; разность температур воды и металла котла должна быть не более ( $25^{\circ}\text{C}$ ); ввести в котел присадки; качество воды и количество вводимых присадок должны соответствовать требованиям ПЭКУ-87;

- в процессе заполнения котла при появлении воды из клапана выпуска воздуха из экономайзера клапан закрыть;

- проверить плотность фланцевых соединений, арматуры и лазовых затворов коллекторов;

- продуть водоуказатели и убедиться в их исправности (при исправной работе вода из них во время продувания должна быстро уходить, а при закрытии клапанов продувания быстро появляться и достигать прежнего, одинакового в обоих приборах уровня); проверить наличие и исправность запасных рамок водоуказателей, стекол, слюдяных пластин, прокладок к ним;

- клапаны выпуска воздуха из парового коллектора и продувания пароперегревателя оставить открытыми.

Спуск воды из котла до установленного уровня и осушение пароперегревателя производить в следующем порядке

- отключить систему мокрого хранения; отключение системы мокрого хранения производить не ранее чем за 1 ч до начала приготовления котельной установки к действию; до отключения системы мокрого хранения проверить заполнение котла и экономайзера водой, для чего открыть и после появления воды закрыть клапаны выпуска воздуха из парового коллектора и экономайзера;

- открыть клапаны выпуска воздуха из парового коллектора и пароперегревателя;

- спустить воду из котла до уровня, указанного в инструкции по эксплуатации;

- осушить пароперегреватель; после осушения клапан продувания пароперегревателя оставить открытым;

- продуть водоуказатели и убедиться в их исправности, проверить наличие и исправность запасных рамок водоуказателей;

- проверить качество котловой воды.

При проверке внутреннего и наружного кожухов котла

- убедиться в том, что нет топлива, масла, воды в межобшивочном пространстве (воздушном коробе котла);

- проверить закрытие всех лазовых затворов (съёмных щитов) наружного кожуха котла и газоходов, наличие пломбы на лазовом затворе патрубка газохода перед газовой турбиной (у высоконапорных котлов).

При подготовке к работе топочных устройств:

- проверить подвижность регистров всех ВНУ котла, после проверки регистры ВНУ закрыть;

- проверить закрытие клапанов подвода топлива и пара и клапанов прокачки топлива, открытие клапанов слива конденсата на трубопроводе подвода пара к форсункам;

- подготовить к действию запальное устройство;

- проверить наличие и исправность запасных форсунок;

- установить растопочную форсунку, если это предусмотрено инструкцией по эксплуатации;

- подготовить к действию форсуночные сервомоторы.

При подготовке арматуры и БЗУ котла:

- осмотреть и проверить предохранительные клапаны, убедиться в наличии пломб на контрольных предохранительных клапанах; эксплуатация котла при



неисправных предохранительных клапанах , а также при истечении срока проверки предохранительных клапанов **запрещается**

- осмотреть разобщительные клапаны между паровым коллектором и пароперегревателем, экономайзером и паровым коллектором, проверить их исправность, убедиться в их открытии и опломбировании, в открытии клапанов к конденсационным сосудам, манометрам, водоуказателям, импульсных клапанов к регуляторам системы автоматического регулирования и к дистанционным указателям уровня;

- закрытые паровые клапаны после проверки приводов стронуть на 1/4 оборота маховика для предотвращения заклинивания при нагревании;

- на котлах, оборудованных БЗУ, проверить его и подготовить к действию согласно инструкции. Ввод в действие котла с неисправным или невключенным БЗУ **запрещается**

При подготовке к действию питательной системы:

- за 2 ч до начала приготовления включить барботажные устройства и нагреть до кипения воду в деаэраторах;

- подготовить питательный трубопровод, деаэратор с установленными на нем регуляторами (водоподогреватель);

- подготовить к пуску ПКБТ (питательные насосы ), назначенный к действию, и резервный – с системами регулирования и дистанционного пуска;

- проверить качество воды в конденсатно-питательной системе;

- проверить количество воды в запасных (уравнительных) цистернах; запас добавочной воды должен быть не менее установленных норм.

При подготовке к действию топливной системы:

- подготовить топливный трубопровод совместно с подогревателями топлива, фильтрами, убедиться в наличии и качестве топлива в расходных цистернах и возможности слива топлива от форсунок ( при форсунках, регулируемых сливом) в цистерны без опрессовки последних;

- подготовить к пуску топливные насосы (назначенные к действию и резервный) с их системами регулирования;

- после проверки топочных устройств котла пустить топливный насос и поднять давление топлива в напорном трубопроводе до значения, указанного в инструкции по эксплуатации;

- открыть клапаны прокачки холодного топлива;

- подогреть подаваемое к котлу топливо до следующих температур: мазут флотский Ф5, имеющий вязкость 5° ВУ при 50°С, — до 70±10°С; мазут флотский Ф12, имеющий вязкость 12° ВУ при 50°С, — до 90±10°С.

При использовании мазутов с другой вязкостью температура подогрева должна определяться по специальной номограмме.

При подготовке воздухопроводов, газоходов, ТНА (вентиляторов):

- снять крышки с воздухоприемников и чехол с дымовой трубы, открыть крышки сопел газоохладителей;

- осмотреть воздухо- и газопроводы и проверить их исправность;

- подготовить к пуску ТНА (вентилятор);

- проверить подключение блоков защиты ТНА и наличие полного запаса воздуха в баллонах, при необходимости пополнить баллоны.

**Ввод котла в действие при неисправной или отключенной системе защиты запрещается.**

Проверка и подготовка к действию системы автоматического регулирования производятся в соответствии с инструкцией по эксплуатации котлов. Ввод в действие котельной установки при неисправности системы автоматического регулирования **запрещается**.

Подготовка к действию средств измерения предусматривает проверку наличия, исправности и включения их на всех постах (местных постах, ПДУ, ПЭЖ и др.). Проверка исправности дистанционных указателей уровня мембранных (ДУУМ) должна производиться в соответствии с инструкциями по эксплуатации котла и ДУУМ. В ходе проверки необходимо убедиться в срабатывании звуковой и световой сигнализации верхнего и нижнего аварийных уровней. Ввод в действие котельной установки при отсутствии или неисправности штатных измерительных приборов **запрещается**.

#### **4.1.2. Ввод котельной установки в действие при наличии пара на корабле**

Ввод котельной установки в действие включает в себя мероприятия, направленные на зажигание топлива в топке, подъем давления пара и включение котла на главный и вспомогательный паропроводы.

Форсунка вводимого в действие котла включается по приказанию вахтенного (дежурного) инженера-механика.

Подготовку котла к включению форсунки и зажигание топлива в топке производить в следующем порядке:

- сообщить пар форсункам;
- ввести в действие ТНА (вентилятор), установить указанное в инструкции давление воздуха и провентилировать топку в течение не менее 3 мин;
- установить электровоспламенитель в запальное отверстие и включить его в сеть, убедиться в получении устойчивой дуги;
- перед зажиганием факела форсунки проверить уровень воды в котле, включить в действие ДУУМ в соответствии с инструкциями по эксплуатации котла и ДУУМ, сравнить показания ДУУМ с показаниями водоуказателей котла;
- зажечь факел 1-й форсунки, для чего закрыть клапан прокачки холодного топлива и, установив необходимое давление топлива, открыть клапан подвода топлива к форсунке;
- после воспламенения факела форсунки электровоспламенитель отключить и убрать, закрыть запальное отверстие;
- если по каким-либо причинам факел форсунки в течение 10 с не воспламенится, клапан подачи топлива к форсунке закрыть; повторное зажигание факела производить только после устранения причины невоспламенения фа-

кела и повторной вентиляции топки в течение не менее 3 мин; зажигание форсунки без указанной вентиляции топки **запрещается**, так как может привести к взрыву газов в топке котла

- время включения 1-й форсунки записать в суточный и вахтенный журнал котельной установки.

При подъеме давления пара в котле:

- установить предусмотренные инструкцией по эксплуатации значения давлений топлива и воздуха и включить указанное в ней количество форсунок, поддерживая заданную температуру топлива; качество горения контролировать через смотровые устройства топки;

- непрерывно контролировать уровень воды в котле: по мере нагревания котла уровень воды в нем должен повышаться;

- продувать водоуказатели с момента включения 1-й форсунки и до достижения рабочего давления пара в котле не реже чем через каждые 5 мин;

- после появления пара из воздушного клапана парового коллектора закрыть этот клапан;

- следить по манометрам за повышением давления пара в котле;

- проверить плотность фланцевых соединений и арматуры; обжатие неплотных соединений при давлении пара в котле выше 0,5 МПа (5 кгс/см<sup>2</sup>) запрещается; при обжатии применять только штатные;

- при достижении давления пара в котле 0,5—0,8 МПа (5—8 кгс/см<sup>2</sup>), обеспечивающего работу вспомогательных механизмов паром от своего котла, или другого давления, указанного в инструкции по эксплуатации, перейти на свой пар, для чего сообщить котел со вспомогательными паропроводами, отключив подачу пара от другого котла; закрыть продувание пароперегревателя, выполнить другие действия, предусмотренные инструкциями по эксплуатации;

- доложить вахтенному (дежурному) инженеру-механику о переходе на свой пар и сделать соответствующую запись в суточном и вахтенном журнале котельной установки.

Включение в действие питательной системы производится в зависимости от исходного состояния МКУ: либо в период приготовления котельной установки к действию, либо после перехода на свой пар.

При вводе в действие питательной системы:

- пустить назначенный к действию и резервный ПКБТ (питательные насосы);

- проверить автоматический (дистанционный) пуск резервного ПКБТ, затем автоматический (дистанционный) пуск назначенного к действию ПКБТ, после чего резервный ПКБТ (питательный насос) поддерживать в состоянии готовности к пуску;

- подать рабочую воду на системы автоматического регулирования и защиты; проверить плотность трубопроводов;

- начать питание котла при понижении уровня воды в паровом коллекторе до средней отметки водоуказателей.

При достижении рабочего (заданного) давления пара в котле:

- доложить вахтенному ( дежурному) инженеру-механику о готовности котла к подключению на главный паропровод

- включить в действие системы автоматического регулирования и защиты в последовательности, указанной в инструкциях по эксплуатации энергетической установки, котла и системы автоматического регулирования.

Через 15—20 мин после достижения рабочего давления пара продуть котел и установить водный режим в соответствии с инструкцией по эксплуатации котла.

Котлы включаются на главный паропровод по приказанию вахтенного (дежурного) инженера-механика. Время включения котла на главный паропровод записать в суточный и вахтенный журнал котельной установки. О предстоящем включении котла вахтенный (дежурный) инженер-механик должен предупредить старшин вахт действующих машинно-котельных отделений

К моменту включения котлов на главный паропровод уровень воды в котлах должен быть не выше среднего, резервные питательные и топливные насосы должны быть прогреты, опробованы и приготовлены к действию, главный паропровод прогрет, продут и осушен.

Включение котла для совместной работы с другими, уже действующими котлами допустимо только тогда, когда давление пара в подключаемом котле превысит давление в магистрали на 0,05—0,1 МПа (0,5—1,0 кгс/см<sup>2</sup>). При включении на главный паропровод стопорный клапан на котле необходимо открывать очень осторожно, наблюдая при этом за состоянием и прогреванием паропровода. Неосторожные действия могут привести к разрыву магистралей или нарушению плотности их соединений вследствие гидравлических ударов или резких изменений температуры

Время, необходимое для ввода котла в действие из холодного состояния (от момента зажигания форсунки до достижения рабочего давления пара в котле), определяется инструкцией по эксплуатации котла. Сокращать это время запрещается.

#### **4.1.3. Приготовление и ввод котельной установки в действие при отсутствии пара на корабле**

При приготовлении котельной установки и вводе котла в действие в случае отсутствия пара на корабле топливо подается к форсункам электронасосом или ручным растопочным насосом. Топливо подогревается электроподогревателем или с помощью специального змеевика, устанавливаемого в топочное устройство растопочной форсунки. Воздух, необходимый для горения, подается предусмотренным для этой цели электровентилятором или за счет естественной тяги.

Приготовление и ввод в действие котельной установки при отсутствии пара на корабле производить в соответствии с указаниями инструкций по эксплуатации котла, элементов котельной установки и МКУ. Приготовление и ввод котла в действие должны осуществляться под непосредственным руководством командира машинно-котельной группы.

При приготовлении и вводе в действие котельной установки, оборудованной топливным электронасосом, электроподогревателем и приспособленным для подачи воздуха в котел электровентилятором, необходимо

- принять все меры по предотвращению утечек воздуха из воздухопровода и межобшивочного пространства котла

- топливо с помощью электроподогревателя подогреть до вышеуказанной температуры; зажигание факела форсунки при более низкой температуре топлива **запрещается**

- подготовить к действию и включить электровентилятор, включить топливный электронасос, установить и поддерживать предусмотренные инструкцией по эксплуатации давление воздуха в межобшивочном пространстве и давление топлива, которое при использовании центробежной растопочной форсунки должно быть не менее 1—1,2 МПа (10—12 кгс/см<sup>2</sup>);

- перед зажиганием факела форсунки провентилировать топку в течение не менее 3 мин;

- качество горения контролировать через смотровые устройства топки, учитывая, что при неполном сгорании капли топлива могут быть вынесены в газоходы котла, в результате чего там может возникнуть очаг горения; это особенно опасно для высоконапорных котлов, так как может привести к повреждению газовой турбины ТНА;

- при достижении указанного в инструкции по эксплуатации давления пара выключить форсунку и электровентилятор и отключить подвод воздуха от него к котлу;

- после перехода на свой пар и замены растопочной форсунки на штатную перед зажиганием факела пустить ТНА (вентилятор), провентилировать топку в течение не менее 3 мин;

- зажигание факела производить только с использованием электровоспламенителя.

При отсутствии электровентилятора, предназначенного для ввода в действие котельной установки, открыть для доступа воздуха все люки и шахты котельного отделения, провентилировать топку, открыв все ВНУ.

После подъема давления пара в котле растопочную форсунку разобрать, промыть. После сборки форсунку проверить на плотность, распыл и производительность, после чего законсервировать маслом К-17. Периодические осмотры и проверку состояния растопочной форсунки производить не реже одного раза в 6 месяцев.

#### **4.1.4. Экстренное приготовление и ввод в действие котельной установки**

Экстренное приготовление и ввод в действие котельной установки должны производиться только по приказанию командира корабля. Каждый случай экстренного приготовления должен быть зафиксирован в суточном и вахтенном журнале котельной установки.

Экстренное приготовление и ввод котельной установки в действие разрешается производить только после сдачи личным составом соответствующей задачи Правил специальной подготовки

Экстренное приготовление и ввод в действие котельной установки должны осуществляться под руководством командира БЧ-5 в соответствии с приведенным в РБИТС планом-графиком, являющимся составной частью плана-графика экстренного приготовления энергетической установки

Сокращение времени при экстренном приготовлении и вводе в действие котельной установки может быть достигнуто

- пуском вспомогательных механизмов, обслуживающих котельную установку, из холодного состояния;

- спуском воды из котла и пароперегревателя (после мокрого хранения) при включенном горении; этот режим требует от личного состава особо тщательного контроля за уровнем воды в котле и осушением пароперегревателя к моменту перехода на свой пар.

#### **4.2. Обслуживание котельной установки в действии**

Во время действия котельной установки личный состав, обслуживающий ее, должен постоянно контролировать работу котла и всех его систем и механизмов. При этом необходимо поддерживать в установленных пределах следующие регулируемые параметры:

- уровень воды в паровом коллекторе;
- заданное давление пара в котле;
- давление и температуру питательной воды, перепад давления на питательном клапане;
- давление топлива перед форсунками;
- перепад давления на топливном регулирующем золотнике (давлений на сливе топлива от форсунок, регулируемых сливом);
- температуру топлива перед форсунками;
- давление пара на распыл перед форсунками;
- частоту вращения ротора ТНА (вентилятора);
- давление воздуха перед топкой;
- перепад давлений на газовом импульсе.

Кроме того, необходимо контролировать температуру перегретого пара, температуру воды за экономайзером и следить за тем, чтобы они не выходили за пределы, установленные для соответствующей нагрузки котла (угла поворота маховика нагрузки), поддерживать водный режим котла в соответствии с инструкцией по эксплуатации котла.

Контроль за работой котла должен осуществляться по приборам, установленным на местных постах, в ПДУ и ПЭЖ, сопоставлением показаний приборов с данными, приведенными в инструкции по эксплуатации для различных нагрузок котла, а также внешним осмотром котла и элементов котельной установки. Всякое отклонение показателей работы котельной установки от пре-

дельных значений, указанных в инструкции для данной нагрузки котла, свидетельствует о ненормальной работе и должно быть устранено.

Таблицы со значениями приведенных выше параметров должны находиться в ПДУ, ПЭЖ и на местных постах

Нагрузка котла по топливу определяется углом поворота маховика нагрузки при поддержании установленного значения перепада давления на топливном регулирующем золотнике или числом включенных форсунок при поддержании установленного постоянного давления топлива и производительности форсунок в установленных пределах

Во время действия котла особое внимание должно быть обращено на поддержание в нем надлежащего уровня воды. Необходимо твердо помнить, что невнимательность при наблюдении за уровнем воды может привести к упуску воды (пожог котла) или перепитыванию котла с забросом воды в паровой тракт.

Превышение параметров пара (давления и температуры), выдаваемого котлом, сверх предельных значений недопустимо. Точное поддержание давления пара обеспечивает надежную работу котла и способствует улучшению качества выдаваемого котлом пара. Для котлов с переменным давлением пара переход с одного давления на другое производится с допустимой скоростью изменения давления, которая указывается в инструкции по эксплуатации

Расход топлива выше максимально допустимого, указанного в формуляре котла, не допускается. Это обеспечивается

- периодической проверкой производительности форсунок
- проверкой правильности установки регулирующих органов топливной системы;
- поддержанием параметров топливной системы (давления топлива перед форсунками, перепада давления на топливном регулирующем золотнике) в установленных пределах

Для котлов с переменным давлением пара максимально допустимая нагрузка котла по топливу в зависимости от давления пара указывается в инструкции по эксплуатации. Превышать эту нагрузку **запрещается**.

Минимально допустимые значения времени набора нагрузки котла и сброса нагрузки указываются в инструкции по эксплуатации. Снизить эти значения **запрещается**.

Наибольшая экономичность работы котла обеспечивается соблюдением:

- правильной организации процесса горения в топке, обеспечивающей минимальные избытки воздуха при полном сгорании топлива;
- чистоты внутренних и наружных поверхностей нагрева котла.

Во время работы котельной установки наряду с контролем, предусмотренным выше, необходимо:

- проверять давление воздуха в баллонах системы защиты, не допуская его снижения ниже установленных пределов;
- один раз за вахту проверять плотность закрытия арматуры бездействующих механизмов;

- проверять, нет ли протечек пара, воды, топлива, масла;
- проверять готовность к пуску резервных механизмов;
- поддерживать чистоту и порядок в помещении МКО;
- поддерживать полную освещенность в помещении МКО.

#### 4.2.1. Управление питанием

Управление питанием включает в себя:

- непрерывное обеспечение подачи питательной воды в котел и поддержание рабочего уровня воды в котле;
- поддержание установленной температуры подогрева воды в деаэраторе (водоподогревателе);
- контроль температуры воды за экономайзером;
- поддержание в готовности к действию и автоматическому (дистанционному) пуску резервных питательных средств.

Управление питанием может производиться автоматически или вручную (дистанционно или с местного поста). Основным способом управления питанием у котлов, оборудованных регуляторами питания, является автоматический. Переход на ручное питание (дистанционное или с местного поста) в ряде случаев требует ограничения нагрузки котла, что указывается в инструкции по эксплуатации.

При выходе из строя регулятора питания высоконапорного котла котел выводят из действия. В случаях, если вывести котел из действия не представляется возможным (в боевой обстановке), необходимо:

- перевести котел на полуавтоматическое управление горением;
- снизить нагрузку котла до значения, предусмотренного инструкцией по эксплуатации;
- не допускать резкого изменения нагрузки котла.

На каждом котле должно быть установлено не менее двух водоуказателей. На каждый котел должна быть одна запасная, готовая к установке рамка водоуказателя

На водоуказателе котла установлены отметки:

- допустимого нижнего уровня воды в котле;
- допустимого верхнего уровня воды в котле;
- среднего (рабочего) уровня воды в котле.

На водоуказателях котлов, оборудованных аварийно-предупредительной сигнализацией по уровню, устанавливаются отметки нижнего и верхнего аварийных уровней.

Отметки надежно закрепляют. Уровень воды в водоуказателях и отметки уровней должны быть хорошо видны с поста управления питанием котла.

Наблюдение за уровнем воды в котле ведется непрерывно, независимо от того, питается котел вручную или автоматически. При автоматическом питании котла, так же как и при ручном, надо иметь специальную вахту для наблюдения за питанием котла. При обнаружении неисправностей при автоматическом пита-



нии необходимо перейти на ручное питание, как указано выше, устранить неисправности в соответствии с указаниями инструкций по эксплуатации котла и МКУ. Во всех случаях ухода воды за пределы нижней кромки видимой части водоуказателей котел экстренно вывести из действия.

При управлении котлом с ПДУ контроль за уровнем воды в котле осуществлять не менее чем по двум дистанционным указателям уровня с автономными датчиками

Периодически, но не реже одного раза за вахту, при условии одинаковых показаний дистанционных указателей уровня сверять их показания с показаниями водоуказателей, расположенных на котле. Если показания дистанционных указателей уровня отличаются одно от другого или от показаний водоуказателей, расположенных на котле, принять меры к устранению неисправностей.

При выходе из строя одного водоуказателя котла немедленно принять меры по замене его запасным. Работа котла при повреждении одного водоуказателя допускается не более 20 мин.

При выходе из строя обоих водоуказателей доложить об этом вахтенному (дежурному) инженеру-механику и немедленно вывести котел из действия.

При выходе из строя одного дистанционного указателя уровня исправить или заменить его. Контроль за уровнем воды в котле осуществлять по второму дистанционному указателю уровня с обязательной сверкой его показаний через каждые 30 мин с показаниями водоуказателей котла.

При выходе из строя обоих дистанционных указателей уровня снизить нагрузку и перейти на управление питанием котла с местного поста в соответствии с инструкцией по эксплуатации котла и МКУ. Уровень воды контролировать по водоуказателям котла.

При управлении питанием с местного поста в случае выхода из строя одного водоуказателя усилить наблюдение за уровнем воды по другому водоуказателю и немедленно принять меры по замене неисправного водоуказателя запасным, доложив об этом вахтенному (дежурному) инженеру-механику. Действие котла с одним водоуказателем свыше 20 мин **запрещается**. При выходе из строя двух водоуказателей действие котла немедленно прекратить и доложить об этом вахтенному (дежурному) инженеру-механику.

Для контроля за исправностью водоуказателей продувать их не реже одного раза за вахту.

При работе котла на постоянных нагрузках уровень воды в водоуказателях поддерживать у средней отметки. Повышение уровня сверх допустимого приводит к повышенной влажности насыщенного пара, снижению температуры перегретого пара. На повышенных нагрузках при неустойчивом поддержании давления пара в котлах возможны резкие колебания уровня, влекущие за собой забросы воды в пароперегреватель, которые могут вызвать повреждения пароперегревателя, трубопроводов и турбомеханизмов, подключенных к котлу.

При автоматическом управлении питанием котла уровень воды в водоуказателях поддерживать в пределах неравномерности регулирования питания, т.

е. каждой нагрузке должен соответствовать вполне определенный уровень воды в котле, не выходящий за пределы верхней или нижней отметки.

При ручном управлении питанием котла на переменных нагрузках следует учитывать явление набухания воды. При увеличении нагрузки, несмотря на то что уровень воды в водоуказателе повышается, необходимо увеличить подачу воды в котел, не допуская, однако, ухода уровня за верхнюю отметку водоуказателя.

При резком снижении нагрузки следует первоначально увеличить подачу воды, так как в противном случае уровень воды в котле может опуститься ниже допустимого.

Значение температуры питательной воды за деаэратором (водоподогревателем) и за экономайзером должно соответствовать значениям, указанным в инструкции по эксплуатации котла и МКУ.

В случае повышения температуры воды за экономайзером сверх установленных инструкцией по эксплуатации пределов снизить нагрузку котла, установить причины повышения температуры воды за экономайзером и устранить.

#### **4.2.2. Управление горением**

Управление горением предусматривает:

- поддержание давления пара в котле в установленных пределах изменением количества сжигаемого топлива (нагрузки котла);
- обеспечение полного сгорания топлива в топке при оптимальном избытке воздуха.

Управление горением может производиться автоматически, полуавтоматически, вручную дистанционно с местных постов.

Основным способом управления горением в автоматизированных котлах является автоматическое управление.

Перевод котла с автоматического на другие способы управления должен производиться при условиях, указанных в инструкции по эксплуатации.

В корабельных котлах сжигание топлива производится факельным способом. Для организации процесса горения необходимо обеспечить:

- подогрев топлива;
- качественный распыл топлива форсунками;
- смешение распыленного топлива с воздухом, поступающим через ВНУ;
- высокую температуру в зоне горения для интенсивного испарения, поджигания и сгорания топлива в организованном ВНУ потоке топливовоздушной смеси.

Организация процесса горения предусматривает поддержание необходимого соотношения расходов топлива и воздуха. Каждой нагрузке котла по топливу должны соответствовать определенные значения давления воздуха перед топкой, перепада давления на газовом импульсе (у высоконапорных котлов) и частоты вращения ротора ТНА (вентилятора).

Несоответствие между нагрузкой котла по топливу и указанными выше параметрами приводит либо к избытку, либо к недостатку воздуха, подаваемого для горения, к расстройству процесса горения и к снижению экономичности котла.

Контроль за горением предусматривает не только постоянное наблюдение за параметрами, характеризующими организацию топочных процессов, но и ведение систематического непосредственного наблюдения за процессом горения в топке через смотровые устройства.

При правильно налаженном горении топлива пламя в топке должно быть ровным, без искр и потемнений; на трубах, диффузорах, головках форсунок и футеровке топки не должно быть наростов кокса; факелы форсунок должны быть устойчивыми, иметь правильную форму, симметричную относительно оси форсунок. При появлении признаков расстройства горения необходимо устранить неисправность.

Ярко-белое пламя в топке с отдельными искрами и появление белого дыма из дымовой трубы свидетельствуют о большом избытке воздуха. Белый дым, представляющий собой пары несгоревшего топлива, охлажденные избыточным воздухом, не следует смешивать с белыми клубами водяного пара, появление которого является следствием попадания в топку воды или пара.

Темно-оранжевое или даже красное пламя в топке с искрами и выход из дымовой трубы темного дыма свидетельствуют о недостатке воздуха, подаваемого для горения, и о неполноте сгорания топлива.

Черный дым не всегда означает недостаток воздуха, он может быть и при значительном избытке воздуха, если имеют место недостаточный подогрев топлива, низкое качество распыливания и плохое смешение топлива с воздухом, касание факелов футеровки или поверхности нагрева.

Взрывной характер горения в топке и вибрация фронтов котла свидетельствуют о недостатке воздуха или о чрезмерном обводнении топлива.

Появление из дымовой трубы снопов искр указывает на значительное загрязнение поверхностей нагрева котла и газоходов или на перегрузку котла, а в отдельных случаях на перегрев отдельных элементов котла и газоходов, когда от них начинают отделяться и сгорать в потоке газов сажа и окалина.

Полное отсутствие дыма может быть и при больших избытках воздуха (даже когда количество подаваемого в топку воздуха превышает в 1,5—1,8 раза оптимальное). Поэтому одно только отсутствие дыма не может свидетельствовать о правильной организации процесса горения топлива.

Топливо должно полностью сгорать в топке. Догорание топлива в трубных пучках и газоходах котла недопустимо, так как может привести к загрязнению поверхностей нагрева, нарушению циркуляции, перегреву труб пароперегревателя, закипанию воды в экономайзере, повреждению обшивки и газоочистного устройства и, как следствие, к аварии котла.

Догорание топлива в газоходах высоконапорного котла может привести к помпажу компрессора и аварии газовой турбины ТНА вследствие значительного повышения температуры поступающих в нее газов.

Догорание топлива в трубных пучках и газоходах может быть при низком качестве распыла, недостаточном количестве воздуха, подаваемого для горения, при плохом смешении топлива с воздухом и при низкой температуре в зоне горения. Для предотвращения догорания топлива в трубных пучках и газоходах при вводе котельной установки в действие в случае отсутствия пара на корабле необходимо строго выполнять инструкции по эксплуатации.

### ***Подача топлива к форсункам***

Во время действия котла должна быть обеспечена непрерывная подача топлива к форсункам. Даже короткие перерывы в подаче топлива могут привести к вибрации фронтов, взрывам в топке, снижению давления пара в котле.

Резервные топливные насосы должны быть всегда готовы к действию, а резервные топливные расходные цистерны заполнены топливом; отстой топлива должен быть откачан зачистным насосом.

Срыв работы топливного насоса (уменьшение подачи, снижение напора) может произойти вследствие:

- неплотностей в приемном участке топливного трубопровода;
- низкого уровня топлива в цистерне, из которой производится прием;
- загрязнения приемных сеток; высокой вязкости топлива в цистерне (более 200° ВУ);
- обводнения топлива;
- увеличения протечек через зазоры в гидравлической части насоса при низкой вязкости топлива (менее 5° ВУ);
- неисправности гидравлической части топливного насоса (увеличение зазоров из-за износа, подсосы через неплотности и т. п.).

В случае перебоев в подаче топлива насосом немедленно ввести в действие резервный топливный насос и при необходимости перейти на прием топлива из резервной расходной цистерны.

Температуру подогрева топлива поддерживать автоматически, а где это не предусмотрено – вручную.

Обводнение топлива вызывает неравномерное (прерывистое) горение, сопровождающееся шипением, хлопками, вибрацией фронтов и выходом белого дыма (пара) из дымовой трубы. При обнаружении указанных выше признаков немедленно перейти на прием топлива из другой цистерны.

В целях предупреждения попадания воды с топливом в топку котла необходимо перед походом и перед перекачкой топлива из запасных цистерн в расходные убедиться в отсутствии воды в топливе путем откачки отстоя зачистным насосом.

### **Запрещается**

- превышать установленное инструкцией по эксплуатации давление топлива перед форсунками, так как это может вызвать недопустимую перегрузку котла и привести к аварии;

- снижать давление топлива перед форсунками, а также снижать давление пара, подаваемого к паромеханическим форсункам, ниже пределов, установлен-

ных инструкцией по эксплуатации, так как это может привести к ухудшению распыливания топлива, неполному сгоранию топлива, дымлению, догоранию топлива в газоходах котла и заливанню топливом топки.

У автоматизированных котлов значения угла поворота маховика нагрузки и давления топлива перед форсунками (давления на сливе у форсунок, регулируемые сливом), при которых происходит включение очередной форсунки, должны соответствовать значениям, приведенным в инструкции по эксплуатации.

Снижение давления топлива по сравнению со значением, приведенным в инструкции, свидетельствует об износе распылителей, повышение давления – о засорении форсунок. В последнем случае котел необходимо перевести на полуавтоматическое управление и произвести постепенное снижение нагрузки, наблюдая за соотношением давления топлива и углом поворота маховика форсунки. Если при очередном отключении форсунки давление топлива получит значение, соответствующее значению, указанному в инструкции для данного угла поворота маховика нагрузки, то отключенная форсунка является неисправной.

При постоянном рабочем давлении топлива колебания давления перед форсунками на постоянных режимах не должны превышать 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>).

При включении обогрева топлива в цистернах должен быть усилен контроль за качеством воды в ЦГК и в котлах.

Переключение топливных фильтров на запасные и их очистку производить в соответствии с инструкциями, но не реже чем через каждые 12 ч работы, а в случае увеличения перепада давления (до и после фильтра) более чем на 0,1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>) следует производить внеочередную очистку.

При крановом переключении фильтров включение одного и выключение другого фильтра производить одновременно. При клапанном переключении сначала необходимо открыть клапан резервного фильтра, а затем выключить работающий. Фильтр очищать немедленно после его отключения, осторожно снимая пленку грязи и промывая сетку керосином на поддоне.

### ***Распыливание топлива форсунками***

Качество распыливания топлива форсункой в большой мере влияет на процесс горения в топке. Плотность, производительность и качество распыла форсунок необходимо систематически проверять на специальной установке.

Причинами неудовлетворительного распыливания топлива могут быть:

- неправильная сборка форсунок;
- износ распыливающих деталей форсунок;
- забоины, риски и другие повреждения распыливающих деталей из-за нарушения правил ухода за форсунками;
- загрязнение или закоксование распыливающих деталей;
- недостаточное давление пара, подводимого к паромеханическим форсункам;
- повышенная вязкость топлива (недостаточный подогрев).

Оптимальная вязкость топлива, необходимая для качественного распыла его форсунками, равна 2° ВУ. Температуру подогрева топлива для получения

необходимого значения его вязкости определять в соответствии со специальной номограммой. Определенную по номограмме температуру поддерживать с точностью  $\pm 10^\circ \text{C}$ .

Следует иметь в виду, что понижение вязкости топлива ниже  $2^\circ \text{ВУ}$  в результате нагрева его до более высоких температур может привести к ухудшению качества горения, а в установках с котлами, оборудованными механическими форсунками с регулируемым сливом части топлива, — к значительному снижению вязкости топлива в расходной цистерне и к срыву подачи топлива насосом.

При плохом распыливании топлива форсунку необходимо заменить запасной. Заменяя форсунку, следует принять меры, исключая попадание топлива в межобшивочное пространство (воздушный короб), на площадку или в трюм. При замене форсунки в работающем высоконапорном котле необходимо снизить нагрузку и соблюдать меры безопасности, предусмотренные инструкцией по эксплуатации.

Необходимо систематически и тщательно проверять плотность форсуночных клапанов, так как потеки топлива через недействующие форсунки приводят к закоксованию форсунок и повреждению фурменных кирпичей, попаданию топлива на футеровку топки. Следует не реже одного раза за вахту и после выключения продувать механические форсунки паром на месте или на специальном приспособлении. Недействующие механические форсунки действующего котла продувать через каждые 2 ч.

На корабле необходимо иметь не менее 20% (от установленных) готовых к действию запасных форсунок, а также полный запасной комплект распыливающих деталей для всех форсунок. Если на котле установлено менее пяти форсунок, то готовых к действию запасных форсунок должно быть не менее одной для каждого отапливаемого фронта котла.

### ***Подача воздуха для горения***

Во время действия котла должна производиться непрерывная подача воздуха в топку в количестве, необходимом для обеспечения полного сгорания топлива.

Давление воздуха перед топкой, перепад давления на газовом импульсе, а также частоту вращения ротора ТНА (вентилятора) поддерживать в соответствии с указаниями инструкции по эксплуатации в зависимости от нагрузки котла (угла поворота маховика нагрузки или числа включенных форсунок).

Недостаток воздуха приводит к взрывному характеру горения, вибрации фронтов, разрушению кирпичной кладки, появлению черного дыма.

Повышение избытка воздуха сверх оптимального для данной нагрузки значения приводит к повышению потери тепла с уходящими газами — самой большой по величине потере тепла в котле и, следовательно, к уменьшению экономичности котла и МКУ. Увеличение избытка воздуха приводит также к повышению температуры перегретого пара и температуры воды за экономайзером, а при больших избытках воздуха — к появлению белого дыма.

Для качественного сжигания топлива необходимо интенсивное и равномерное смешение хорошо распыленного топлива с воздухом. Это достигается соответствующими скоростями воздушного потока и его завихрением, правильным расположением форсунок, воздухонаправляющих устройств, диффузоров и фурм.

От правильности установки форсунки в воздухонаправляющем устройстве и положения диффузора на форсунке в значительной степени зависят форма и объем факела. При отклонении угла распыла форсунок, размера и форм фурм от спецификационных, при неправильной центровке форсунок и фурм, неправильной установке форсунок и диффузоров по длине оси топочного устройства могут происходить:

- нарушение процессов перемешивания топлива с воздухом, а следовательно, ухудшение качества горения;
- удары факела о поверхность фурмы;
- чрезмерное удаление факела от поверхности фурм;
- касание факелом поверхностей нагрева.

Чрезмерное удаление факела от поверхности фурм ведет к увеличению избытка воздуха и снижению экономичности работы котла. Касание факела поверхностей нагрева и фурм приводит к повреждению фурм, коксованию топлива и ухудшению качества горения.

В процессе эксплуатации необходимо следить за исправностью воздухонаправляющих устройств, не допуская их поломок, неплотностей, короблений.

На действующем котле воздухонаправляющие устройства следует держать открытыми только у действующих форсунок.

На бездействующем котле все воздухонаправляющие устройства необходимо держать полностью закрытыми.

Обслуживание ТНА (вентилятора) в период действия котла должно производиться в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Работа ТНА без включенной системы защиты или при неисправной системе защиты **запрещается**.

Регуляторы предельного числа оборотов вентиляторов должны проверяться в соответствии с инструкцией. Эксплуатация вентиляторов с неисправными регуляторами запрещается.

При срабатывании защиты ТНА котел должен автоматически выводиться из действия с помощью БЗУ. Если по какой-либо причине котел оказался не выведенным из действия, необходимо экстренно вывести его из действия вручную.

При срабатывании защиты ТНА котел разрешается вводить в действие только после выявления и устранения причин срабатывания защиты ТНА.

В случае срабатывания регулятора предельного числа оборотов вентилятора нужно немедленно уменьшить (если в работе остался один из двух параллельно работающих вентиляторов) или прекратить подачу топлива в топку котла во избежание повреждения котла от взрывного горения, происходящего

при значительном недостатке воздуха. Одновременно надо принять меры к немедленному запуску вентилятора, после чего выводить котел на требуемую нагрузку обычным порядком.

Для предупреждения утечек воздуха и обратного вращения вентиляторов у бездействующих вентиляторов должны быть закрыты жалюзи и щиты приемных шахт. В случае вынужденной остановки одного из работающих вентиляторов немедленно закрыть у него жалюзи.

### ***Особенности ручного управления горением***

При включении в действие очередной форсунки следует сначала поднять соответственно давление воздуха, затем открыть воздухонаправляющее устройство и включить форсунку. При выключении форсунки действия производить в обратном порядке. Соблюдение указанного порядка включения и выключения форсунок имеет целью предохранить котел от вибрации и от разрушения футеровки, избежать появления дыма из трубы и предотвратить заливание топки топливом.

Включение и выключение форсунок производить в соответствии с их номерами: при включении – в порядке нарастания номеров, а при выключении – наоборот. Такой порядок включения форсунок обеспечивает большую равномерность обогрева нагревательных поверхностей котла. Отклонение от него может привести к расстройству циркуляции воды в котле.

Открытие и закрытие форсуночных клапанов производить полностью, чтобы избежать подтекания топлива из форсунок в топку и закоксования головок форсунок. Число действующих форсунок у котлов, работающих на одну машину, должно быть одинаковым.

### **4.2.3. Контроль за температурой перегретого пара**

Контроль за температурой перегретого пара должен осуществляться сопоставлением показаний приборов со значениями минимально и максимально допустимых температур при данных нагрузке котла и давлении пара, приведенными в инструкции по эксплуатации. В случае если температура перегретого пара находится вне допустимых пределов, следует определить причины ее изменения и устранить их.

Снижение температуры перегретого пара может быть вызвано:

- неплотностью паровой выгородки труб первого хода пароперегревателя в паровом коллекторе высоконапорного котла;
- неплотностью внутренних частей коллекторов пароперегревателя;
- уносом котловой воды с паром;
- загрязнением поверхности нагрева пароперегревателя.

При уносе котловой воды с паром принять меры в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Если уноса котловой воды с паром нет (уровень воды в котле нормальный, качество котловой воды отвечает установленным рабочим нормам), а на-



блюдается значительное стабильное понижение температуры перегретого пара, котел необходимо вывести из действия, вскрыть коллекторы пароперегревателя и произвести осмотр его, обратив особое внимание на состояние внутренних частей и труб пароперегревателя. У высоконапорных котлов вскрыть также паровой коллектор и проверить плотность выгородки труб первого хода пароперегревателя в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Повышение температуры перегретого пара происходит в результате:

- увеличения отбора насыщенного пара;
- увеличения избытка воздуха, подаваемого для сжигания топлива;
- догорания топлива в газоходе пароперегревателя;
- загрязнения парообразующих и экономайзерной поверхностей нагрева котла;
- питания котла водой, имеющей температуру ниже спецификационного значения;
- открытия клапанов продувания котла.

Если при спецификационных значениях температуры питательной воды, избытков воздуха (при соответствии давления воздуха перед топкой, частоты вращения ротора ТНА или котельного вентилятора, перепада на газовом импульсе высоконапорного котла значениям, приведенным в инструкции по эксплуатации для данной нагрузки) и при равномерном распределении отбора насыщенного пара между действующими котлами температура перегретого пара в котле превосходит максимально допустимое значение, котел вывести из действия, произвести осмотр и при необходимости чистку наружной и внутренней поверхностей парообразующей части и экономайзера.

#### **4.2.4. Самообдув поверхностей нагрева котла**

Сущность самообдува поверхностей нагрева заключается в том, что у высоконапорных котлов и высоконапряженных котлов с вентиляторным дутьем при нагрузках, близких к полной, скорости газов в трубных пучках оказываются настолько большими, что значительная часть отложений срывается потоком газов с наружной поверхности труб и уносится в газоход.

Самообдув позволяет в период между наружными чистками котла уменьшить загрязненность наружных поверхностей нагрева и облегчить последующую наружную чистку. Необходимость проведения режима самообдува определяется наработкой котла после наружной чистки (предыдущего самообдува), а также состоянием поверхности нагрева котла. Максимальная наработка между режимами самообдува указывается в инструкции по эксплуатации котла.

При проведении самообдува в котлах, работающих с переменным давлением пара, необходимо установить полное рабочее давление. Продолжительность режима самообдува не менее 30 мин.

Проведение режима самообдува должно быть записано в суточный и вахтенный журнал котельной установки с указанием следующих параметров режима:

- даты, времени и продолжительности режима;
- давления пара в котле;
- температуры перегретого пара;
- угла поворота маховика нагрузки;
- давления топлива перед форсунками;
- частоты вращения ротора ТНА (вентилятора);
- давления воздуха перед топкой.

#### **4.2.5. Поддержание котла в горячем резерве**

В котле, находящемся в горячем резерве, давление пара должно поддерживаться в заданных пределах для обеспечения возможности ввода котла в действие в кратчайший срок. С этой целью периодически производится подъем давления пара в котле, после чего происходит понижение давления в результате медленного естественного остывания котла при выключенном горении.

Пределы изменения давления пара в котле, находящемся в горячем резерве, устанавливает командир БЧ-5.

Подъем пара в котле, находящемся в горячем резерве, производится либо с использованием пара другого котла, либо с использованием своего пара в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

После достижения заданного давления пара в котле необходимо подпитать котел до верхней отметки водоуказателя, после чего вывести котел из действия в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Повторные подъемы давления пара в котле, находящемся в горячем резерве, производить с разрешения вахтенного (дежурного) инженера-механика. При подъеме давления пара запрещается зажигать факел форсунки от раскаленной футеровки. Включение форсунки производить только с использованием электровоспламенителя.

Для обслуживания котла, находящегося в горячем резерве, должна назначаться специальная вахта МКО, в котором находится котел, поддерживаемый в горячем резерве, должно находиться под непрерывным наблюдением. Общее время поддержания котла в горячем резерве, а также время каждого подъема пара в котле записывается в суточный и вахтенный журнал котельной установки. При уменьшении времени снижения давления от максимального до минимального значения котел нужно тщательно осмотреть и прослушать. При обнаружении неплотности устранить неисправность в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

### **4.3. Вывод котельной установки из действия**

#### **4.3.1. Нормальный вывод котельной установки из действия**

Командир БЧ-5, отдавая приказание о выводе котельной установки из действия, должен указать номера выводимых из действия и остающихся в действии котлов, последовательность вывода котлов из действия, готовность бездействующих котлов и режим их хранения.

Вывод из действия автоматизированных котлов (при действующем втором котле эшелона) производить в следующем порядке:

- перевести котел на полуавтоматическое управление и снизить нагрузку до значения, указанного в инструкции по эксплуатации;
- продуть котел верхним и нижним продуванием, отобрать пробу котловой воды и по результатам ее анализа принять решение о вводе присадок;
- осмотреть через смотровые устройства топку, проверив исправность футеровки и убедившись в отсутствии кокса на трубах, диффузорах, форсунках, футеровке; результаты осмотра записать в суточный и вахтенный журнал котельной установки;
- перевести питание котла на ручное управление, подпитать котел до верхнего уровня по водоуказателям;
- после подпитки котла до верхнего уровня отключить котел по топливу, воздуху и пару вручную с местных постов или дистанционно с помощью БЗУ.

При отключении котла по топливу, воздуху и пару с местных постов необходимо:

- закрыть быстрозапорный топливный клапан ;
- после прекращения горения в топке остановить ТНА (вентилятор);
- закрыть главный стопорный клапан и вспомогательные стопорные клапаны перегретого и насыщенного пара .

При дистанционном отключении котла по топливу, воздуху и пару (там, где это предусмотрено) необходимо:

- с помощью крана включения защиты или переключающего клапана БЗУ закрыть быстрозапорные клапаны — топливный, главный и стопорный и подвода пара к ТПА;
- переключающим клапаном закрыть быстрозапорный стопорный клапан насыщенного пара ;
- после указанных действий проверить закрытие и обжать вручную главный стопорный клапан и стопорный клапан насыщенного пара .

После отключения котла по топливу, воздуху и пару:

- подпитать котел до такого уровня, чтобы при остывании он не оказался ниже допустимого при разводке;
- закрыть стопорные клапаны подвода топлива к форсункам и открыть клапаны прокачки холодного топлива;
- закрыть клапаны подачи пара к форсункам и открыть клапан слива конденсата из магистрали подачи пара к форсункам;

- после остановки ТНА (вентилятора) закрыть (проверить закрытие) все регистры ВНУ;

- перевести регуляторы системы автоматического регулирования на ручное управление, выключить БЗУ, систему защиты и аварийно-предупредительную сигнализацию, отключить подачу рабочей воды;

- время вывода котла из действия записать в суточном и вахтенном журнале котельной установки.

После вывода котла из действия осмотреть и прослушать его, убедиться в том, что нет пара на выходе из трубы (из сопел газоохладителя). В случае обнаружения пара установить место неплотности и устранить неисправность

В зависимости от условий дальнейшего использования выведенный из действия котел должен быть поставлен в горячий резерв, подготовлен к постановке на мокрое хранение или к вводу в действие.

При выводе из действия автоматизированного котла при бездействующем втором котле эшелона после прекращения горения вывести из действия топливный насос, подогреватель топлива и ТНА (вентиляторы), а после прекращения питания — ПКБТ (питательный насос).

Перед отключением котла по пару убедиться в том, что в масляной системе МКО в действии находится электромагнитный насос, обеспечивающий прокачку подшипников ТНА

При выводе из действия неавтоматизированного котла закрыть главный стопорный клапан, прекратить горение в топке последовательным выключением форсунок в обратном порядке их нумерации, закрывая их ВНУ и снижая, соответственно, частоту вращения роторов турбовентиляторов. Форсунки после выключения продуть паром. В процессе вывода котла из действия осмотреть топку в соответствии с указаниями, продуть котел верхним и нижним продуванием.

Остановку вспомогательных механизмов и выключение теплообменных аппаратов производить в такой последовательности:

- остановить топливный насос и выключить подогреватель топлива;

- подпитать котел до такого уровня, чтобы при остывании он не оказался ниже допустимого при разводке;

- остановить вентиляторы, после того как погаснет огонь в топке. После остановки вспомогательных механизмов закрыть вспомогательный стопорный клапан.

После прекращения действия котла (котельной установки) осмотреть и убрать котельное отделение, убедиться в отсутствии воды, топлива и масла в трюме. За выведенным из действия котлом установить наблюдение до постановки его на хранение.

На период бездействия котла закрыть дымовую трубу, сопла газоохладителей, приемные шахты компрессоров (вентиляторов), убедиться в закрытии регистров ВНУ, воздушной регулирующей заслонки и заслонки защиты ТНА

### 4.3.2. Экстренный вывод котла из действия

Экстренный вывод котла из действия производится в случае:

- разрыва трубки котла или змеевика экономайзера;
- упуска воды;
- попадания топлива или масла в котел;
- выхода из строя всех водоуказательных приборов;
- выхода из строя предохранительных клапанов;
- в других случаях, когда дальнейшая работа котла может привести к аварии или опасна для жизни людей.

Несвоевременно или неправильно принятые меры по прекращению действия аварийного котла могут значительно увеличить объем повреждений и создать угрозу безопасности личного состава.

Экстренный вывод из действия котлов, снабженных системой защиты, может производиться:

- автоматически в результате срабатывания защиты;
- дистанционно (из ПДУ) с помощью переключающих клапанов;
- вручную с местных постов.

В случае экстренного вывода котла из действия автоматически или дистанционно после срабатывания БЗУ:

- немедленно убедиться в закрытии быстрозапорных клапанов — стопорных, топливного и подвода пара к ТНА;

- при экстренном выводе котла из-за упуска воды немедленно прекратить питание котла;

- при экстренном выводе котла не по причине упуска воды питание котла прекратить после подпитки его до такого уровня, чтобы при остывании он не оказался ниже допустимого при разводке; в процессе подпитки произвести верхнее продувание котла;

- обеспечить равномерное и медленное остывание котла.

При экстренном выводе из действия котла вручную с местных постов (в том числе и при экстренном выводе из действия котла, не имеющего системы защиты) немедленно

- выключить горение быстрозапорным клапаном на топливной системе или остановкой топливного насоса;

- прекратить подачу воздуха в котел;

- при экстренном выводе котла из-за упуска воды немедленно прекратить питание котла;

- при экстренном выводе котла не по причине упуска воды питание котла прекратить после подпитки его до такого уровня, чтобы при остывании он не оказался ниже допустимого при разводке; в процессе подпитки произвести верхнее продувание котла;

- закрыть главный стопорный и вспомогательные стопорные клапаны насыщенного и перегретого пара;

- снизить давление пара в котле путем открытия вручную предохранительного клапана (по необходимости);

- обеспечить равномерное и медленное остывание котла.

Ввод в действие котла, находящегося под давлением, после экстренного вывода его из действия и устранения неисправностей разрешается производить только при наличии указанного в инструкции уровня воды в водоуказателях.

При упуске воды за пределы видимости водоуказателя ввод котла в действие разрешается производить только после его осмотра командиром БЧ-5.

Ввод котла в действие после экстренного вывода его из действия может производиться с использованием пара от другого действующего котла или своего пара. Минимальное давление пара в котле, обеспечивающее ввод его в действие, в последнем случае указывается в инструкции по эксплуатации.

### 4.3.3. Продувание котла насухо

Продувание котла насухо производится с разрешения командира БЧ-5:

- для смены воды в котле;
- при необходимости доступа во внутренние полости коллекторов для осмотра, технического обслуживания и ремонта;
- для осушения внутренних полостей котла перед постановкой его на сухое хранение.

После получения приказа о продувании насухо горячего котла выждать, пока давление в нем не снизится в результате естественного остывания до значения, указанного в инструкции, но не более 1,5 МПа (15 кгс/см<sup>2</sup>), после чего:

- произвести верхнее продувание котла;
- произвести нижнее продувание котла, снизив давление в нем до 0,2 МПа (2 кгс/см<sup>2</sup>);
- при давлении в котле 0,2 МПа (2 кгс/см<sup>2</sup>) продувание котла перевести в трюм и производить до полного падения давления пара, после чего открыть воздушные клапаны на паровом коллекторе, чтобы избежать образования в котле вакуума при охлаждении.

В случае предстоящего осмотра или ремонта вскрыть лазы коллекторов для их вентиляции и просушки.

При заполнении осушенного котла для ограничения температурных напряжений в металле коллекторов использовать воду, температура которой отличается от температуры металла не более чем на 25° С.

После заполнения котла водой ввести его в действие в соответствии с инструкцией по эксплуатации для работы по прямому назначению или для постановки на мокрое хранение

## Контрольные вопросы

1. Перечислите важнейшие мероприятия при приготовлении котла к вводу в действие.
2. Назовите основные мероприятия при подготовке к действию питательной системы.
3. Каковы основные мероприятия при вводе котла в действие?
4. Назовите особенности приготовления и ввода котла в действие при отсутствии пара на корабле.
5. За счет чего достигается сокращение времени при экстренном приготовлении и вводе котла в действие?
6. Перечислите основные параметры работы котла, контролируемые при его работе.
7. Для чего применяется режим самообдува поверхностей нагрева котла и в чем его сущность?
8. Каков порядок вывода из действия автоматизированного котла?
9. В какой последовательности выводятся из действия вспомогательные механизмы и теплообменные аппараты при выводе из действия котла?
10. В каких случаях производится экстренный вывод котла из действия?

## Глава 5. Техническое обслуживание котлоагрегата

### 5.1. Нарушение режима работы котла и характерные неисправности

#### 5.1.1. Нарушение режима питания

Нарушение режима питания котла во время его действия может привести к аварии котла и нарушению нормальной работы всей энергетической установки.

К нарушениям режима питания относятся:

- упуск воды;
- перепитывание котла;
- отклонение температуры питательной воды и температуры воды за экономайзером от установленных значений.

**Упуск воды** представляет собой такое нарушение режима питания, при котором уровень воды ушел за пределы нижней кромки видимой части водоуказателей котла

Упуск воды приводит к расстройству циркуляции воды в котле и, как следствие, к перегреву металла котла (пожог котла). В водотрубных котлах упуск воды может произойти через 0,5—1,0 мин после прекращения питания котла

Пожог котла может быть только в результате халатного отношения личного состава к своим обязанностям по контролю за питанием котла.

Упуск воды может произойти:

- из-за отсутствия постоянного контроля за уровнем воды в котле;
- снижения уровня воды в конденсаторе, деаэраторе, уравнильной цистерне, теплом ящике ниже значения, установленного инструкцией по эксплуатации, снижения ниже допустимого общего запаса добавочной воды на корабле;
- неисправности водоуказателей и дистанционных указателей уровня, аварийно-предупредительной сигнализации;
- неисправности питательного насоса (ПКБТ), трубопроводов и арматуры конденсатно-питательной системы;
- несвоевременного пуска резервного питательного насоса (ПКБТ);
- неисправности регулятора питания котла;
- нарушения требований инструкции по нижнему продуванию котла;
- неправильных и несвоевременных мер при разрыве парообразующих труб или змеевиков экономайзера.

При упуске воды котел следует экстренно вывести из действия, при этом необходимо принять меры для обеспечения медленного и равномерного его охлаждения.

Точным и быстрым выполнением указаний ПЭКУ-87 и инструкций по эксплуатации по экстренному выводу котла из действия можно предотвратить увеличение объема аварии котла от упуска воды.



При экстренном выводе котла из действия в результате упуска воды немедленно прекратить питание котла, так как подача воды на перегретые поверхности котла увеличивает объем повреждений

Котел, выведенный из действия в результате упуска воды, после охлаждения должен быть тщательно осмотрен заместителем командира соединения по ЭМЧ, представителем технического управления флота и командиром БЧ-5. Вводить котел в действие можно только после устранения причин и последствий упуска воды.

**Перепитывание котла** представляет собой такое нарушение режима питания, при котором в действующем котле уровень воды ушел за пределы верхней кромки видимой части водоуказателей. При продувании водоуказателей уровень воды в них появляется, но после продувания быстро уходит вверх за пределы видимой части.

Перепитывание котла приводит к повышению влажности пара, уносу воды с паром, что вызывает повреждения пароперегревателя, паропроводов и турбомеханизмов, подключенных к котлу. Наиболее опасным является перепитывание котла при нагрузках, близких к полной, и при резких изменениях нагрузки котла.

Перепитывание котла может произойти:

- из-за отсутствия постоянного контроля за уровнем воды в котле
- неисправности водоуказателей дистанционных указателей уровня, аварийно-предупредительной сигнализации
- неисправности регулятора питания котла.

При перепитывании котла снизить его нагрузку, доложив предварительно об этом вахтенному (дежурному) инженеру-механику, открыть клапаны продувания паропровода, установить причину перепитывания и устранить ее. При переводе котла на ручное управление питанием (дистанционно или с местного поста) и при уменьшении подачи питательной воды питательный клапан полностью не закрывать, так как это может привести к закипанию воды в экономайзере

**Отклонения температуры питательной воды и температуры воды за экономайзером от установленных значений** могут быть в виде понижения температуры питательной воды и повышения температуры воды за экономайзером. Понижение температуры питательной воды ниже установленного инструкцией по эксплуатации значения может быть при уменьшении давления отработавшего пара, поступающего в водоподогреватель (деаэратор), или при питании котла помимо водоподогревателя (при повреждении последнего).

Понижение температуры питательной воды приводит к повышению расхода топлива при неизменной паропроизводительности котла, уменьшению температуры воды за экономайзером и к повышению температуры перегретого пара. Уменьшение температуры труб экономайзера может вызвать низкотемпературную коррозию их наружных поверхностей

Понижение температуры воды за экономайзером при спецификационном значении температуры питательной воды может произойти в результате:

- глушения змеевиков экономайзера

- загрязнения поверхности нагрева экономайзера

Работа котла при значении температуры воды, поступающей в котел (питательной воды, воды за экономайзером), ниже значения, установленного инструкцией по эксплуатации, допускается при условии, что температура перегретого пара не превышает предельного значения, установленного для данной нагрузки котла.

Для поддержания температуры перегретого пара в допустимых пределах следует по возможности сократить или полностью прекратить отбор насыщенного пара из котла, питаемого водой с пониженной температурой, и усилить контроль за горением, чтобы исключить возможность повышения избытка воздуха.

Повышение температуры воды за экономайзером может быть вызвано:

- догоранием топлива в газоходе перед экономайзером;
- повышением избытка воздуха, подаваемого для сжигания топлива;
- загрязнением парообразующей и пароперегревательной поверхностей нагрева;
- глушением значительной части труб парообразующей и пароперегревательной поверхностей нагрева.

Повышение температуры воды за экономайзером выше установленного для данной нагрузки значения приводит, особенно при работе котла на нижнем рабочем давлении пара, к недопустимому уменьшению недогрева воды за экономайзером до кипения, к закипанию воды в отдельных (наиболее обогреваемых) змеевиках, а при значительных нарушениях условий работы экономайзера — к доведению воды до кипения и выходу из экономайзера кипящей воды.

Закипание воды в отдельных змеевиках экономайзера может быть вызвано значительным увеличением их обогрева в результате повреждений кирпичной кладки или газонаправляющих щитов в районе экономайзера. Закипание может произойти также из-за большой неравномерности подачи питательной воды, имеющей место при резких изменениях нагрузки котла и при ручном управлении питанием. В последних случаях повышение температуры воды за экономайзером может оказаться кратковременным.

Закипание воды в змеевиках экономайзера вызывает резкое сокращение массового расхода среды через них. Кипение воды в отдельных змеевиках экономайзера может в некоторых случаях сохраняться после прекращения действия факторов, вызвавших закипание воды (например, после прекращения изменений нагрузки котла).

Кипение воды в змеевиках экономайзера при малом расходе среды сопровождается расслоением движущейся по ним пароводяной смеси, пульсацией потока и вызывает провисание змеевиков, образование и развитие усталостных трещин.

Для предупреждения закипания воды в змеевиках экономайзера необходимо:

- контролировать процесс горения топлива, обеспечивая полное его сгорание в топке котла при оптимальном для данной нагрузки избытке воздуха;

- чистить котлы и периодически производить самообдуж поверхностей нагрева котла в соответствии с инструкцией по эксплуатации ;
- не допускать эксплуатации котла при количестве заглушенных труб паробразующей, пароперегревательной поверхностей и заглушенных змеевиков экономайзера, превышающем допустимое значение;
- заглушенные змеевики экономайзера оставлять на месте до замены для исключения прорыва горячих газов к газовой турбине и существенного увеличения обогрева близлежащих змеевиков; вышедшие из строя змеевики заменять при первой же возможности;
- не допускать работы котла при нижнем рабочем давлении пара на нагрузках, превышающих предел, установленный инструкцией по эксплуатации; на лимбе маховика нагрузки котла должен быть отмечен предельный угол поворота при работе котла на нижнем рабочем давлении пара;
- на режимах работы МКУ, связанных с частыми и резкими изменениями нагрузки котлов, давление пара в них увеличить до значения, указанного в инструкции по эксплуатации энергетической установки;
- при ручном управлении питанием ограничить нагрузку котла в соответствии с указаниями инструкции по эксплуатации; питательный клапан у работающего котла полностью не закрывать.

### **5.1.2. Перегрев труб поверхностей нагрева и других частей котла**

Перегрев металла труб, образующих поверхность нагрева котла, представляет собой такое нарушение режима его работы, при котором температура металла превышает допустимые пределы (по окалинообразованию, обеспечению необходимых прочностных характеристики т. п.).

Признаками перегрева металла труб котла могут быть:

- разрыв труб с характерным утонением кромок отверстия
- выпучины на трубах, погибы и провисания труб;
- течь в вальцовочных соединениях;
- образование на наружной поверхности труб окалины;
- покраснение труб и других частей действующего котла.

Причинами перегрева котла могут быть:

- упуск воды из котла;
- значительный слой накипи на внутренней поверхности нагрева;
- загрязнение внутренней поверхности котла нефтепродуктами;
- нарушение циркуляции воды в котле;
- недостаточный расход пара через пароперегреватель;
- неплотность в перегородках пароперегревателя;
- разрушение изоляции или футеровки котла;
- чрезмерная нагрузка котла;
- нарушение топочных процессов и догорание топлива в газоходах;
- значительные и неравномерно распределенные по поверхности нагрева наружные загрязнения;

- большое количество заглушенных в котле труб, превышающее предельное значение, указанное в инструкции по эксплуатации

При наличии признаков перегрева металла труб поверхности нагрева котла, а также при нарушениях в его работе, могущих вызвать перегрев металла, необходимо произвести внеочередное частичное освидетельствование котла, в процессе которого выполнить контрольное гидравлическое испытание котла на рабочее давление, тщательный осмотр наружной поверхности котла, а при необходимости — вырезку образцов труб с участков поверхности нагрева с возможным перегревом металла, осмотр внутренних поверхностей вырезанных труб и металлографический анализ образцов.

Нарушение циркуляции может быть следствием:

- загромождения сечения труб посторонними предметами;
- неправильной сборки внутрикollectорных устройств котла (водоразделительных щитов, питательных труб и т. д.);
- неправильной установки, прогорания или смещения газонаправляющих щитов;
- превышения допустимой скорости изменения давления пара в котле;
- некачественного горения в топке, при котором топливо догорает в газоходах;
- повышения неравномерности обогрева труб поверхностей нагрева котла из-за сосредоточения большого числа заглушенных труб в отдельных участках трубных пучков, неравномерных загрязнений поверхностей, различия в производительности форсунок и т. п.

При перегреве труб и других частей котла необходимо экстренно вывести котел из действия в соответствии с инструкцией по эксплуатации и дать ему медленно остыть.

Для предупреждения возможности перегрева котла необходимо:

- поддерживать рабочий уровень воды в котле;
- осуществлять систематический контроль за качеством питательной и котловой воды, особое внимание должно быть уделено предупреждению попадания топлива или масла в котел;
- производить своевременно внутренние и наружные чистки котла;
- периодически проверять состояние изоляции, газонаправляющих щитов и футеровки котла;
- контролировать и поддерживать высокое качество процессов горения в топке, не допускать догорания топлива в газоходах;
- не превышать допустимого расхода топлива;
- проверять правильность установки и надежность крепления внутрикollectорных устройств;
- при количестве заглушенных труб в котле, превышающем предельное значение, проводить освидетельствование котла в соответствии с инструкцией по эксплуатации; до выполнения мероприятий, изложенных в акте освидетельствования, эксплуатация котла **запрещается**.

**Унос котловой воды с паром** представляет собой такое нарушение режима его работы, при котором количество влаги, поступающей с паром в паровой тракт из парового коллектора котла, превышает установленное значение (более 1 %).

Признаками уноса котловой воды с паром являются

- снижение температуры перегретого пара ниже минимально допустимого значения для данной нагрузки котла;
- шум и удары в паропроводе;
- течь в соединениях арматуры котла и паропроводов;
- течь в вальцовочных соединениях пароперегревателя

Причинами уноса котловой воды с паром являются

- высокий уровень воды в котле, особенно на нагрузках, близких к полной, или при переменных нагрузках;
- резкое увеличение отбора пара из котла (при быстром открытии стопорного клапана котла, маневрового и сопловых клапанов турбины и т. п.), сопровождаемое быстрым падением давления пара в котле;
- засоление котловой воды, при котором содержание ионов хлора (соленость) превышает предельное значение;
- образование на поверхности воды в паровом коллекторе пены;
- неисправность сепарирующих устройств котла.

При уровне воды в паровом коллекторе, поддерживаемом в соответствии с указаниями инструкции по эксплуатации, высота парового пространства коллектора обеспечивает осаждение основного количества капель влаги, выносимых потоком пара, выходящим через так называемое зеркало испарения. В указанном случае поток пара уносит лишь мельчайшие капли и влажность отбираемого из коллектора пара не превосходит установленного предела.

Если уровень в коллекторе выше, чем это предусмотрено, то высота парового пространства оказывается недостаточной для осаждения капель и значительная часть их уносится потоком пара, в результате чего влажность пара превышает установленный предел.

При большой нагрузке котла скорость пара, а следовательно, и его несущая способность значительно выше, чем на малой нагрузке. Поэтому при большой нагрузке котла поддержание высокого уровня воды в паровом коллекторе приводит к значительному повышению влажности пара.

Резкое увеличение отбора пара из котла, сопровождаемое падением давления пара в котле, вызывает образование дополнительного количества пара в воде, находящейся под зеркалом испарения. В результате уровень воды повышается и возрастают скорости пара в паровом пространстве. Это приводит к увеличению количества капель, уносимых паром, отбираемого из коллектора.

В случае если падение давления происходит с большой скоростью, уровень воды в паровом коллекторе может достичь пароотборного устройства, что приведет к броску воды в паровой тракт.

При превышении предельного содержания ионов хлора (солености) в котловой воде образующиеся на поверхности нагрева мелкие пузыри пара из-за упрочнения их оболочек не сливаются в более крупные. Скорость подъема пузырей пара замедляется, увеличивается объем пара, находящегося под зеркалом испарения, повышается уровень воды в паровом коллекторе.

Повышение уровня, а также увеличение доли мелких капель, образующихся при разрыве оболочек пузырей и уносимых потоком пара, приводит к значительному увеличению влажности отбираемого пара. Если уровень воды в коллекторе достигнет паротборного устройства, произойдет бросок влаги в паровой тракт.

Вспенивание котловой воды происходит в результате ее загрязнения нефтепродуктами и другими поверхностно-активными веществами. При вспенивании воды увеличивается доля мелких капель, выносимых в паровое пространство потоком пара, что приводит к повышению влажности пара. Значительное повышение влажности пара, а в некоторых случаях (при больших нагрузках) и броски влаги происходят в том случае, если уровень пены достигнет паротборного устройства коллектора.

К неисправностям сепарирующих устройств, вызывающим повышение влажности отбираемого из парового коллектора пара, относятся:

- неправильная сборка паросборных труб, дырчатых щитов, расположенных как под уровнем, так и потолочных;
- неплотность выгородки в паровом коллекторе высоконапорного котла, отделяющей трубы первого хода пароперегревателя.

Унос большого количества воды из парового коллектора в паровой тракт вызывает повреждения внутренних частей пароперегревателя нарушения плотности вальцовочных соединений пароперегревателя, нарушение плотности паропроводов, повреждения проточных частей турбин в результате гидравлических ударов и резкого снижения температуры перегретого пара.

Систематическое повышение влажности пара, сопровождаемое увеличенным уносом солей и других загрязняющих веществ в паровой тракт при превышении установленных норм содержания ионов хлора в котловой воде (солености), приводит к образованию значительных отложений в трубах пароперегревателя, паропроводах, проточных частях турбин. Это вызывает перегрев металла труб пароперегревателей, коррозионно-эрозионные повреждения паропроводов, арматуры, сопел, рабочих и направляющих лопаток турбин и т. д.

В конечном счете снижаются надежность и экономичность МКУ.

При уносе котловой воды с паром следует снизить нагрузку и, если этого недостаточно, прикрыть стопорные клапаны, доложив об этом вахтенному (дежурному) инженеру-механику, установить причину уноса и устранить ее. Если принятые меры не привели к прекращению уноса котловой воды с паром, котел немедленно вывести из действия.

Для предупреждения уноса котловой воды с паром, а также для поддержания нормальной влажности насыщенного пара, отбираемого из парового коллектора, следует:

- не перепитывать котел; в случае перепитывания выполнять указания инструкции по эксплуатации;

- не допускать резкого снижения давления пара в котле; изменение нагрузки котла производить в течение времени, допускаемого инструкцией по эксплуатации;

- поддерживать качество котловой воды в пределах установленных рабочих норм в соответствии с инструкцией по эксплуатации; при засолении котловой воды и при загрязнении ее нефтепродуктами выполнять указания инструкции по эксплуатации;

- поддерживать в исправности сепарирующие устройства котла, производя проверки и осмотры внутриколлекторных устройств в соответствии с инструкцией по эксплуатации в сроки, предусмотренные инструкцией по планово-предупредительным осмотрам технических средств.

При сообщении котла на паровые магистрали уровень воды в нем не должен быть выше среднего, а пароперегреватель насухо продут. Открывать стопорный клапан следует осторожно, не допуская резкого увеличения отбора пара из котла.

В штормовую погоду необходимо вести особенно тщательное наблюдение за положением уровня в паровом коллекторе.

В случае если унос котловой воды с паром имел место, после установления причин уноса и устранения их усилить контроль за температурой перегретого пара, состоянием арматуры и фланцевых соединений паропроводов. После вывода котла из действия при первой же возможности вскрыть паровой коллектор и коллекторы пароперегревателя, произвести осмотр сепарирующих устройств, выгородки труб первого хода пароперегревателя (в паровом коллекторе высоконапорного котла), внутренних частей коллекторов пароперегревателей, внутренних поверхностей этих коллекторов, а также просматриваемых участков труб пароперегревателей, арматуры и фланцевых соединений котла и паропроводов и определить меры по устранению последствий уноса воды.

### **5.1.3. Характерные неисправности котлов**

В табл. 1 приведены характерные неисправности котлов и действия личного состава по их устранению. При руководстве личным составом по устранению неисправностей командир БЧ-5, вахтенный (дежурный) инженер-механик должны учитывать сложившуюся на корабле обстановку.

В процессе эксплуатации котлов могут быть и другие неисправности, которые устраняются в соответствии с обстановкой и с учетом инструкций по эксплуатации.

При обнаружении неисправностей одновременно с принятием мер по их устранению докладывают о случившемся вахтенному (дежурному) инженеру-механику. Обо всех неисправностях и повреждениях котельной установки делаются записи в суточном и вахтенном журнале котельной установки и форму-

лярах котлов и механизмов. Личный состав под руководством командира БЧ-5 изучает причины, вызвавшие повреждения.

Для расследования аварий и решения вопроса о восстановлении работоспособности котельной установки назначается комиссия. Работу комиссия заканчивает составлением акта.

При назначении комиссии и ее работе необходимо руководствоваться действующим в ВМФ Положением по расследованию аварий технических средств

Таблица 1

### Характерные неисправности котлов и способы их устранения

Характер неисправности	Возможные причины, внешние признаки	Действия личного состава
<b>1. Пар</b> 1.1. Давление в котле резко снижается	Лопнула труба в котле (давление снижается быстро, одновременно уходит уровень воды из водоуказателей, возможен хлопок в топке и выброс газов в МКО). Появление пара из дымовой трубы. Для высоконапорных котлов также повышение давления в топке, увеличение частоты вращения ротора ТНА, срабатывание защиты Неисправность предохранительных клапанов	Экстренно вывести котел из действия. Принять меры для обеспечения медленного и равномерного охлаждения котла. Обнаружить и заглушить лопнувшую трубу  Экстренно вывести котел из действия. Устранить неисправность клапана
1.2. Давление в котле растет	Неисправность регулятора давления пара	Перейти на полуавтоматическое управление горением. Установить и устранить неисправность регулятора
1.3. Температура перегретого пара ниже нормальной	Высокая влажность пара вследствие высокого уровня воды в котле Высокая влажность пара вследствие засоления котловой воды Загрязнение наружной или внутренней поверхности нагрева пароперегревателя  Нарушение плотности внутренних частей коллекторов пароперегревателя, перегрев труб пароперегревателя	Снизить уровень воды в котле до нормального  Снизить нагрузку котла и принять меры к восстановлению водного режима котла После прекращения действия котла осмотреть пароперегреватель и при необходимости произвести его чистку При резком и стабильном снижении температуры перегретого пара прекратить действие котла, пароперегреватель осмотреть, обратив внимание на состояние внутренних частей и труб пароперегревателя



Характер неисправности	Возможные причины, внешние признаки	Действия личного состава
	Неплотность паровой выгородки труб пароперегревателя в паровом коллекторе высоконапорного котла	После вывода котла из действия проверить плотность выгородки и устранить неплотности. При резком и стабильном снижении температуры перегретого пара котел вывести из действия
1.4. Температура перегретого пара выше нормальной	<p>Большие избытки воздуха</p> <p>Большой отбор насыщенного пара</p> <p>Загрязнения парообразующей и экономайзерной поверхностей нагрева котла</p> <p>Открыт или пропускает клапан верхнего или нижнего продувания</p> <p>Неудовлетворительная работа топочных устройств (плохой распыл у форсунок, нарушена центровка топочных устройств, догорание топлива в газоходах)</p> <p>Снизилась температура питательной воды</p>	<p>Проверить соответствие параметров газовоздушного тракта нагрузке котла. При необходимости уменьшить подачу воздуха. Проверить закрытие регистров ВНУ неработающих форсунок</p> <p>Установить потребители насыщенного пара и по указанию вахтенного (дежурного) инженера-механика перераспределить их между действующими котлами</p> <p>После прекращения действия котла осмотреть котел и при необходимости произвести его чистку</p> <p>Проверить закрытие клапанов и обжать их</p> <p>Форсунки проверить, засорившиеся продуть паром или заменить, неисправности топочных устройств устранить</p> <p>Поднять температуру питательной воды до нормальной</p>
<b>2. Вода</b> 2.1. Упуск воды из котла.	Отсутствие уровня воды в водоуказателях, при их продувании вода в них не появляется.	Экстренно вывести котел из действия. Принять меры для обеспечения медленного равномерного охлаждения котла
2.2. Уровень воды в водоуказателях снижается	<p>Лопнула труба котла или змеевик экономайзера возможен хлопок в топке с резким падением давления в котле</p> <p>Неисправность регулятора питания</p> <p>Неустойчивая работа (неисправность) ПКБТ (питательного насоса) или его системы регулирования (блокировки)</p>	<p>Экстренно вывести котел из действия</p> <p>Перейти на ручное управление питанием. Устранить неисправность регулятора питания</p> <p>Усилить наблюдение за уровнем. Запустить резервный ПКБТ (питательный насос)</p>

Характер неисправности	Возможные причины, внешние признаки	Действия личного состава
2.3. Уровень воды в водоуказателях сильно колеблется	Засоление котловой воды  Неисправность регулятора питания	Снизить нагрузку котла и принять меры к восстановлению водного режима котла Перейти на ручное ( дистанционное или с местного поста) управление питанием. Устранить неисправность регулятора питания
2.4. Перепитывание котла	Неисправность регулятора питания. Отсутствует уровень воды в водоуказателях, при их продувании уровень появляется, но быстро уходит вверх за пределы видимости водоуказателя	Перейти на ручное управление питанием. Снизить нагрузку, прикрыть стопорные клапаны, открыть продувание паропровода, уменьшить питание котла (полностью питательный клапан не закрывать)
2.5. Температура воды за экономайзером выше нормального значения	Догорание топлива в газоходе перед экономайзером  Загрязнение парообразующей и паро-перегревательной поверхностей нагрева котла Большие избытки воздуха	Снизить нагрузку, проверить топочные устройства, неисправности устранить После прекращения действия котла произвести наружную и внутреннюю чистку котла Проверить соответствие параметров газовоздушного тракта нагрузке котла. При необходимости уменьшить подачу воздуха. Проверить закрытие регистров ВНУ неработающих форсунок
2.6. Температура воды за экономайзером ниже нормального значения	Загрязнение поверхностей нагрева экономайзера (внутренней и наружной)  Температура питательной воды ниже требуемой	После прекращения действия котла произвести наружную и при необходимости внутреннюю чистку поверхностей нагрева экономайзера Довести температуру питательной воды до требуемой
2.7. Давление воды перед экономайзером превосходит нормальное значение	Разобшительный невозвратно-запорный клапан между экономайзером и котлом не полностью открыт	Проверить открытие клапана
2.8. Давление воды за экономайзером снизилось	Лопнул змеевик экономайзера, уровень воды в котле снижается	Экстренно вывести котел из действия, поврежденную секцию заглушить, при первой возможности заменить
2.9. Большие утечки питательной воды, снижение содержания котловой воды	Свищи в трубах, неплотности в вальцовочных соединениях	Котел вывести из действия. Произвести контрольное гидравлическое испытание котла на рабочее давление. Неплотности устранить

Характер неисправности	Возможные причины, внешние признаки	Действия личного состава
	Неплотность клапанов продувания (трубы продувания за клапанами горячие)	Обжать клапаны продувания
2.10. Унос котловой воды с паром	Высокий уровень воды в водоуказателях, гидравлические удары в паропроводах, снижение температуры перегретого пара	Снизить нагрузку котла, прикрыть главные стопорные клапаны, открыть продувание паропровода. Установить причину уноса и устранить ее. Если принятые меры не привели к прекращению уноса котловой воды с паром, котел немедленно вывести из действия
2.11. Загрязнение котловой воды нефтепродуктами	Беловато-мутный вид и характерный запах пробы котловой воды. Слой масла или топлива в стеклах водоуказателей (не всегда), резкие колебания уровня воды в водоуказателях	Экстренно вывести котел из действия. Принять меры по устранению последствий загрязнения котловой воды нефтепродуктами, выпариванию котла и щелочной промывке экономайзера
<b>3. Топливо и продукты горения</b> 3.1. Черный дым	Недостаток воздуха  Неудовлетворительная работа топочных устройств (некачественный распыл топлива, расцентровка форсунок в топочных устройствах, коксование и диффузоров форсунок, неполное открытие регистров ВНУ, потеки топлива у неработающих форсунок) Низкая температура подогрева топлива Низкое давление топлива Неисправность системы автоматического регулирования	Поднять давление воздуха, перед топкой проверить плотность обшивки и закрыть регистры ВНУ недействующих форсунок Форсунки продуть паром или заменить, устранить заедание регистров потеки форсунок после прекращения действия котла, проверить и отцентровать форсунки в топочных устройствах  Поднять температуру топлива  Поднять давление топлива Устранить неисправность системы автоматического регулирования
3.2. Белый дым	Большой избыток воздуха, не закрыты полностью регистры ВНУ неработающих форсунок, имеются неплотности на обшивке котла  Неисправность системы автоматического регулирования горения	Уменьшить количество воздуха подаваемого для горения, проверить закрытие регистров ВНУ неработающих форсунок по прекращении действия котла, устранить неплотности обшивки котла  Устранить неисправность системы автоматического регулирования горения

Характер неисправности	Возможные причины, внешние признаки	Действия личного состава
3.3. Прерывистое горение	Попадание воды в топливо, шипение и затухание факела, перемены в подаче топлива	При обнаружении воды в топливе переключить прием насоса на другую цистерну; при залипании топки водой или прекращении подачи топлива котел вывести из действия
3.4. Взрыв газов в топке при разводке котла	Выброс топочных газов через воздухонаправляющие устройства, разрывы обшивки газопроводов котла, повреждения футеровки при включении форсунки без достаточной вентиляции топки; зажигание форсунки от раскаленной футеровки, наличие топлива на футеровке топки или в межобшивочном пространстве	Осмотреть котел (кожух, футеровку), принять меры, чтобы газы не распространялись в котельном отделении. Если котел и топка не повреждены, проветрить топку в течение 5 мин, затем снова включить форсунку
3.5. Вибрация (тряска) котла	Недостаточно давление воздуха, пульсирующее горение в топке  Попадание воды в топливо  Неисправен регулятор давления топлива	При значительной вибрации снизить нагрузку котла. Проверить открытие регистров ВНУ и работу ГНА (вентилятора) Перейти на прием топлива из другой цистерны Устранить неисправности регулятора давления топлива

## 5.2. Обслуживание бездействующей котельной установки

При обслуживании бездействующей котельной установки личный состав обязан:

- поддерживать установленную готовность, т.е. содержать котельную установку в таком состоянии, чтобы по получении приказа ее можно было ввести в действие в установленное время;
- поддерживать все элементы котельной установки в исправном состоянии, обеспечивающем их надежную работу;
- предохранять внутренние и наружные поверхности котлов от коррозии;
- предохранять котлы и элементы котельной установки от размораживания.

Поддержание котла в готовности достигается своевременным устранением неисправностей и дефектов, обнаруженных как во время действия котла, так и при планово-предупредительных осмотрах, своевременной наружной и внутренней чисткой и хранением бездействующего котла в соответствии с требованиями инструкции по техническому обслуживанию.

Коррозионные процессы протекают как в период работы котла, так и при его бездействии. Коррозионные поражения, а также продукты коррозии (окислы железа), образовавшиеся в котле в период бездействия, ускоряют коррозионные процессы в котле во время действия.

Для предохранения котла от коррозии в период его бездействия необходимо:

- строго соблюдать режим хранения котла;
- устранять неплотности в арматуре котла и соединениях трубопроводов;
- не допускать скопления сажи в котле, особенно у корней трубок;
- не допускать проникновения влаги к наружным поверхностям котла;
- следить за влажностью воздуха в машинно-котельном отделении, не допускать резких изменений температуры воздуха;
- держать сухим и чистым трюм машинно-котельного отделения.

Для предотвращения размораживания котла и попадания на наружные поверхности атмосферной влаги дымовая труба, сопла газоохладителей, приемные шахты компрессоров (вентиляторов), регистры ВНУ, воздушная регулирующая заслонка и заслонка защиты ТНА должны быть закрыты.

При пониженной температуре наружного воздуха поддерживать температуру в МКО и в газоходе над экономайзером (за последним трубным пучком) в соответствии с инструкциями по эксплуатации котла и МКУ, но не ниже 10°C в МКО и 5°C — в газоходе. Периодичность замеров температуры устанавливается командиром БЧ-5 в зависимости от обстановки, но не реже одного раза в 2 ч.

Результаты замеров температуры записывать в суточный и вахтенный журнал котельной установки и докладывать дежурному по БЧ-5.

### **5.2.1. Хранение бездействующих котлов на корабле, находящемся в кампании**

Основным способом хранения бездействующих котлов при нахождении корабля в кампании является мокрое хранение. Запрещается содержать бездействующий котел заполненным водой до рабочего уровня без наличия в котле избыточного давления пара, а также полностью заполненным водой без подключения к системе мокрого хранения

При мокром хранении внутренние поверхности котла, полностью заполненного водой (включая пароперегреватель и экономайзер), защищаются от коррозии предотвращением поступления в котел кислорода.

У котлов, системы мокрого хранения которых имеют баки мокрого хранения, обескислороживающие и обессоливающие фильтры, это достигается

- созданием в котле избыточного давления за счет подпора воды из бака;
- подачей в котел обескислороженной воды как при заполнении его при постановке на хранение (в то время, когда в котле есть избыточное давление пара и, следовательно, котловая вода не содержит растворенного кислорода), так и в период хранения (для подпитки котла по мере его остывания и восполнения утечек воды через неплотности).

При отсутствии в системе мокрого хранения котла обескислороживающего фильтра заполнение котла при постановке на мокрое хранение производится водой из деаэратора, а при отсутствии его — из теплого ящика (уравнительной цистерны). Вода, поступающая в котел в период хранения из бака

мокрого хранения, содержит значительное количество растворенного кислорода, в связи с чем содержание растворенного кислорода в котловой воде постепенно возрастает поэтому время мокрого хранения котла при отсутствии в системе хранения обескислороживающего фильтра ограничено 30 сутками.

Так как петлевые пароперегреватели не могут быть заполнены водой, то на период хранения котла они разобщаются от парового коллектора клапаном и хранятся в сухом состоянии в соответствии с указаниями инструкции.

Для котлов, системы мокрого хранения которых имеют баки мокрого хранения, обескислороживающие и обессоливающие фильтры, при мокром хранении должны выполняться следующие мероприятия

1. При подготовке котла к постановке на мокрое хранение необходимо

- проверить исправность системы мокрого хранения;
- проверить содержание растворенного кислорода и содержание иона хлора в воде за фильтрами; при содержании растворенного кислорода более 0,05 мг/л заменить шихту обескислороживающего фильтра, а при содержании ионов хлора более 0,05 мг/л — обессоливающего фильтра (использовать фильтры, шихта которых утратила работоспособность, **запрещается**);

- если перед постановкой на мокрое хранение котел был осушен, то подготовить его к вводу в действие, ввести в действие, подняв рабочее давление пара (нижнее рабочее давление) на время не менее 10 мин (для удаления кислорода), после чего вывести котел из действия;

- после снижения давления пара в котле в результате естественного остывания до 0,5 МПа (5 кгс/см<sup>2</sup>) подключить к котлу манометр низкого давления и следить за дальнейшим снижением давления пара .

2. При постановке котла на мокрое хранение необходимо

- после снижения давления пара в котле до 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>) начать заполнение котла (включая пароперегреватель и экономайзер) через фильтры обескислороженной водой, открыв при этом воздушные клапаны на паровом коллекторе и верхнем коллекторе пароперегревателя; при заполнении котла водой через фильтры температура воды перед ними должна быть ниже 80° С (увеличение температуры сверх 80° С приводит к преждевременному выходу из строя шихты);

- после появления воды из воздушных клапанов закрыть их, прекратить заполнение котла водой и подключить к котлу бак мокрого хранения, заполненный водой до верхнего уровня;

- после подключения бака мокрого хранения убедиться в наличии подпора воды в системе мокрого хранения по показаниям манометра низкого давления и проверить полноту заполнения котла и фильтров водой, поочередно открывая воздушные клапаны.

3. При контроле мокрого хранения котла необходимо:

- в течение первых суток после постановки котла на мокрое хранение через каждые 4 ч проверять уровень воды в баке мокрого хранения (учитывая, что при остывании котла объем воды в баке резко уменьшается), подпитывать бак

до верхнего уровня, проверять наличие подпора воды в системе мокрого хранения и полноту заполнения бака и фильтров водой;

- в течение последующего времени хранения котла ежедневно проверять уровень воды в баке мокрого хранения, наличие подпора воды в системе мокрого хранения, полноту заполнения котла и фильтров водой, контролировать содержание растворенного кислорода и содержание ионов хлора в воде за фильтрами (каждый из показателей должен быть не более 0,05 мг/л) и содержание растворенного кислорода в котловой воде (должно быть не более 0,05 мг/л); при каждой проверке производить подпитку бака мокрого хранения до верхнего уровня;

- не допускать снижения уровня воды в баке мокрого хранения ниже 1/3 высоты водомерного стекла;

- в случае если утечки воды из бака при мокром хранении превышают значения, указанные в инструкции по эксплуатации, проверить плотность арматуры и фланцевых соединений, неплотности устранить.

4. При упуске воды из бака мокрого хранения необходимо проверить заполнение обескислороживающего и обессоливающего фильтров путем открытия воздушных клапанов на них; выход воды из клапанов свидетельствует о том, что воздух не попал в фильтры; в этом случае надлежит немедленно заполнить бак мокрого хранения водой, проверить наличие подпора воды в системе мокрого хранения, полноту заполнения котла, содержание растворенного кислорода и ионов хлора в воде за фильтрами.

При упуске воды из фильтров необходимо немедленно заполнить их водой и проверить содержание растворенного кислорода и ионов хлора в воде за фильтрами; если оно превысит 0,05 мг/л, заменить шихту соответствующего фильтра.

5. Если при проверке режима мокрого хранения хотя бы из одного воздушного клапана котла (у высоконапорных котлов установлены на паровом коллекторе, верхнем коллекторе пароперегревателя, экономайзере) появится воздух, а также если содержание растворенного кислорода в котловой воде или за фильтром превысит 0,05 мг/л, необходимо котел заново поставить на мокрое хранение с предварительным подъемом рабочего давления пара (нижнего рабочего давления) в котле на время не менее 10 мин. При содержании растворенного кислорода в воде за фильтром более 0,05 мг/л перед постановкой котла на мокрое хранение шихту фильтра заменить.

6. Замена шихты в обескислороживающих и обессоливающих фильтрах системы мокрого хранения производится в соответствии с указаниями инструкции по эксплуатации фильтров и Руководства по водоподготовке на кораблях ВМФ с водотрубными и огнетрубными котлами.

На получаемую со склада шихту представляется паспорт. Шихта должна соответствовать требованиям, установленным для нее нормативными документами. Транспортировка и хранение шихты производятся в специальных герметичных бидонах под слоем воды при температуре более 0°C.

7. Перед каждым дальним походом базовая лаборатория определяет остаточный ресурс шихты обескислороживающих и обессоливающих фильтров для оценки достаточности его на период похода.

8. В суточном и вахтенном журнале котельной установки, а также в журнале вахтенного (дежурного) специалиста по водоподготовке фиксируются следующие данные по режиму мокрого хранения:

- дата и время постановки котла на мокрое хранение;
- дата и время проверок полноты заполнения котла и фильтра водой, содержания растворенного кислорода и ионов хлора в воде за фильтром и растворенного кислорода в котловой воде и их результаты;
- дата и время снятия котла с мокрого хранения;
- дата каждой замены шихты обескислороживающего и обеспечивающего фильтров и марки загруженных сорбентов

Для котлов, системы мокрого хранения которых не имеют обескислороживающих фильтров, при мокром хранении должны выполняться следующие мероприятия

1. Если перед постановкой на мокрое хранение котел был осушен, подготовить его к вводу в действие, ввести в действие, подняв рабочее давление пара (нижнее рабочее давление) на время не менее 10 мин (для удаления кислорода), после чего вывести котел из действия. Подогрев воды в котле при постановке на мокрое хранение путем подвода пара от другого работающего котла **запрещается**

2. После снижения давления пара в котле в результате естественного остывания до 0,5 МПа (5 кгс/см<sup>2</sup>) проверить исправность системы мокрого хранения и следить за дальнейшим снижением давления пара.

3. После снижения давления пара в котле до 0,1 — 0,05 МПа (1,0 — 0,5 кгс/см<sup>2</sup>) начать заполнение котла (включая пароперегреватель и экономайзер) водой и открыть воздушные клапаны. (Петлевые пароперегреватели при постановке котлов на мокрое хранение водой не заполняются.) В МКУ, имеющих деаэраторы, для заполнения котла водой использовать воду, обескислороженную в деаэраторе путем подогрева паром, подводимым через барботажное устройство. После появления воды из воздушных клапанов закрыть их, прекратить заполнение котла водой и подключить к котлу бак мокрого хранения, заполненный водой до верхнего уровня. После подключения бака мокрого хранения проверить полноту заполнения котла, поочередно открывая воздушные клапаны.

4. В течение первых суток после постановки котла на мокрое хранение через каждые 4 ч проверять уровень воды в баке мокрого хранения, учитывая, что при остывании котла уровень воды в баке резко уменьшается, подпитывать бак до верхнего уровня, проверять полноту заполнения котла водой.

5. В течение последующего времени хранения ежедневно проверять уровень воды в баке мокрого хранения и полноту заполнения котла водой. При каждой проверке производить подпитку бака мокрого хранения до верхнего уровня. Не допускать снижения уровня воды в баке мокрого хранения ниже 1/3



высоты водомерного стекла. В случае если утечки воды из бака превышают значения, указанные в инструкции по эксплуатации, проверить плотность арматуры и фланцевых соединений, неплотности устранить.

В первый еженедельный осмотр после постановки котла на мокрое хранение осмотреть наружные поверхности нагрева, обращая особое внимание на отсутствие влаги в районе корней труб.

6. Если при проверке режима мокрого хранения обнаружен упуск воды из бака мокрого хранения, а также в случае если хотя бы из одного воздушного клапана котла появился воздух, необходимо котел заново поставить на мокрое хранение с предварительным подъемом рабочего давления пара (нижнего рабочего давления) на время не менее 10 мин.

7. В суточном и вахтенном журнале котельной установки должны быть зафиксированы следующие данные по режиму мокрого хранения:

- дата и время постановки котла на мокрое хранение;
- дата и время проверок полноты заполнения котла водой и уровня воды в баке мокрого хранения и их результаты;
- дата и время снятия котла с мокрого хранения.

Котлы, системы мокрого хранения которых не имеют обескислороживающих фильтров, разрешается держать на мокром хранении не более 30 суток. При необходимости продлить данный режим хранения котел ввести в действие, подняв в нем рабочее давление пара (нижнее рабочее давление) не менее чем на 10 мин, после чего заново поставить котел на мокрое хранение.

### **5.2.2. Хранение бездействующих котлов на корабле, находящемся вне кампании**

Основным способом хранения котлов на корабле, находящемся вне кампании, является способ сухого хранения. Содержать бездействующий котел в осушенном состоянии без применения средств консервации запрещается, за исключением случаев кратковременных вскрытий для проведения технического обслуживания и устранения неисправностей на внутренних поверхностях котла.

При подготовке котлов к сухому хранению, постановке на сухое хранение, контроле режима сухого хранения и снятии котлов с режима сухого хранения руководствоваться ПЭКУ, Правилами консервации кораблей ВМФ, Инструкцией по консервации надводных кораблей ВМФ, Руководством по техническому обслуживанию кораблей, находящихся в консервации, и инструкцией по эксплуатации котла.

При сухом хранении внутренние поверхности котла защищаются от коррозии статическим осушением воздуха во внутренней полости котла.

Сущность статического осушения воздуха заключается в снижении и последующем поддержании в герметизированной внутренней полости котла относительной влажности воздуха не более 40% размещением в ней влагопоглотителя – силикагеля.

Подготовка котлов к постановке на сухое хранение предусматривает следующие мероприятия:

- проведение полной чистки котлов;
- осушение внутренних поверхностей котла (включая пароперегреватель и экономайзер) с проверкой полноты осушения визуально (по отсутствию на поверхностях следов влаги) и с помощью приборов;
- осмотр котла в объеме годового осмотра в соответствии с инструкцией по периодическому планово-предупредительному осмотру технических средств;
- проверку плотности штатных запорных устройств котла (производится путем создания во внутренней полости котла избыточного давления воздуха около 0,1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>)).

При постановке котла на сухое хранение необходимо:

- проверить состояние изоляции котла; в случае обнаружения участков намокшей или поврежденной изоляции намокшую изоляцию снять, восстановить поврежденные участки; при обнаружении под изоляцией следов коррозии зачистить участки антикоррозионного покрытия до металла и восстановить покрытие эмалью КО-813;
- поверхности с нарушенным лакокрасочным покрытием очистить и покрыть штатными красками;
- наружные неокрашенные поверхности очистить и покрыть консервационным маслом К-17;
- пресс-масленки заполнить смазкой ПВК и продавить;
- опоры и подвижные соединения коллекторов с опорной рамой очистить, протереть дизельным топливом и покрыть смазкой ПВК;
- форсунки снять, разобрать, промыть, очистить от нагара, покрыть консервационным маслом К-17 и установить на место;
- неокрашенные детали арматуры покрыть консервационным маслом К-17;
- котельные трубы снаружи покрыть консервационным маслом К-17 (котельные трубы высоконапорных котлов снаружи могут консервироваться ингибитором НДА в соответствии со специальной инструкцией).

Для статического осушения воздуха во внутренних полостях котлов использовать силикагель гранулированный марки КСМ.

Мероприятия по постановке котла на сухое хранение путем статического осушения воздуха и по проверке данного режима:

1. Подготовить регенерированный силикагель в количестве, определяемом из расчета 4 кг силикагеля на 1 м<sup>3</sup> осушаемого объема. Силикагель расфасовать в мешочки из хлопчатобумажной бязи (по 0,5—1,0 кг силикагеля в одном мешочке).

2. Выделить несколько (по числу коллекторов и камер) контрольных мешочков, взвесив каждый из них. Начальный вес контрольных мешочков записать в суточный и вахтенный журнал котельной установки и в акт консервации. Одновременно приготовить индикатор для контроля влажности воздуха в котле. В качестве индикатора применяется силикагель-индикатор. Синий или

фиолетовый цвет силикагеля-индикатора указывает на допустимую влажность, розовый цвет свидетельствует о недопустимо высокой влажности

3. После подготовки котла к постановке на сухое хранение разместить мешочки с силикагелем равномерно по длине коллекторов и камер, подвесив их к деталям внутриколлекторных устройств или уложив на сухие деревянные рейки. (Укладывать силикагель непосредственно на поверхность коллекторов не следует.) Контрольные мешочки и силикагель-индикатор разместить в каждом коллекторе (камере) вблизи лазов (горловин). После размещения силикагеля внутренние полости котла загерметизировать с помощью штатных разобширительных устройств и лазовых затворов. Работы по консервации котла организовать таким образом, чтобы время от начала расфасовки силикагеля до окончания укладки его в котел и закрытия коллекторов не превышало 2 ч.

4. Для контроля за состоянием сухого хранения внутренних поверхностей котла через 10 суток после постановки котла на хранение вскрыть камеры экономайзеров и коллекторы котла. После вскрытия осмотреть силикагель-индикатор, быстро вынуть контрольные мешочки, а камеры и коллекторы немедленно загерметизировать. Контрольные мешочки взвесить. Если силикагель-индикатор изменил цвет с синего на розовый, а масса силикагеля в контрольных мешочках повысилась более чем на 10%, необходимо проверить качество осушения и герметизации котла, недостатки устранить и провести регенерацию всего силикагеля. Повторную проверку режима хранения произвести через 30 суток. Если масса силикагеля повысилась менее чем на 10%, силикагель-индикатор цвет не изменил, а коррозионные поражения котла отсутствуют, контрольные мешочки разместить на старые места, коллекторы и камеры загерметизировать. Последующий контроль режима сухого хранения производить не реже одного раза в 6 месяцев.

5. Регенерацию силикагеля производить при повышении его массы более чем на 10% от первоначального значения. Наиболее эффективным способом регенерации силикагеля является сушка его в потоке горячего воздуха (динамическая регенерация) в специальных сушильных установках. При отсутствии установок динамической регенерации сушить силикагель в печах (статическая регенерация). Температуру в печи поддерживать в пределах 180—200°С. Силикагель помещать в печь рассыпанным на противни слоем толщиной не более 30 мм, в период сушки периодически перемешивать. Продолжительность сушки 3—4 ч. Конец регенерации определяется по прекращению убыли веса контрольного противня. После регенерации дать силикагелю остыть до температуры 50—60°С, после чего засыпать его в герметичную тару.

Подготовка котла к постановке на сухое хранение, постановка и контроль за хранением производятся под непосредственным руководством командира машинно-котельной группы. Осмотр главных котлов перед постановкой на сухое хранение и после снятия котлов с сухого хранения производится с участием представителя технического управления флота, заместителя командира соединения по ЭМЧ и командира БЧ-5, а при нахождении корабля в ремонте — и с участием представителя ремонтирующего предприятия. Осмотр вспомогательных котлов

производится с участием командира БЧ-5 и представителя ремонтирующего предприятия

Мероприятия, проводимые при сухом хранении котлов, должны оформляться актами и фиксироваться в суточном и вахтенном журнале котельной установки с указанием

- даты постановки котла на сухое хранение;
- мероприятий, выполненных при подготовке котла к постановке на хранение;
- результатов осмотра котла перед постановкой на хранение;
- способа консервации внутренних поверхностей котла;
- дат и результатов контроля режима хранения;
- даты снятия котла с хранения и результатов осмотра котла после хранения.

Даты постановки котла на хранение и снятия с хранения, а также способ консервации внутренних поверхностей должны фиксироваться в формуляре котла. Акты должны храниться как приложение к формуляру.

При техническом обслуживании и ремонтных работах, связанных со вскрытием внутренних полостей котлов, не допускать попадания влаги внутрь коллекторов, камер экономайзеров и труб. Просушку котлов производить протиркой коллекторов и пыжеванием труб ветошью. В МКО поддерживать стабильную температуру, не допускать пропусков пара через фланцы и арматуру паропроводов. При ремонте котла на место снятой арматуры устанавливать металлические заглушки с прокладками. Если в период ремонта корабля работы, требующие вскрытия внутренних полостей котлов, не производятся котлы должны быть консервированы.

### **5.2.3. Чистки котлов, их назначение и виды**

Для обеспечения надежной работы и экономичности котлов необходимо периодически производить их чистку. Применяются следующие виды чистки котлов:

- наружная чистка котла, при которой очищаются наружные поверхности парообразующих труб, труб пароперегревателя, наружные поверхности змеевиков экономайзера, а также газоочистные устройства;
- внутренняя чистка котла, при которой очищаются все внутренние поверхности котла;
- полная чистка, при которой производится как внутренняя, так и наружная чистка; при полной чистке рекомендуется вначале производить внутреннюю чистку.

Необходимость проведения того или иного вида чистки определяется прежде всего наработкой котла и календарным сроком после последней чистки. Если при проведении очередных планово-предупредительных осмотров, предусмотренных ПЭКУ и инструкциями по эксплуатации, при оценке состояния внутренних и наружных поверхностей котла будет установлена необходимость внеочередного проведения того или иного вида чистки, она должна

быть проведена независимо от наработки и календарного срока после последней чистки.

Полная чистка котлов производится вне зависимости от наработки перед полным освидетельствованием, а также перед постановкой котлов на сухое хранение (консервацию).

После постройки корабля и после ремонта в период ревизии после ходовых испытаний производить внутреннюю чистку котлов в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

**Наружная чистка котлов** производится с целью удаления с нагревательных и других поверхностей котла сажи, кокса, золы, продуктов коррозии и окалины.

Необходимо строго соблюдать сроки наружной чистки и чистку производить как можно тщательнее, так как сажа и кокс, осевшие на поверхности нагрева, ухудшают теплопередачу, снижают коэффициент полезного действия котла.

Скопление сажи в газоходах вызывает искрение (иногда появление пламени) из дымовой трубы при больших нагрузках котла и может служить источником возгорания при бездействии котла.

Сажа легко впитывает влагу и вызывает усиленную коррозию деталей котла, особенно в местах наибольшего ее скопления — у нижних корней труб. Усилению коррозии способствуют сернистые соединения в саже.

Очередные наружные чистки котлов при использовании в качестве топлива флотских мазутов Ф5 и Ф12 производить в следующие сроки:

**главных котлов:**

- высоконапорных — через 2000 ч, но не реже 1 раза в 6 месяцев. (Через 1000 ч работы прочищать корни труб конвективных пучков. Целесообразно чистку корней предварять режимом самообдува.);

- с вентиляторным закрытым дутьем — через 400 ч, но не реже 1 раза в месяц;

**вспомогательных котлов:**

- работающих на мазуте — через 500 ч, но не реже 1 раза в месяц;

- работающих на дизельном топливе — через 1000 ч, но не реже 1 раза в 3 месяца.

Качество наружной чистки контролируется командиром машинно-котельной (котельной) группы. Проведение чистки фиксируют в суточном и вахтенном журнале котельной установки и в формуляре котла.

При наружной чистке необходимо штатным инструментом тщательно очистить от сажи все доступные места между трубами, со стороны топки, боковой обшивки и фронтов, обратив особое внимание на очистку корней труб в районе нижних коллекторов. После механической чистки котел обдуть воздухом, пользуясь специальными наконечниками. Для обдувки применять сухой сжатый воздух давлением не более 0,2—0,3 МПа (2—3 кгс/см<sup>2</sup>) или воздух от котельных турбовентиляторов при закрытых воздухонаправляющих устройствах,

открывая поочередно легкоъемные щиты обшивки котла (для котлов с дутьем в топку — щиты только внутренней обшивки).

Допускается обдувку производить паром с последующим вводом котла в действие во избежание коррозии. Запрещается обдувать горячий котел холодным воздухом.

Во время обдувки должны быть в действии котельный вентилятор или вдувная вентиляция, чтобы сажа выносилась в дымовую трубу. Перед началом обдувки принять меры предосторожности для предотвращения загрязнения сажей людей, оружия и технических средств, находящихся на верхней палубе. Рекомендуется обдувку котла, прошедшего наружную чистку, производить на рейде или на ходу корабля, при этом корабль во избежание загрязнения должен находиться в соответствующем положении к ветру. О предстоящей обдувке сажи доложить вахтенному офицеру (дежурному по кораблю).

После окончания наружной чистки поверхностей нагрева очистить межобшивочное пространство от воды, топлива, сажи и другого технологического мусора.

В высоконапорных котлах обдувку наружных поверхностей воздухом от компрессора ТНА при наружной чистке не производить. После чистки тщательно удалить мусор, используя штатные устройства (паровые отсосные эжекторы). При всех работах в газоходах котла следить, чтобы в них не оставались посторонние предметы. По окончании работ под руководством командира дивизиона (командира машинно-котельной группы) осмотреть газоходы, трубную часть котла, экономайзер, газоочистные устройства, межобшивочное пространство, в процессе осмотра оценить качество чистки и убедиться в том, что в газоходах котла нет посторонних предметов; закрыть лазы внутреннего и наружного кожухов. Результаты осмотра и опломбирование лаза в газоход перед газовой турбиной ТНА зафиксировать в суточном и вахтенном журнале котельной установки.

При наружной чистке и обдувке котла для предохранения глаз применять защитные очки, для предохранения легких — респираторы

После очистки и обдувки котла в местах, где в этом есть необходимость, возобновить защитную окраску.

Окраску необходимо производить во избежание коррозии очищенных поверхностей

Наружная чистка котла химическим способом (применяется в котельных установках, оборудованных для этой цели специальными системами) производится согласно инструкции по эксплуатации введением в топку распыленного паром раствора углекислого аммония и углекислого натрия. Оседая на трубах при конденсации пара, моющий раствор разрыхляет отложения, которые затем смываются водой.

Все операции по наружной чистке химическим способом должны производиться без перерыва.

Перед проведением чистки котел должен быть осмотрен командиром дивизиона (командиром машинно-котельной группы) и под его руководством подго-

товлен к немедленному вводу в действие после окончания чистки. При невозможности ввода котла в действие проведение наружной чистки котла химическим способом запрещается.

После окончания отмывки поверхностей нагрева водой, установки на место всех демонтированных перед чисткой деталей, удаления воды и отмытых отложений из межобшивочного пространства и опорной рамы необходимо под руководством командира дивизиона движения (командира машинно-котельной группы) тщательно осмотреть газоходы, трубную часть котла, экономайзер и газоочистные устройства. Результаты осмотра записать в суточный и вахтенный журнал котельной установки.

После выполнения указанных работ немедленно ввести котел в действие для просушки. Просушку производить в течение 2—3 ч при работе котла на минимально возможной нагрузке.

**Внутренняя чистка котла** производится в целях удаления из котла отложений накипи, шлама и маслянистых веществ. Накипь, шлам и маслянистые вещества на внутренней поверхности нагрева котла повышают температуру стенок труб, ухудшают коэффициент полезного действия котла и могут вызвать перегрев, провисание и разрыв труб, т. е. аварию котла. Особенно опасны на поверхности нагрева маслянистые вещества.

Внутренняя чистка котла в зависимости от характера отложений производится следующими способами:

- щелочением
- щелочением и механической чисткой;
- химической чисткой.

При загрязнении поверхностей котла маслом или топливом также производятся щелочная промывка змеевиков поверхностей нагрева и выпаривание котла.

Очередные щелочения и чистки внутренних поверхностей котлов при соблюдении в процессе эксплуатации норм качества питательной и котловой воды и режима продувания котлов следует производить в сроки, указанные в табл. 2, независимо от состояния поверхности нагрева. Сроки очередных внутренних чисток котлов с докотловой обработкой водой устанавливаются инструкцией по эксплуатации.

Таблица 2

**Сроки проведения очередных внутренних чисток котлов**

Вид чистки	Главные котлы	Вспомогательные котлы
Щелочение и внутренняя механическая чистка труб экрана и первых трех (двух) рядов конвективного пучка	Через 2000 ч, но не реже 1 раза в год	Через 1000 ч, но не реже 1 раза в 6 месяцев
Щелочение и внутренняя механическая или химическая чистка котла	Через 4000 ч, но не реже 1 раза в 2 года	Через 4000 ч, но не реже 1 раза в год

Внеочередные щелочения и чистки внутренних поверхностей нагрева котлов производить в случаях, предусмотренных выше, а также после вынужденной работы котла с отступлением от рабочих норм качества питательной и котловой воды и режима продувания. В указанных случаях после возвращения в базу комиссия с участием представителя технического управления флота, заместителя командира соединения по ЭМЧ и командира БЧ-5 производит осмотр котла и дает заключение о способе чистки котла.

Перед проведением щелочения, механической или химической чистки внутренних поверхностей котла, а также после окончания чистки командир БЧ-5 производит осмотр внутренних полостей котла. Результаты осмотра, а также проведение щелочения и чистки фиксируются в суточном и вахтенном журнале котельной установки и в формуляре котла.

При каждом вскрытии коллекторов котла удаляют скопившийся в нижних коллекторах шлак.

**Щелочение котла** производится в целях разрыхления накипи и облегчения механической чистки. В качестве разрыхлителей применяют тринатрийфосфат или углекислый натрий и при необходимости (для удаления маслянистых веществ) добавляют керосин.

Лучшим способом разрыхления накипи является щелочение котла паром, подаваемым от другого котла или с берега. При невозможности осуществить этот способ щелочение можно производить путем обогрева котла своей форсункой (этот способ щелочения должен применяться как исключение).

При щелочении котла паром от другого котла или с берега необходимо:

- заполнить экономайзер водой и закрыть разобщительный клапан между котлом и экономайзером; открыть воздушный клапан на выходной камере экономайзера;

- удалить воду из котла;

- вскрыть лазы и дать котлу остыть;

- по остывании котел тщательно провентилировать и осмотреть;

- заложить в нижние коллекторы котла растворенный в горячей воде тринатрийфосфат из расчета 0,3—0,5% массы воды в котле или углекислый натрий из расчета 1—2% массы воды в котле;

- добавить к основным разрыхлителям керосин из расчета 0,1—0,5% массы воды в котле; применять смесь керосина с бензином запрещается;

- количество разрыхлителей брать ближе к нижнему или верхнему пределу в зависимости от количества накипи и маслянистых веществ в котле;

- лазовые затворы и клапаны на котле плотно закрыть;

- подвести насыщенный пар через клапаны нижнего продувания к нижним коллекторам и приступить к щелочению.

Перед пуском пара в котел утеплить его (закрывать дымовую трубу, сопла газоохладителя, ВНУ), так как при охлаждении котла потоками холодного воздуха греющий пар, особенно в начале щелочения, быстро конденсируется, что ухудшает процесс щелочения котла.



Подачу пара в котел в период щелочения отрегулировать так, чтобы котел наполнился конденсатом до верхней отметки водоуказателя в течение 20—24 ч. Давление пара в конце процесса заполнения котла конденсатом держать в пределах 0,5—1,0 МПа (5—10 кгс/см<sup>2</sup>).

После заполнения котла и пароперегревателя (при двухколлекторных пароперегревателях) до верхней метки водоуказателей подачу греющего пара прекратить, произвести три-четыре периодические продувки верхним продуванием с подпитыванием котла греющим паром; при давлении 0,5—1,0 МПа (5—10 кгс/см<sup>2</sup>) продуть котел и пароперегреватель насухо. После продувания котла насухо открыть лазы, провентилировать котел и произвести его механическую чистку котла. Перед открытием лазов, открыв воздушные клапаны, убедиться в том, что в котле нет давления пара.

Если котел имеет очень большую накипь, рекомендуется процесс щелочения повторить.

В период щелочения нельзя пользоваться предохранительными клапанами, так как это может привести к нарушению их плотности.

При щелочении, сопровождаемом обогревом котла своей форсункой, следует ввести в нижние коллекторы котла разрыхлители и заполнить котел конденсатом или водой из запасных цистерн до средней отметки водоуказателей, после чего необходимо:

- зажечь форсунку, поднять давление в котле до 0,5—1,0 МПа (5—10 кгс/см<sup>2</sup>) и поддерживать его в течение 10—15 ч периодическим включением и выключением форсунки, не превышая расхода топлива, указанного в инструкции по эксплуатации для режима ввода котла в действие;

- в конце щелочения необходимо произвести три-четыре верхних продувания со снижением уровня до нижней метки водоуказателей, после продувок подпитать котел;

- к концу щелочения поднять давление до 0,5—1,0 МПа (5—10 кгс/см<sup>2</sup>), выключить форсунку и продуть котел насухо;

- открыть лазы, провентилировать котел и произвести механическую очистку котла.

При щелочении котла, сопровождаемом обогревом котла своей форсункой, экономайзер должен быть заполнен водой, разобщительный клапан между котлом и экономайзером должен быть закрыт, а воздушный клапан на выходной камере экономайзера открыт. Рекомендуется воздушный клапан сообщать с «дыхательной» емкостью, например с расширительным баком.

При щелочении котлов с петлевыми пароперегревателями, когда включена форсунка, необходимо обеспечить проток пара через пароперегреватель. Пароперегреватель должен быть сообщен с паровым коллектором, а продувание пароперегревателя производить за борт.

**Механическая чистка котла (банение)** предваряется осушением, охлаждением, вскрытием и тщательной вентиляцией котла, разборкой и удалением внутриколлекторных устройств из котла.

Механическая чистка труб котла производится стальными банниками соответствующего диаметра, приводимыми во вращение специальными переносными электромоторами через гибкие валики. Очистка каждой трубы производится не менее двух раз. После банения для окончательной очистки каждую трубу следует пропыжевать. Пыжи изготавливаются из пакли или концов и «простреливаются» через трубы сжатым воздухом.

Доступные места труб очищают до металлического блеска с целью более четкого контроля за последующим накипеобразованием. До банения труб стенки коллекторов очищают стальными щетками и протирают ветошью.

При механической чистке труб банниками рекомендуется в нижние коллекторы устанавливать вплотную к колокольчикам упорные листы из жести или кровельного железа, для того чтобы предотвратить поломку гибкого валика при выходе банника за пределы колокольчика. При удалении накипи следить, чтобы в котле не было каких-либо механических повреждений.

Механическую чистку труб петлевого пароперегревателя производить с двух сторон каждой петли. После очистки трубы пароперегревателя продувают воздухом из шланга, а скопившуюся в коллекторах накипь удаляют.

По окончании механической чистки необходимо:

- произвести сборку внутриколлекторных устройств (кроме дырчатых щитов и перегородок пароперегревателя), проверить трубы калиброванными шарами на проходимость, осмотреть коллекторы и убедиться в том, что нет посторонних предметов, проверить правильность сборки питательных труб и водоразделительных щитов; результаты проверки записать в суточный и вахтенный журнал котельной установки

- промыть водой из шланга коллекторы и трубы котла, установить дырчатые щиты и перегородки пароперегревателя с соблюдением всех мер предосторожности, исключающих возможность попадания болтов, гаек и других посторонних предметов в котел и в трубы;

- для предупреждения коррозии внутренних поверхностей частей котла сразу же после промывки и установки внутриколлекторных устройств закрыть лазы, заполнить котел водой, произвести паровую пробу его, после чего поставить котел на установленный режим хранения.

**Химическая чистка внутренних поверхностей нагрева котлов** является эффективным способом удаления с внутренних поверхностей труб, коллекторов и камер накипи и шлама (особенно железомедноокисных отложений). Для проведения внутренней химической чистки котельные установки оборудуются специальными системами

Химическая чистка внутренних поверхностей котлов производится в сроки и в случаях, установленных инструкциями по эксплуатации

Приготовление моющих растворов для внутренней химической чистки, подача их в котел, прием отработавших моющих растворов производятся рейдовой плавучей котлоочистной мастерской (ПМР). На кораблях, системы химической чистки которых оборудованы штатными промывочными насосами, чистка может выполняться без ПМР. Моющие растворы в этом случае готовятся в специальном

баке, установленном на корабле на время чистки, а слив отработавших нейтрализованных растворов должен производиться в специальные емкости для транспортировки этих растворов в очистные сооружения

Производить химическую чистку котла, если сразу после ее окончания нельзя ввести котел в действие, **запрещается**

При выполнении работ по внутренней химической чистке необходимо руководствоваться правилами техники безопасности, изложенными в инструкции по химической чистке котла.

При подготовке котла к внутренней химической чистке необходимо выполнить следующие работы:

- проверить плотность закрытия всех клапанов на котле (питательного, главного стопорного, продувания и т. д.), с тем чтобы предотвратить протечку моющих растворов в систему продувания, импульсные трубопроводы систем автоматического регулирования и контроля, в питательные и паровые магистрали котельной установки;

- осмотреть внутренние полости котла;

- собрать систему внутренней химической чистки;

- проверить плотность трубопроводов системы химической чистки котла, а также системы подвода моющих растворов с ПМР (от растворного бака);

- подключить шланги для передачи моющих растворов с ПМР к приемному патрубку корабельной системы;

- установить и проверить связь между ПМР и МКО, в котором будет производиться чистка котла;

- убедиться в достаточности запаса воды в цистернах для проведения всех предусмотренных инструкцией по внутренней химической чистке операций;

- проверить работу нагнетательной и вытяжной вентиляции МКО, в котором будет производиться чистка котла;

- подготовить для личного состава, производящего внутреннюю химическую чистку котла, противокислотные костюмы, резиновые сапоги, резиновые перчатки и защитные очки;

- установить в МКО, в котором будет производиться чистка, и в помещении, где расположен растворный бак, бачок с 10 л 2%-го раствора натрия двууглекислого (питьевой соды) или другого раствора, указанного в инструкции по эксплуатации котла.

Готовность к проведению внутренней химической чистки котла проверяет командир дивизиона движения (командир машинно-котельной группы) и о готовности к чистке докладывает командиру БЧ-5 и сообщает на ПМР.

Состав моющего раствора для внутренней химической чистки котла, технология его приготовления, а также технология промывки котла моющим раствором, в том числе температура моющего раствора, поддерживаемая во время проведения чистки, приводятся в инструкции по эксплуатации котла.

Нарушение указаний инструкции по эксплуатации в отношении состава моющего раствора, его температуры, порядка приготовления моющего раство-

ра и технологии промывки может привести к выходу из строя основных элементов корпуса котла и арматуры.

Контроль промывки осуществляется путем периодического отбора и анализа проб моющего раствора лабораторией ПМР либо водно-химической лабораторией корабля (при самостоятельном выполнении чистки). Промывка считается законченной, если анализ трех последовательно отобранных с предусмотренным инструкцией временным интервалом проб показывает постоянную концентрацию моющего компонента раствора, значение которой не меньше значения, указанного в инструкции по эксплуатации котла.

После проведения всех промывок, предусмотренных инструкцией по химической чистке внутренних поверхностей котла, необходимо:

- разобрать систему внутренней химической чистки котла;
- заполнить котел водой, отвечающей требованиям, изложенным в ПЭКУ, и произвести его гидравлические испытания;
- подготовить и ввести котел в действие; при подготовке котла к действию ввести в него присадки с таким расчетом, чтобы фосфатное число достигло верхнего значения рабочей нормы, указанного в инструкции по эксплуатации;
- по достижении рабочего давления вывести котел на минимально возможную нагрузку и через 15—20 мин работы на этой нагрузке произвести поочередно верхнее и нижнее продувание котла в течение не менее 10 мин; после продувания отобрать пробу котловой воды и произвести ее анализ, обратив особое внимание на фосфатное и щелочное числа.

Если фосфатное и щелочное числа выходят за пределы, предусмотренные инструкцией по эксплуатации, необходимо вторично произвести верхнее и нижнее продувание котла, отобрать пробу котловой воды и по результатам ее анализа ввести в котел присадки с таким расчетом, чтобы фосфатное число достигло верхнего значения рабочей нормы, установленного инструкцией по эксплуатации; через 15—20 мин после ввода присадок вновь отобрать пробу котловой воды и по результатам ее анализа убедиться в том, что нейтрализация кислоты завершена.

В период действия котла продуть водоуказатели, а также проверить срабатывание предохранительных клапанов.

После непрерывной работы котла в течение времени, указанного в инструкции по эксплуатации, вывести котел из действия, продуть насухо и после остывания вскрыть коллекторы и камеры, удалить из коллекторов и камер оставшийся там шлам и осмотреть внутренние полости котла.

После проведения осмотра и закрытия лазовых затворов коллекторов и камер внутренняя химическая чистка котла считается завершенной, котел может быть либо введен в действие, либо поставлен на хранение в соответствии с инструкциями по эксплуатации и техническому обслуживанию.

Все работы по внутренней химической чистке котлов производятся под непосредственным руководством командира дивизиона движения (командира машинно-котельной группы). Внутренние полости котла до и после чистки осматриваются командиром БЧ-5.

По окончании внутренней химической чистки котлов составляется акт, форма которого приведена в ПЭКУ. Первый экземпляр акта хранится на корабле (в формуляре котла), второй передается ПМР.

В суточном и вахтенном журнале котельной установки фиксируются следующие данные о внутренней химической чистке:

- дата проведения чистки;
- наработка котла после предыдущей внутренней чистки;
- результаты гидравлических испытаний котла после его промывки;
- данные анализа котловой воды, свидетельствующие о завершении нейтрализации кислоты.

В журнал вахтенного (дежурного) специалиста по водоподготовке заносятся данные всех анализов котловой воды, а при самостоятельном выполнении чистки также данные всех анализов моющего раствора.

Проведение внутренней химической чистки и результаты осмотров внутренней полости котла до и после чистки заносятся в формуляр котла.

**Очистка котла от маслянистых веществ (выпаривание)** производится путем выпаривания с помощью обогрева насыщенным паром от другого котла давлением около 0,5 МПа (5 кгс/см<sup>2</sup>). При этом необходимо:

- утеплить котел;
- подвести греющий пар в самую высокую часть котла, например, через клапан насыщенного пара или клапан верхнего продувания;
- выпарить котел в течение 8—15 ч в зависимости от загрязнения;
- удалить стекающую грязь и конденсат через клапаны нижнего продувания в трюм;
- после выпаривания промыть трубы и коллекторы котла из шланга теплой пресной водой и произвести щелочение котла с увеличенным количеством керосина (до 0,5% массы воды в котле) и механическую чистку с тщательным пыжеванием;
- по окончании работ по выпариванию котла произвести чистку трюма МКО.

**Запрещается** выпаривать котел отоплением с помощью форсунки, так как при этом могут быть местные перегревы металла и значительные температурные напряжения.

**Щелочная промывка экономайзеров** предназначена для очистки внутренних поверхностей экономайзеров от масла или топлива и производится 10%-м раствором натрия фосфорно-кислого трехзамещенного (тринатрийфосфата).

При подготовке экономайзера к промывке необходимо:

- удалить из него воду через сливной клапан;
- отсоединить экономайзер от питательного трубопровода заглушкой, закрыть разобшительный клапан между экономайзером и паровым коллектором;
- собрать установку для промывки по схеме, указанной в инструкции по эксплуатации, и проверить плотность трубопроводов;

Приготовить в растворяющем баке указанное в инструкции количество 10%-го раствора тринатрийфосфата, подогреть раствор до 70—80°С.

Промывку экономайзера производить прокачкой через него в течение 4 ч горячего раствора тринатрийфосфата. После откачки отработавшего раствора в отдельную емкость промыть экономайзер пресной водой, подогретой до температуры 70—80° С, удалить воду, открыть лючки на камерах и осмотреть внутреннюю поверхность. Отсутствие масляного налета свидетельствует об окончании отмывки экономайзера. При наличии налета промывку повторить.

По окончании промывки закрыть лючки, удалить заглушку, отсоединяющую экономайзер от питательного трубопровода, и открыть разобщительный клапан между экономайзером и паровым коллектором.

#### **5.2.4. Организация работы в коллекторах котлов**

При работах внутри коллекторов (осмотр, чистка и др.) строго выполнять требования безопасности, изложенные в ПЭКУ.

При выполнении работ по разборке и сборке внутриколлекторных устройств необходимо соблюдать следующие условия:

- работы производить в присутствии и под контролем старшины котельного отделения;
- в карманах у работающего личного состава не должно быть посторонних предметов;
- инструмент должен быть выдан (возвращен) по счету и находиться в специальном ящике;
- при разборке крепежа мелкие детали внутренних частей складывать в специальные коробки или ящики;
- при разборке и сборке соединений поддерживать болты и гайки во избежание попадания их в трубы;
- при сборке внутренних частей болтовые соединения должны быть обжаты без слабин;
- при прокатке труб котла калиброванными шарами шары выдаются и принимаются обязательно по счету.

Необходимо помнить, что любой посторонний предмет, попавший в трубу, вызовет нарушение циркуляции в этой трубе и приведет к выходу котла из строя (пережогу).

Качество и правильность сборки питательных труб и внутриколлекторных устройств, плотность выгородки в паровом коллекторе высоконапорного котла, количество выданных и возвращенных калиброванных шаров для прокатки труб, распределение воды в коллекторе должны быть лично проверены командиром машинно-котельной группы и командиром дивизиона движения (командиром БЧ-5).

Результаты проверки должны быть записаны в суточный и вахтенный журнал котельной установки.

Лазы (горловины) коллекторов перед заполнением котла водой должны быть закрыты в присутствии командира БЧ-5.

### **5.3. Планово-предупредительные осмотры котельной установки, осмотры и освидетельствования котлов**

Планово-предупредительные осмотры и освидетельствования котлов и элементов котельной установки производятся для поддержания на должном уровне готовности к действию, своевременного выявления и устранения неисправностей технических средств, а также в целях накопления данных для определения объема плановых ремонтов

При проведении планово-предупредительных осмотров и освидетельствований котлов и элементов котельной установки необходимо руководствоваться ПЭКУ, инструкциями по периодическим планово-предупредительным осмотрам технических средств кораблей данного проекта, Инструкцией по освидетельствованию и дефектации водотрубных котлов и систем автоматического регулирования котельных установок надводных кораблей ВМФ, Инструкцией по периодическим планово-предупредительным осмотрам паропроводов надводных кораблей ВМФ, описаниями и инструкциями проектанта котла (завода-изготовителя) и других элементов установки, формулярами котлов и механизмов.

По срокам проведения и объему планово-предупредительные осмотры подразделяются на ежедневные, еженедельные, ежемесячные и проводимые в другие сроки, устанавливаемые инструкциями по планово-предупредительным осмотрам. В период этих осмотров должны выполняться предусмотренные инструкциями по эксплуатации регламентные работы, связанные с наработкой котлов и других элементов котельной установки.

Установленные инструкциями по планово-предупредительным осмотрам, а также инструкциями проектантов (заводов-изготовителей) осмотры и регламентные работы должны производиться в указанные инструкциями сроки в обязательном порядке независимо от состояния котла и механизмов котельной установки.

При вскрытии котлов, механизмов, теплообменных аппаратов и трубопроводов необходимо строго выполнять указания ПЭКУ, Инструкции по организации вскрытия и закрытия технических средств электромеханических боевых частей надводных кораблей ВМФ. До начала этих работ личный состав должен быть проинструктирован командиром группы о правилах техники безопасности и по вопросам организации выполнения работ.

При осмотре внутренних полостей котлов, механизмов, теплообменных аппаратов и трубопроводов принимать меры, предотвращающие попадание во вскрытые полости посторонних предметов.

Неисправности, обнаруженные во время периодических осмотров, в зависимости от их характера должны устраняться немедленно или при очередном ремонте. Немедленному устранению подлежат неисправности, могущие привес-

ти к повреждению котельной установки или нарушению установленной готовности корабля к походу.

Результаты ежедневных, еженедельных, ежемесячных и других осмотров с описанием выявленных неисправностей, произведенных замеров, регулировок и выполненных работ должны записываться в суточный и вахтенный журнал котельной установки.

Ежегодные осмотры и осмотры один раз в два года производятся командиром БЧ-5 с участием заместителя командира соединения по ЭМЧ, а при необходимости и представителя технического управления флота. Результаты этих осмотров заносятся в суточный и вахтенный журнал котельной установки и формуляр котла.

В случае выявления при осмотрах котла крупных дефектов (повреждений коллекторов, интенсивного выхода из строя труб поверхностей нагрева, интенсивного поражения деталей коррозией и т. п.) должно производиться внеочередное освидетельствование котла.

Освидетельствование котлов производится в целях определения пригодности их к дальнейшей эксплуатации или определения объема ремонтных работ для восстановления спецификационных характеристик котла. При освидетельствовании надлежит руководствоваться ПЭКУ, Инструкцией по освидетельствованию и дефектации водотрубных котлов и систем автоматического регулирования котельных установок надводных кораблей ВМФ, а также описаниями и инструкциями проектантов (заводов-изготовителей), техническими условиями на ремонт, руководящими техническими материалами по методам дефектоскопии

Освидетельствование по срокам проведения и объему выполняемых работ может быть плановым и внеочередным, полным и частичным.

Полное освидетельствование производится в сроки, предусмотренные инструкциями проектантов (заводов-изготовителей), но не реже чем один раз в 6 лет, а также после выработки основными узлами котла назначенного ресурса и достижения назначенного срока службы с приурочиванием проведения освидетельствования к текущему или среднему ремонту корабля.

Внеочередное освидетельствование производится:

- в случае выявления при очередном осмотре крупных дефектов (трещин в коллекторах, интенсивного выхода из строя труб, интенсивного поражения деталей коррозией и т. п.);

- в случае ввода в эксплуатацию котла, находившегося в бездействии более двух лет (кроме случаев содержания корабля в резерве );

- по решению технического управления флота.

Объем внеочередного освидетельствования в каждом конкретном случае определяется техническим управлением флота.

Перед полным освидетельствованием котла необходимо выполнить работы в объеме, указанном в инструкции по планово-предупредительным осмотрам для осмотра один раз в год, а также подготовить техническую и эксплуатационную документацию за период, прошедший после последнего освидетельствования.



Для проведения освидетельствования приказом начальника технического управления флота назначается комиссия в составе: председатель — представитель технического управления флота; члены комиссии: заместитель командира соединения по ЭМЧ, командир БЧ-5, представитель судоремонтного предприятия. Необходимость участия в освидетельствовании представителей проектанта котла, а также представителей других организаций определяется техническим управлением флота.

При полном освидетельствовании котла производятся полный наружный и внутренний осмотры, гидравлическое испытание котла, испытание на прочность и плотность наружного кожуха и воздухопроводов высоконапорного котла, контроль износа, испытания и исследования материалов основных узлов котла. Виды и объем контроля, испытаний и исследований при освидетельствовании устанавливаются комиссией.

По материалам освидетельствования комиссия составляет акт, утверждаемый начальником технического управления флота. Акт подлежит хранению в формуляре котла в течение всего периода его эксплуатации.

Котлы, выработавшие назначенный ресурс и достигшие назначенного срока службы, до проведения освидетельствования и выполнения указаний акта к эксплуатации не допускаются.

### **5.3.1. Гидравлическое испытание котлов**

Гидравлические испытания котла имеют целью проверить его прочность и плотность, а также отсутствие видимых остаточных деформаций. Котел в сборе с арматурой подвергается:

- гидравлическим испытаниям пробным давлением;
- контрольным гидравлическим испытаниям на рабочее давление.

Котел необходимо подвергать гидравлическим испытаниям на пробное давление в следующих случаях:

- при полном освидетельствовании котла;
- после частичной или полной замены труб испарительного пучка, опускных труб и труб пароперегревателя;
- после замены хотя бы одной необогреваемой опускной трубы большого диаметра или заварки в ней трещины;
- после замены змеевика экономайзера;
- после подвальцовки более 50% труб;
- после ремонта с демонтажом или заменой арматуры;
- после внутренней химической чистки;
- в других случаях, предусмотренных техническими условиями на ремонт котла.

Значение пробного давления при гидравлических испытаниях котла в сборе с арматурой, а также выносных узлов котла в сборе с арматурой берется из формуляра котла.

Контрольным гидравлическим испытаниям на рабочее давление котел подвергается в таких случаях:

- после подвальцовки менее 50% труб;
- после глушения труб или змеевиков экономайзера;
- при обнаружении намоканий отложений в районе корней труб в период мокрого хранения;
- при обнаружении солевых потеков на поверхностях труб и трубных досках коллекторов в районе вальцовочных соединений;
- при замене шпилек или перестановке арматуры на новые прокладки;
- для обнаружения дефектной трубы;
- в других случаях, предусмотренных техническими условиями на ремонт котла.

Если на котле выполнялись работы, связанные только с заменой или глушением змеевиков (или другим ремонтом) экономайзера, рекомендуется производить гидравлические испытания только экономайзера, отсоединив его от котла с помощью разобщительного клапана.

Если гидравлическое испытание котла на корабле по времени не совпадает с его полным освидетельствованием, то перед гидравлическим испытанием необходимо:

- поставить на место всю арматуру для проверки ее исправности и надежного крепления к котлу;
- снять обшивку и изоляцию котла около горловин, фланцев, а также в тех местах, где возможны повреждения металла, пропуски пара или течь, и очистить все эти места. Удалить футеровку в местах, где она мешает осмотру.

Срок гидравлического испытания котла может быть перенесен по решению комиссии в таких случаях:

- если нет никаких сомнений в прочности и надежности котла — до очередного его освидетельствования;
- если необходимость ремонта котла очевидна — до окончания его ремонта.

Гидравлическое испытание котла на пробное давление производить при помощи ручного пресса или пресса с приводом через аккумулятор давления, причем давление должно нарастать плавно, без гидравлических ударов. Гидравлическое испытание котла на рабочее давление разрешается производить штатным питательным насосом

При гидравлическом испытании котла на пробное давление соблюдать следующие условия:

- котел заполнять водой таким образом, чтобы была обеспечена возможность полного удаления воздуха;
- температура воды, применяемой для гидравлического испытания, должна быть около 20° С, но не ниже, чем температура воздуха в МКО;
- при испытании пароперегревателя, экономайзера или корпуса котла и котла в сборе с арматурой давление доводить до рабочего в течение 5—10 мин; при достижении рабочего давления необходимо прекратить подъем давления и тщательно осмотреть котел; если будут обнаружены течь или пропуски, следу-

ет, медленно снизив давление до атмосферного, устранить их и только после этого снова приступить к гидравлическому испытанию;

- только убедившись в полном отсутствии дефектов при давлении, равном рабочему, дать пробное давление как окончательное;

- пробное давление поддерживать в течение 5 мин, после чего постепенно снизить до рабочего, которое и поддерживать в течение всего времени, необходимого для осмотра; на время выдержки под пробным давлением насос отключить, при этом не должно быть снижения давления в котле;

- если до достижения пробного давления появятся признаки нарушения плотности и прочности (течь, выпучивание), необходимо прекратить подъем давления;

- при испытании котла в сборе с арматурой предохранительные клапаны должны быть зажаты непосредственным воздействием на шток клапана без изменения регулировки пружин.

Котел считается выдержавшим гидравлическое испытание, если не обнаружено течи, местных выпучин, видимых остаточных деформаций и признаков нарушения каких-либо соединений. Не стекающие в течение времени выдержки под пробным давлением капли в вальцовочных и клепаных соединениях течью не считаются. Пропуски арматуры, которые могут быть легко удалены, не считаются повреждениями котла.

Если при гидравлическом испытании выявятся неплотности, требующие сварки или чеканки, такие места обвести мелом и устранить дефекты после того, как будет снижено давление до атмосферного и котел осушен. Чеканка и сварка под давлением и при наличии в котле воды не допускаются.

Запрещается производить гидравлическое испытание только с одним манометром, установленным на прессе. Кроме манометра на прессе необходимо иметь второй манометр, присоединенный непосредственно к котлу. Разница в показаниях манометров не должна превышать 3% от верхнего предела показаний манометра.

Для гидравлических испытаний должны использоваться манометры класса не выше 1,5 и диаметром корпуса не менее 150 мм. Верхний предел измерений манометров должен выбираться так, чтобы при измерении давления в процессе гидравлического испытания стрелка прибора располагалась в средней трети шкалы. Непроверенные манометры, а также манометры с просроченным клеймом годности к использованию не допускаются.

Результаты гидравлического испытания с подробным описанием выявленных дефектов и выводы по ним заносить в акт полного освидетельствования котла, а также в формуляр котла за подписью председателя комиссии и командира БЧ-5.

### 5.3.2. Паровая проба

Паровая проба производится для проверки герметичности узлов и соединений, находящихся под давлением воды и пара, при планово-предупредительном осмотре или техническом обслуживании котла, если в процессе их выполнялись замена котельной арматуры и вскрытие лазовых затворов коллекторов.

Паровая проба производится также в процессе испытаний котельной установки после ремонта.

Паровая проба котла включает приготовление котельной установки к действию, подъем пара в котле до полного рабочего давления в соответствии с ПЭКУ и инструкцией по эксплуатации, осмотр и прослушивание котла. При проведении паровой пробы следует:

- использовать для работы вспомогательных механизмов и теплообменных аппаратов котельной установки пар от другого (главного или вспомогательного) котла;

- пар в котле поднимать медленно, включая в действие не более одной форсунки;

- в период подъема давления пара клапаны продувания пароперегревателя держать открытыми;

- в процессе подъема давления пара от 0 до 0,5 МПа (от 0 до 5 кгс/см<sup>2</sup>) постоянно производить осмотр котла, обращая внимание на плотность лазовых затворов, фланцевых соединений, сальников и т. п.;

- при достижении давления пара 3,0 МПа (30 кгс/см<sup>2</sup>) в котлах с давлением пара выше 3,0 МПа (30 кгс/см<sup>2</sup>) и давления пара 1,5 МПа (15 кгс/см<sup>2</sup>) в котлах с давлением пара менее 3,0 МПа (30 кгс/см<sup>2</sup>) выключить горение, закрыть продувание пароперегревателя, после чего произвести осмотр и прослушивание котла;

- по окончании осмотра поднять давление пара в котле до полного рабочего (открыв при этом продувание пароперегревателя), после чего выключить горение, закрыть продувание пароперегревателя, произвести осмотр и прослушивание котла и убедиться в том, что на срезе дымовой трубы (у высоконапорных котлов — на срезе насадок газохода) и атмосферной трубы от предохранительных клапанов нет пара.

Котел считается прошедшим паровую пробу, если при выдержке его под полным рабочим давлением пара в течение 30 мин не будут обнаружены какие-либо неисправности

Во время проведения паровой пробы необходимо постоянно следить за уровнем воды в котле, поддерживая его у средней метки водоуказателя.

В связи с необходимостью повторных включений форсунок особое внимание следует обратить на выполнение требований инструкции по эксплуатации: производить вентиляцию топки перед каждым включением форсунки и использовать электровоспламенитель (факел) при каждом зажигании факела форсунки

При обнаружении неплотности необходимо прекратить горение и закрыть продувание пароперегревателя.

Уплотнение фланцевых, штуцерных соединений, сальников арматуры, лазовых и лючковых затворов коллекторов котла и камер экономайзера допускается производить при давлении пара в котле не выше 0,5 МПа (5 кгс/см<sup>2</sup>).

Снижение давления пара в котле должно производиться

- до 1,5 МПа (15 кгс/см<sup>2</sup>) или другого значения, указанного в инструкции по эксплуатации,— в результате естественного остывания котла;

- от 1,5 до 0,5 МПа (от 15 до 5 кгс/см<sup>2</sup>) — в результате или естественного остывания, или продувания пароперегревателя.

При необходимости доступа во внутренние полости котла снижение давления пара в нем от 1,5 МПа до 0 (от 15 кгс/см<sup>2</sup> до 0) может производиться в результате естественного остывания или продувания котла насухо.

По окончании паровой пробы котла в соответствии с указаниями инструкции по планово-предупредительным осмотрам и инструкции по эксплуатации производится проверка работы котельной установки по прямому назначению. При этой проверке потребители пара (вспомогательные механизмы, теплообменные аппараты и т. п.) используют пар котлов, входящих в состав данной установки. В ходе проверки определяется исправность систем автоматического регулирования, аварийной защиты, аварийной сигнализации, водоуказательных приборов и дистанционных указателей уровня, предохранительных клапанов

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные нарушения режима работы котла.
2. Назовите характерные неисправности котлов, связанные с изменением параметров пара и действия личного состава при этом.
3. Основной способ хранения бездействующих котлов при нахождении корабля в кампании и его сущность.
4. Каковы основные виды чистки котлов и их сущность?
5. Назовите способы внутренней чистки котла и их сущность.
6. Перечислите основные руководящие документы, используемые при проведении планово-предупредительных осмотров и освидетельствования котлов.
7. С какой целью производятся освидетельствования котлов?
8. В каких случаях производится внеочередное освидетельствование котла?
9. Причины и цели гидравлических испытаний котлов.
10. Когда производится паровая проба и с какой целью?

## Заключение

Наступившая разрядка напряженности после распада СССР практически не повлияла на динамику изменения численности кораблей ВМС ведущих зарубежных стран (США, Англия, Франция, Германия, Италия, Япония, Китай). Произошло изменение стратегической направленности развития флотов, заключающееся в отказе от ориентации на участие в глобальной ракетно-ядерной войне и их приоритетном развитии в интересах ведения локальных или обычных масштабных войн. Современные тенденции развития боевых надводных кораблей свидетельствуют о том, что произошло перераспределение между ПЛ и НК в пользу последних, т.к. они более приспособлены к решению задач в войнах ограниченной интенсивности и задач внешнеполитического характера.

Одной из важных тенденций в развитии боевых НК является отказ от строительства специализированных кораблей основных классов и переход на строительство преимущественно многоцелевых кораблей. Фактически происходит ликвидация разделения кораблей на классы по задачам и возрождается старый классообразующий принцип - размер корабля.

Общая направленность развития корабельной энергетики может быть охарактеризована увеличением агрегатной мощности, улучшением экономичности, повышением надежности, широким внедрением автоматизации и расширением унификации основных элементов и энергетических установок в целом.

Котлотурбинные энергетические установки в настоящее время находят применение практически на всех классах надводных кораблей среднего и крупного водоизмещения.

Однако в перспективе до 2015 г. интерес к установкам указанного типа постепенно снижается.

В ВМФ РФ котлотурбинные энергетические установки в настоящее время размещаются только на крупных боевых надводных кораблях проектов 956, 1143.4 и 1143.5, а также на кораблях пр. 1144, где КТЭУ используется в качестве резервной энергетической установки. В ближайшей перспективе строительство кораблей ВМФ РФ, имеющих в своем составе котлотурбинную энергетическую установку, не предусматривается.

Следует отметить, что современный уровень развития отечественных КТЭУ НК ВМФ соответствует уровню начала - середины 60-х годов. С тех пор корабельные КТЭУ не претерпели существенных изменений главным образом из-за появления энергетических установок нового типа - газотурбинных и атомных, которые впоследствии начали активно внедряться на кораблях ВМФ. По этой причине современные отечественные КТЭУ представлены установками 3-го поколения.

Многолетний опыт эксплуатации КТЭУ на кораблях ВМФ выявил ряд проблем, вызванных главным образом недостатками установок указанного типа, основными из которых КТЭУ являются:

- весьма значительные масса и габариты КТЭУ по сравнению, например, с газотурбинными установками;

- недостаточно высокая экономичность КТЭУ по сравнению с газотурбинными и в особенности с дизельными ЭУ;

- структурная сложность корабельных КТЭУ: обилие вспомогательных механизмов, необходимых для обеспечения работы главных, затрудняет автоматизацию основных рабочих процессов и техническое обслуживание установки, требует привлечения значительного количества обслуживающего персонала и, в свою очередь, повышает затраты на содержание личного состава;

- наличие высококвалифицированного специально обученного личного состава для использования КТЭУ с высокими параметрами пара. Снижение его квалификации приводит к частым авариям и различного рода неисправностям, требующим длительного заводского ремонта.

Кроме того, опыт использования отечественных КТЭУ НК ВМФ выявил обилие проблем, связанных с ускоренным истощением ресурса поверхностей нагрева высоконапорных котлов.

Перечисленные выше обстоятельства привели к тому, что на надводных военных кораблях, строящихся в настоящее время, и в ближайшей перспективе будут устанавливаться либо газотурбинные, либо дизельные установки, либо их комбинации.

Несмотря на заметное снижение интереса к использованию КТЭУ в качестве главных двигателей на кораблях ВМФ, говорить об окончательном отказе от установок указанного типа было бы преждевременно. Это, *во-первых*, вызвано наличием явных преимуществ КТЭУ по отношению к другим типам установок. Таковыми преимуществами являются:

- независимость от качества: в отличие от корабельных ДЭУ и ГТЭУ КТЭУ могут работать практически на любых видах топлива;

- высокая агрегатная мощность корабельных КТЭУ, что позволяет их использовать на любых крупных водоизмещающих кораблях;

- минимальные требования к ремонту: корабельным КТЭУ не требуется базовый комплект запасных двигателей с дорогостоящей оснасткой. Ремонты КТЭУ могут выполняться в любой точке света на предприятиях с обычными техническими возможностями;

- повышение живучести КТЭУ: высокая способность кораблей с КТЭУ противостоять боевым повреждениям, возможность управляться в поврежденном состоянии, а также проведение восстановительного ремонта без вывода из действия установки.

*Во-вторых*, немаловажным фактором, обуславливающим перспективность использования КТЭУ, является ограниченность мировых запасов топлива: угля хватит на 250 лет, нефти на 40 лет, а природного газа на 65 лет. Уже после 2020 г. может возникнуть напряженность с нефтью и газом, а связанное с этим беспокойство может спровоцировать рост цен на них и до 2020 г. Атомная энергетика стоит перед дилеммой: с одной стороны – беспокойства со стороны общественности по поводу безопасности, с другой – интерес к быстрым реакторам-размножителям и термоядерным установкам упал. В этой связи из перспективных энергетических технологий в стационарной энергетике наиболее

обоснован проект парогазовой установки со сжиганием угля в кипящем слое под давлением.

Опыт использования современных НК ВМФ свидетельствует о том, что уже теперь из-за огромного дефицита на флотах дизельного топлива многие корабли, использующие его в качестве основного, вынуждены простаивать у причалов. Основная нагрузка в плане решения задач боевой подготовки ложится при этом на корабли с КТЭУ.

В России работы по использованию кипящего слоя в промышленной и судовой энергетике дали свои положительные результаты. При выполнении проектно-исследовательских проработок судовых котлов с кипящим слоем в качестве прототипа был принят обычный судовой котел с мазутным отоплением. Исследования показали, что поверхность теплообмена и масса котлов с кипящим слоем меньше мазутных при одинаковой производительности соответственно на 40 и 30%. При практически равной высоте длина и ширина котла с кипящим слоем меньше котла - прототипа на 16 и 21% соответственно.

Проектно-исследовательские проработки позволили сделать вывод о целесообразности проведения дальнейших работ по созданию современных отечественных судовых котлов с кипящим слоем, включающих:

- разработку требований к характеристикам угольного топлива применительно к судовым котлам;
- разработку системы автоматического управления котлом с кипящим слоем;
- определение характеристик и выбор вспомогательного оборудования котлоагрегата;
- изготовление, испытание и доводку натурной модели котла с кипящим слоем с учетом судовых условий.

Таким образом, из всего вышеизложенного следует, что современные котлотурбинные энергетические установки серьезно уступают газотурбинным и дизельным энергетическим установкам по экономичности, массогабаритным показателям, сложности автоматизации основных рабочих процессов и затратам на подготовку и содержание обслуживающего персонала. По этой причине в течение последних более чем трех десятилетий проектирование и строительство новых КТЭУ для кораблей ВМФ ни в нашей стране, ни за рубежом не производилось. Тем не менее такие преимущества корабельных КТЭУ, как высокая агрегатная мощность, способность использовать практически любые органические топлива, высокая живучесть и хорошая ремонтпригодность, убеждают в перспективности установок указанного типа. Кроме того, ограниченность запасов нефти и ожидаемый рост цен на нефтяное топливо уже в ближайшем будущем подтверждают справедливость вышеизложенного.

Длительный застой в совершенствовании установок корабельных КТЭУ может быть частично компенсирован разработками в атомной энергетике и для судов транспортного флота, а также прогнозными исследованиями, выполненными в нашей стране и за рубежом.



На основе анализа вышеуказанных исследований может быть сформулирован “облик” перспективной КТЭУ:

1. Корабельная КТЭУ может быть спроектирована для кораблей среднего и крупного водоизмещения (более 3000 т.), мощностной ряд которой должен быть представлен двумя агрегатами – на 50 000 л.с. (для кораблей водоизмещением до 12 000 – 15 000 т) и 75 000 л.с. (для кораблей водоизмещением свыше 15 000 т).

2. По показателям экономичности КТЭУ не должна уступать существующим газотурбинным двигателям 4-го поколения и перспективным корабельным газотурбинным двигателям. При этом установка должна обеспечивать дальность плавания корабля не менее 8000 – 10 000 миль и иметь удельный расход топлива не более 200 - 220 г/л.с.·ч. Для этой цели оптимальными параметрами пара следует считать: давление 85-100 кг/см<sup>2</sup>, температура 515 °С.

Более высокие параметры пара в корабельных установках, мощность которых по сравнению со стационарными остается относительно низкой, использовать нецелесообразно из-за появления проблем, связанных с увеличением влажности на последних ступенях турбины. Этот факт исключает необходимость разработки и внедрения новых марок сталей для изготовления котельных труб.

В состав ГТЗА обязательно должна включаться маршевая турбина. Тепловая схема должна предусматривать 2-3-ступенчатый регенеративный подогрев питательной воды и утилизацию уходящих газов.

3. Должны быть значительно, не менее чем на 40%, снижены массогабаритные характеристики установки по сравнению с существующими типами корабельных КТЭУ.

4. Существенно должны быть упрощены структурные связи установки. Среди вспомогательных механизмов с турбоприводами должно быть не более одного многофункционального механизма (ТНА, питательного, масляного и топливного насосов) с единым турбоприводом либо все вспомогательные механизмы должны быть электрифицированы.

5. Все потенциальные вспомогательные потребители пара (хозяйственные и бытовые нужды) в целях более экономичного расходования тепла должны быть электрифицированы.

6. В перспективной установке должны найти отражение повсеместная автоматизация всех рабочих процессов и широкое диагностирование установки на основе использования микропроцессорной техники.

7. Главные котлы должны быть полностью экранированы с использованием принудительной либо смешанной циркуляции, их пароперегреватель должен быть приближен к топке, а также они должны позволять использовать практически все виды органического низкосортного топлива. На рубеже 2020-2030 гг. возможно появление и использование корабельных паровых котлов с кипящим слоем.

Из вышесказанного следует, что корабельная КТЭУ только в том случае имеет шанс к использованию на надводных кораблях ВМФ будущего, если основными направлениями научных исследований по ее совершенствованию станут:

- существенное повышение экономичности установки с широким использованием утилизации и регенерации тепла;
- приспособление ее для работы практически на любых видах органического топлива (низкосортных мазутах, отходах нефтепереработки, пылеугольно-мазутной смеси и также на угле);
- снижение габаритов и массы установки;
- повсеместная автоматизация всех рабочих процессов установки и широкое ее диагностирование с использованием микропроцессорной техники.

В этой связи следует отметить, что уже имеющиеся на сегодняшний день научные разработки свидетельствуют о возможности приблизить экономичность КТЭУ к экономичности газотурбинных двигателей четвертого поколения.

Развитие парознергетических установок характеризуется значительным повышением начальных параметров пара. Современные суда имеют парознергетические установки, которые вырабатывают пар давлением  $64 \text{ кгс/см}^2$  и температурой  $470^\circ \text{C}$ . В котлотурбинной установке отечественных крупнотоннажных танкеров типа «Крым» параметры пара повышены до давления  $88,3 \text{ кгс/см}^2$  и температуры  $515^\circ \text{C}$ . В энергетической установке данных судов используется тепловая схема с промежуточным перегревом пара и высокой экономичностью главных турбин и вспомогательных механизмов.

Показатели ТТС установок постоянно совершенствуются и улучшаются по мере развития науки и технологии корабельной энергетики. Совершенствование котлотурбинных энергетических установок в первую очередь с целью повышения экономичности и снижения массогабаритных показателей предполагается по следующим основным направлениям:

- применение более совершенных элементов паросиловых энергетических установок: котлов, главных и вспомогательных механизмов;
- повышение начальных параметров пара;
- применение рациональных тепловых схем.

Дальнейшее развитие котлостроения идёт в направлении перехода от принципа естественной циркуляции к принудительной, что позволяет значительно повысить экономичность современных установок и одновременно существенно уменьшить их габариты и массу.

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам создания надежных и экономичных котлов с большим сроком службы, простых по устройству и обслуживанию, с полной автоматизацией процессов управления и регулирования.

Повышение начальных параметров пара является действенным средством увеличения экономичности установки при одновременном снижении ее массы, так как это приводит к увеличению термического КПД цикла паросиловой установки. В настоящее время имеются реальные технические возмож-

ности для перехода от давления пара  $64 \text{ кг/см}^2$  и температуры  $470^\circ$  к давлению пара  $100\text{-}110 \text{ кг/см}^2$  и температуре  $530\text{-}540^\circ\text{C}$ .

Применение рациональной тепловой схемы позволяет более эффективно использовать тепловую энергию в установке. Основные направления здесь – использование регенеративных тепловых схем и схем с промежуточным перегревом пара. В регенеративных тепловых схемах подогрев питательной воды производится за счет пара в деаэраторе, отбираемого из главных паровых турбин. В установках с промежуточным перегревом пара пар после турбины высокого давления поступает в специальное устройство (промежуточный перегреватель), где повышается его температура, а затем подается в турбину низкого давления.

Развитие корабельной и судовой энергетики не ограничивается лишь совершенствованием КЭУ. К числу наиболее перспективных общих направлений дальнейшего развития энергетических установок относятся:

- комплексная автоматизация управления и обслуживания КЭУ с использованием ЭВМ;
- применение альтернативных топлив.

Совершенствование системы автоматического управления установкой идет в направлении создания и внедрения в практику эксплуатации КЭУ прогрессивных средств информатики - микроэлектроники и вычислительной техники. Важное значение представляют средства технической диагностики, позволяющие производить осмотры и ремонты механизмов по их фактическому состоянию и прогнозировать качество работы установки.

Альтернативным топливом называются различные виды топлив, заменяющие топлива нефтяного происхождения. К ним относятся каменный уголь, горючие сланцы, метанол, этанол, сжатый и сжиженный природный газ, водотопливные эмульсии (смесь топлива с водой). Потребность в применении альтернативных видов топлива вызвана стремлением к сбережению нефтяных запасов и использованию более дешевых видов топлива, запасы которых имеются в достаточном количестве.

Из всех типов КЭУ наиболее приспособлены для работы на альтернативном топливе корабельные КТЭУ. Принципиальных трудностей для перевода КТЭУ на эти виды топлива нет, поскольку имеется опыт работы КТЭУ на этом виде топлива в прошлом. Имеется подобный опыт работы и стационарных КТЭУ.

### Библиографический список

1. Темнов В.Н., Плотников Ю.И. Корабельные котлотурбинные энергетические установки.– Л.: ЛВВМИУ, 1990.
2. Корабельные паровые котлы/ Ю.В. Александровский, О.В. Арва, П.Н. Закутин, Е.П. Карасев. – Л.: ЛВВМИУ, 1986.
3. Гасиев Р.А. Учебник машиниста котельного надводных кораблей. – М.: Воениздат, 1974.
4. Шиняев Е.Н. Судовые паровые котлы и их эксплуатация. – М.: Транспорт, 1979.
5. Справочник корабельного инженера-механика. – М.: Воениздат, 1984.
6. Описания и инструкции по техническому обслуживанию вспомогательных механизмов, теплообменных аппаратов, трубопроводов и систем КТЭУ: Тех. документация. – М. и.: Изд-во, где.

## Оглавление

<i>Введение</i> .....	5
<i>Глава 1. Общие сведения о корабельных высоконапорных паровых котлах</i> .....	12
1.1. Классификация корабельных паровых котлов .....	12
1.2. Основные характеристики котлов .....	13
Контрольные вопросы.....	15
<i>Глава 2. Принцип действия и особенности конструкции высоконапорного котла типа КВГ-3</i> .....	16
2.1. Корпус котла и опорная рама .....	18
2.1.1. Корпус котла .....	18
2.1.2. Паровой коллектор .....	19
2.1.3. Водяной коллектор .....	21
2.1.4. Пароперегреватель .....	22
2.1.5. Внутренние части коллекторов пароперегревателя .....	22
2.1.6. Опорная рама .....	24
2.2. Водяной экономайзер.....	24
2.3. Кожух и кирпичная кладка .....	26
2.3.1. Кожух .....	26
2.3.1. Кирпичная кладка и изоляция кожуха .....	23
2.4. Газоочистное устройство .....	23
2.5. Топочное устройство котла .....	25
2.6. Арматура котла.....	30
2.6.1. Водоуказательные приборы .....	32
2.6.2. Быстрозапорное устройство.....	33
Контрольные вопросы.....	33
<i>Глава 3. Особенности конструкции котлов с вентиляторным дутьем</i> .....	35
<i>Вспомогательный котёл КВВА-12/28</i> .....	35
3.1. Назначение и основные технические данные .....	35
3.2. Устройство и принцип работы .....	35
3.3. Описание конструкции котла .....	37
3.3.1. Корпус котла (рис. 18).....	37
3.3.2. Пароперегреватель .....	38
3.3.3. Опоры .....	38
3.3.4. Внутренние части парового коллектора (рис. 20).....	40
3.3.5. Кожух котла .....	41
3.3.6. Кирпичная кладка и изоляция котла .....	42
3.3.7. Топочное устройство .....	43
3.3.8. Котельная арматура .....	45
Контрольные вопросы.....	47
<i>Глава 4. Эксплуатация котлоагрегата</i> .....	48
4.1. Приготовление и ввод в действие котельной установки.....	48
4.1.1. Приготовление к действию котельной установки .....	48

при наличии пара на корабле.....	48
4.1.2. Ввод котельной установки в действие .....	52
при наличии пара на корабле .....	52
4.1.3. Приготовление и ввод котельной установки в действие .....	54
при отсутствии пара на корабле.....	54
4.1.4. Экстренное приготовление и ввод в действие .....	55
котельной установки .....	55
4.2. Обслуживание котельной установки в действии.....	56
4.2.1. Управление питанием .....	58
4.2.2. Управление горением.....	60
4.2.3. Контроль за температурой перегретого пара .....	66
4.2.4. Самообдув поверхностей нагрева котла .....	67
4.2.5. Поддержание котла в горячем резерве.....	68
4.3. Вывод котельной установки из действия.....	69
4.3.1. Нормальный вывод котельной установки из действия.....	69
4.3.2. Экстренный вывод котла из действия.....	71
4.3.3. Продувание котла насухо.....	72
Контрольные вопросы.....	73
<i>Глава 5. Техническое обслуживание котлоагрегата.....</i>	<i>74</i>
5.1. Нарушение режима работы котла и характерные неисправности.....	74
5.1.1. Нарушение режима питания.....	74
5.1.2. Перегрев труб поверхностей нагрева и других частей котла.....	77
5.1.3. Характерные неисправности котлов .....	81
5.2. Обслуживание бездействующей котельной установки.....	86
5.2.1. Хранение бездействующих котлов на корабле,.....	87
находящемся в кампании.....	87
5.2.2. Хранение бездействующих котлов на корабле,.....	91
находящемся вне кампании.....	91
5.2.3. Чистки котлов, их назначение и виды.....	94
5.2.4. Организация работы в коллекторах котлов .....	104
5.3. Планово-предупредительные осмотры котельной установки,.....	105
осмотры и освидетельствования котлов .....	105
5.3.1. Гидравлическое испытание котлов .....	107
5.3.2. Паровая проба.....	110
Контрольные вопросы.....	111
<i>Заключение .....</i>	<i>112</i>
<i>Библиографический список.....</i>	<i>118</i>