

39.455.13
0-95

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт кораблестроения и морского транспорта

В.А. Очеретяный, В.М. Бубенцов

СУДОВЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ И ПАРПРОИЗВОДЯЩИЕ УСТАНОВКИ

Лабораторные работы

Рекомендовано
Учебно-методическим советом института
в качестве учебно-методического пособия
для студентов очной и заочной форм обучения
направления подготовки 26.05.06
«Эксплуатация судовых энергетических установок»

Севастополь
СевГУ
2015

УДК 629.506
ББК: 39.455.13
0-95

Рецензенты:

В.И. Истомин - д.т.н., проф. каф. СБС
А.И. Мальчиков - к.т.н., доцент каф. ЭМСС

Очеретяный В.А.

0-95 Судовые котельные и паропроизводящие установки: учеб.-метод. пособие / В.А. Очеретяный¹, В.М. Бубенцов². – Севастополь: СевГУ, 2015. – 64 с.: ил.

Рассматриваются лабораторные работы, выполняемые при изучении курса «Судовые котельные и паропроизводящие установки».

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения Севастопольского государственного университета, института кораблестроения и морского транспорта, направления подготовки 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»

УДК 629.506

© Очеретяный В.А.¹,
Бубенцов В.М.², 2015
© ФГАОУВО «Севастопольский
государственный университет», 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Лабораторная работа № 1. Системы котельного отделения	5
1.1. Состав котельного отделения	5
1.2. Условные обозначения элементов котельного отделения на функциональных схемах	15
1.3. Работа котельного отделения	17
1.4. Арматура систем котельного отделения	18
1.5. Оформление отчета	26
1.6. Вопросы для проверки	27
2. Лабораторная работа № 2. Арматура судовых паровых котлов	28
2.1. Стопорные клапаны	29
2.2. Питательные клапаны	30
2.3. Водоуказательные приборы	32
2.4. Предохранительные клапаны	35
2.5. Клапаны продувания	39
2.6. Клапаны для отбора проб воды и для введения в котел химических присадок	39
2.7. Клапаны для манометров и удаления воздуха	40
2.8. Материалы арматуры котлов	40
2.9. Оформление отчета	41
2.10. Вопросы для проверки	41
3. Лабораторная работа № 3. Анализ продуктов сгорания	42
3.1. Описание установки	42
3.2. Порядок проведения работы	42
3.3. Схема установки прибора Орса	44
3.4. Оформление отчета	46
3.5. Вопросы для проверки	47
4. Лабораторная работа № 4. Анализ котловой и питательной воды с помощью судовой лаборатории ЛВК	48
4.1. Общая характеристика методов, используемых в работе при анализе воды	49
4.2. Судовая лаборатория ЛВК-4. Описание	50
4.3. Анализ воды с помощью ЛВК-4	53
4.4. Подсчет результатов анализа котловой воды	60
4.5. Лаборатория водного контроля Unitor	60
4.6. Оформление отчета	61
4.7. Вопросы для проверки	61
Литература	62

ВВЕДЕНИЕ

К лабораторным работам допускаются студенты, прошедшие инструктаж по правилам техники безопасности в лаборатории судовых паровых котлов кафедры ЭМСС.

Занятия выполняются в лаборатории судовых паровых котлов.

В порядке подготовки к лабораторным занятиям студенты обязаны заблаговременно изучить содержание, порядок выполнения и оформления лабораторной работы по настоящим указаниям и необходимой литературе.

Проверка подготовки студентов к проведению работы проводится преподавателем непосредственно перед началом работы.

Студенты, недостаточно подготовившиеся, к проведению лабораторных работ не допускаются.

Для получения зачёта по лабораторной работе каждый студент должен представить отчет по работе, содержащий схемы установок, дать исчерпывающие ответы по конструкции и работе отдельных ее элементов.

Лабораторная работа № 1

СИСТЕМЫ КОТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Цель лабораторной работы:

- изучение конструкции и взаимодействия элементов лаборатории судовых паровых котлов кафедры ЭМСС;
- составление функциональной схемы (схем) котельного отделения:
 - паровой (включающей конденсатную); питательной; топливной (тяжелого и легкого топлива); воздушной (воздуха для горения и высокого давления).

1.1. Состав котельного отделения

Назначение котельного отделения - подача пара заданных параметров и в необходимом количестве в турбинное отделение и на вспомогательные механизмы в котельном отделении (паровые насосы и теплообменные аппараты).

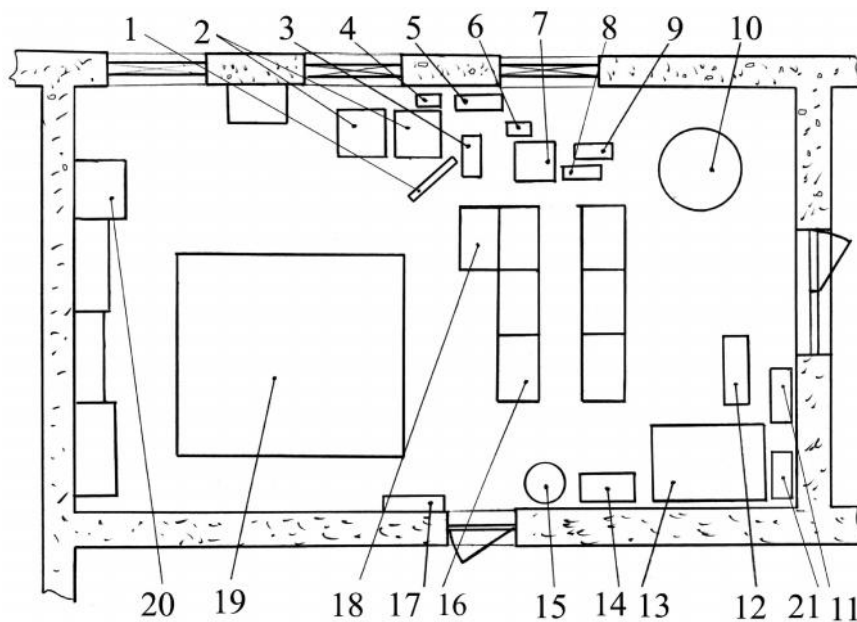


Рис. 1.1. Расположение оборудования в лаборатории котлов:

- 1 – щит управления, индикации и сигнализации; 2 – вентиляторы;
- 3 – насос топливный винтовой; 4 – фильтр тонкой очистки;
- 5 – подогреватель топлива; 6 – насос топливный пусковой;
- 7 – топливный паровой насос; 8 – насос дозерный;
- 9 – фильтр грубой очистки; 10 – котел вспомогательный КВЦ15-8;
- 11 – паровые питательные насосы (два насоса) вспомогательного котла;
- 12 – питательный центробежный насос главного котла;
- 13 – теплый ящик; 14 – питательный паровой насос главного котла;
- 15 – водоподогреватель; 16, 18 – столы; 17 – манометрический щит;

19 – котел главный КВС-68; 20 – верстак; 21 – расходная цистерна

В состав котельного отделения (рис. 1.1) входит: котел вспомогательный КВС-68 (19), котел вспомогательный КВЦ 15/8 (10), питательный насос с электрическим приводом (12), главный питательный насос – с паровым приводом (14), топливный насос с электрическим приводом (3), главный топливный насос – с паровым приводом (7), пусковой топливный насос с электрическим приводом (6), топливоподогреватель (5), водоподогреватель (15), теплый ящик (13), фильтр топливный грубой очистки (9), фильтр топливный тонкой очистки (4), паровые питательные насосы (11), дозерная установка 8 (дозерный насос и бачки фосфатов и нитратов), расходная цистерна, вентиляторы 2, системы: паровая, питательная, топливная, воздушная система (воздуха для горения), система сжатого воздуха.

1.1.1. Котел КВС-68

Котел КВС-68 (рис. 1.2) - с естественной циркуляцией, вертикальный, водотрубный, шатрового типа с двухсторонним протоком дымовых газов. Паропроизводительность 10 т/ч, рабочее давление 2,5 МПа.

Корпус котла состоит из пароводяного коллектора Ø770, соединенного двумя симметричными конвективными пучками водогрейных трубок Ø29×2,5 с двумя водяными коллекторами 500 мм (рис. 1.3).

Каждый конвективный пучок состоит из 13 рядов водогрейных трубок. Расположение трубок в пучке - шахматное. Трубки крепятся к коллекторам вальцовкой.

Для установки котла на фундамент к водяным коллекторам приварены стальные опоры по 2 штуки на каждый коллектор.

Передние опоры крепятся к котельному фундаменту наглухо, а задние опоры свободно скользят по поверхности фундамента.

Каркас и обшивка котла крепится к коллекторам. Каркас представляет решетку, сваренную из профильной и листовой стали. Щиты обшивки выполнены из стальных листов и крепятся на штырях к каркасу и коллекторам.

Нижняя часть топки ограничена поддоном, который по длине котла примыкает к водяным коллекторам, а по фронтам сопрягается с фронтowymi стенками обшивки.

Фронтальные стенки обшивки топки и поддон изнутри облицованы огнеупорным шамотным кирпичом.

Котел имеет одностороннее отопление. Топочное устройство парогенератора состоит из 2 механических форсунок и 2 воздухонаправляющих устройств.

На котле в соответствии с Правилами Регистра РФ установлена необходимая арматура.

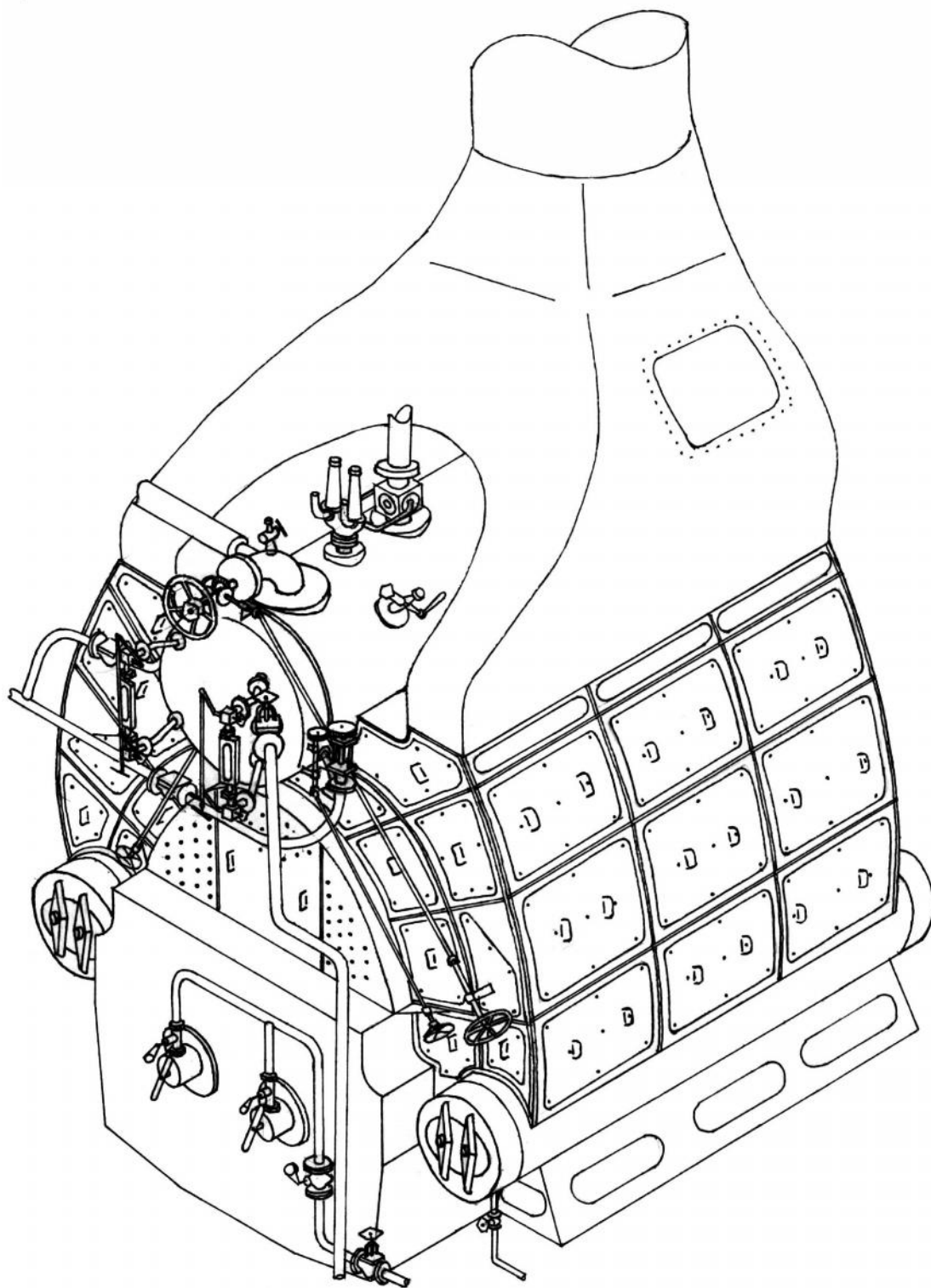


Рис. 1.2. Общий вид котла КВС-68

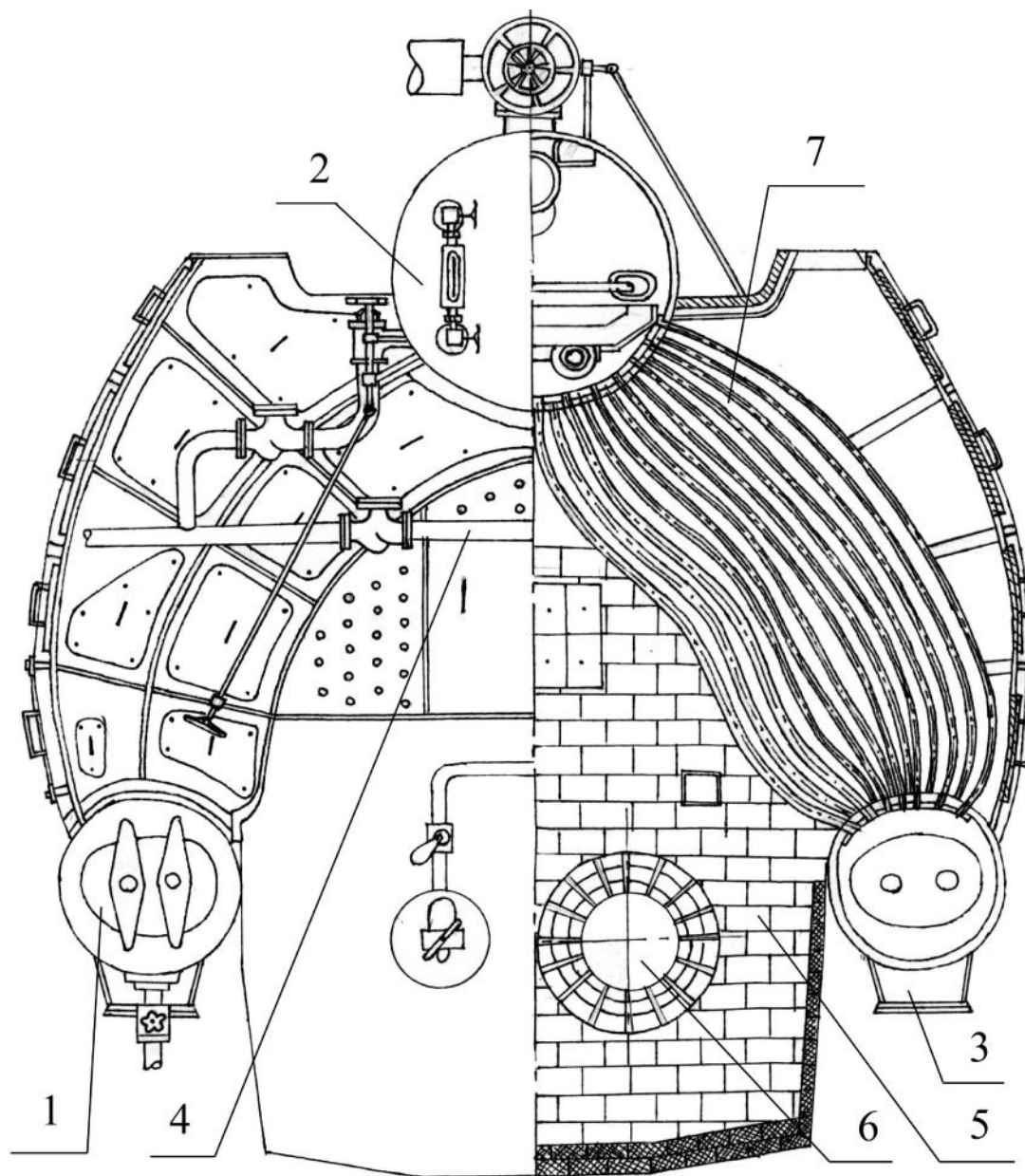


Рис. 1.3. Поперечный разрез котла КВС-68: 1 – водяной коллектор;
 2 – пароводяной коллектор; 3 – опора; 4 – питательный трубопровод;
 5 – кирпичная обмуровка переднего фронта; 6 – фурменное отверстие;
 7 – испарительный трубный пучок

1.1.2 Котел КВЦ-15/8

Котел вертикальный (рис. 1.4), цилиндрический, состоит из 2 обечайек (внутренней и внешней) и 2 днищ. Между обечайками находится вода, которая нагревается теплом газов, движущихся по внутренней обечайке сни-

зу вверх. Во внутреннюю обечайку вварены трубы, в которых находится вода, обогреваемая уходящими газами.

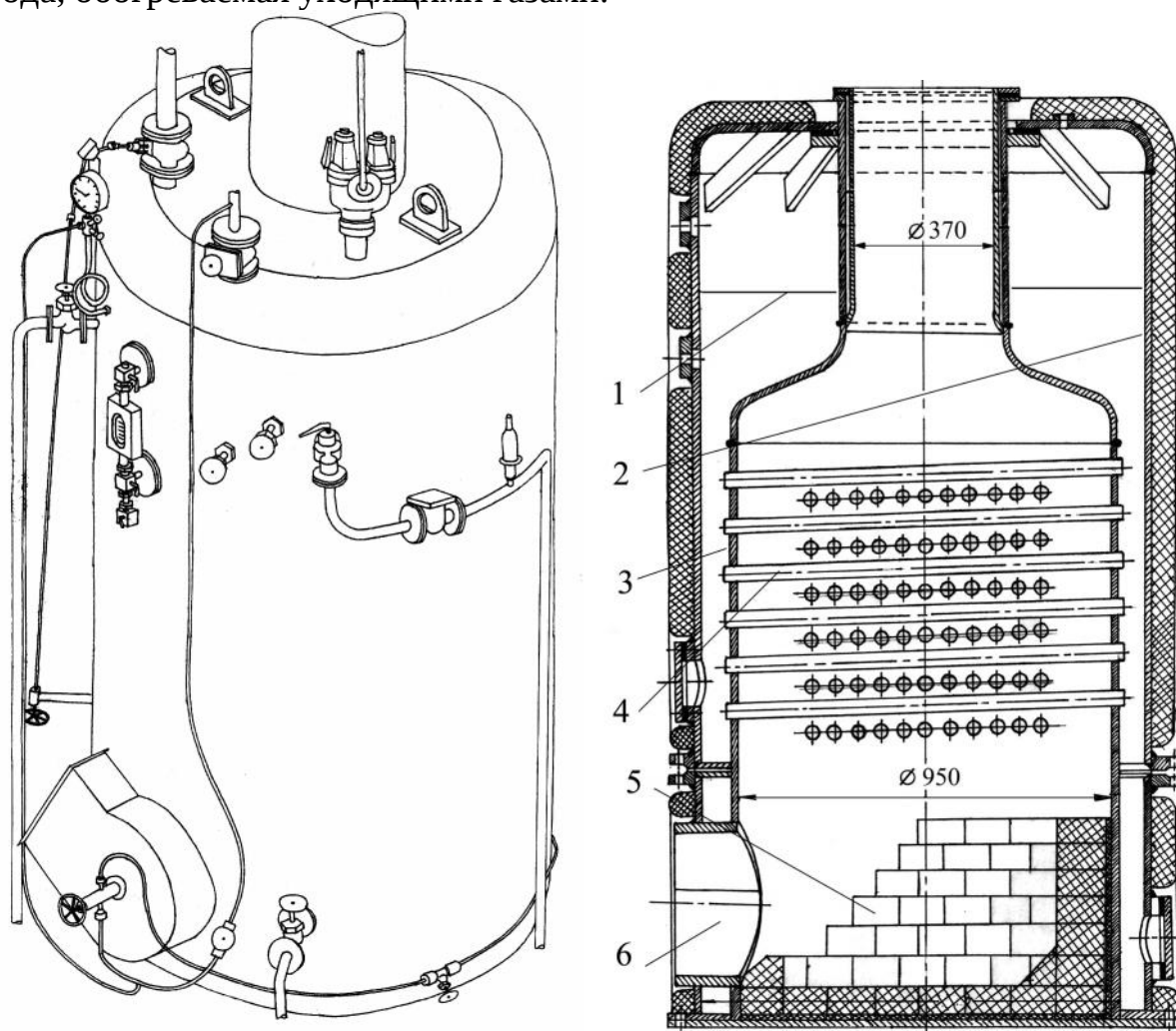


Рис. 1.4. Котел КВЦ 15/8: 1 – средний рабочий уровень воды в котле;
2 – внешняя обечайка; 3 – внутренняя обечайка; 4 – трубы испарительного пучка;
5 – кирпичная обмуровка топки; 6 – фурменное отверстие

Топка представляет собой жаровую трубу, соединяющую внешнюю и внутреннюю обечайку. Для подачи топлива в котел установлена паровоздушная форсунка.

Необходимый для горения воздух поступает в топку за счет самотяги. Для обеспечения нормальной эксплуатации котел снабжен необходимым количеством арматуры.

1.1.3 Питательные насосы

В лаборатории установлено четыре питательных насоса.

Питательный насос (рис. 1.1, позиция 12) – центробежный насос консольного типа, обеспечивает водой главный котел (КВС-68).

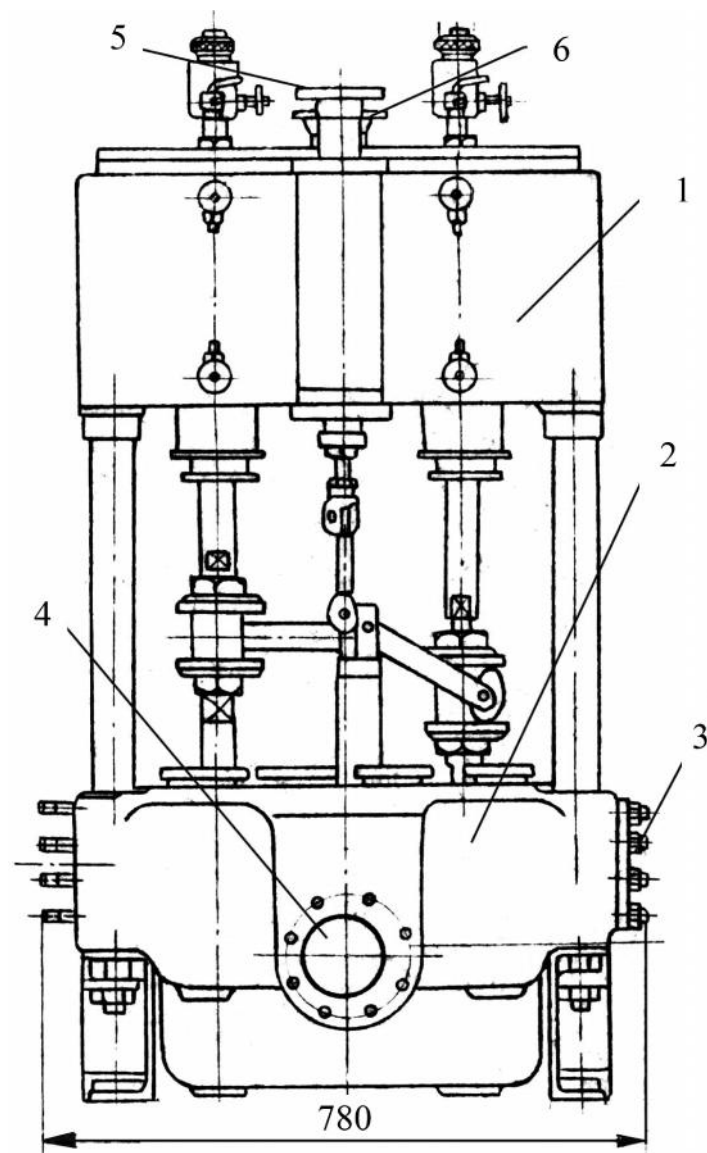


Рис. 1.5. Главный питательный насос:
 1 – приводная часть (паровые цилиндры);
 2 – насосная часть (водяные цилиндры);
 3 – отвод питательной воды; 4 – подвод питательной
 воды (всасывающий фланец); 5 – подвод пара;
 6 – отвод пара

Главный питательный насос с паровым приводом (рис. 1.5) – насос вертикальный поршневой прямодействующий (состоит из двух паровых и двух насосных цилиндров) служит для подачи питательной воды в котлы из тёплого ящика.

Два питательных насоса, включенные параллельно, служат для подачи воды из цистерны питательной воды (или из теплого ящика) в котлы. Насосы паровые, прямодействующие, горизонтальные (рис. 1.6). Насосы приводятся паром или сжатым воздухом (при заполнении котлов водой).

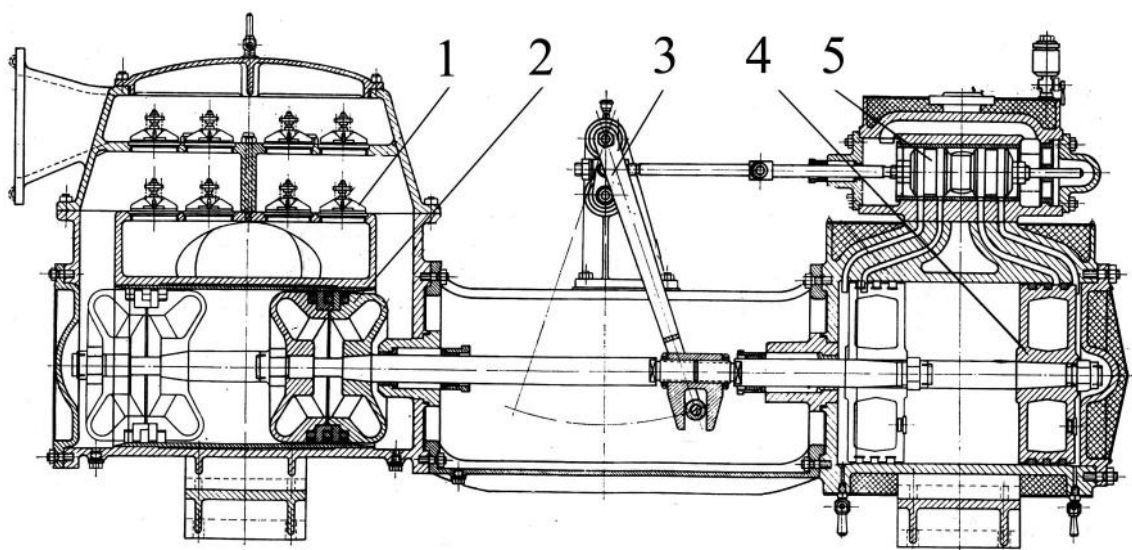


Рис. 1.6. Паровой прямодействующий поршневой насос типа «Вортингтон»:
1 – клапан обратный; 2 – водяной цилиндр; 3 – система рычагов золотникового движения; 4 – паровой цилиндр; 5 – цилиндрический золотник

1.1.4. Топливные насосы

Топливный насос (поз. 3, рис. 1.1) – винтовой с электрическим приводом служи для подачи тяжелого топлива (мазута) в котел КВС-68, поршневой прямодействующий с паровым приводом

Главный топливный насос (рис. 1.7) по конструкции вертикальный паровой прямодействующий состоит из парового и насосного цилиндров. Насос служит для подачи мазута к котлу КВС-68 в случае отсутствия электроэнергии. Для компенсации неравномерности подачи на выходе насоса установлен аккумулятор давления («воздушный колпак»).

Пусковой топливный насос 6 - служит для подачи дизельного топлива к котлу КВС-68. Насос шестеренчатого типа, с электроприводом.

1.1.5. Водоподогреватель

Водоподогреватель (поз. 15, рис. 1.1) служит для подогрева питательной воды отработанным паром. Подогреватель вертикальный с U-образными трубками, двухходовой по воде. Конденсат греющего пара отводится в теплый ящик через конденсатоотводчик.

1.1.6. Тёплый ящик

Теплый ящик (поз. 13, рис. 1.1) служит для сбора и подогрева конденсата, для очистки конденсата от механических примесей и масла; раздачи на насосы питательной воды по потребителям.

1.1.7. Топливоподогреватель

Топливоподогреватель (рис. 1.8), типа «труба в трубе», служит для подогрева мазута отработанным паром.

Конденсат греющего пара направляется в теплый ящик.

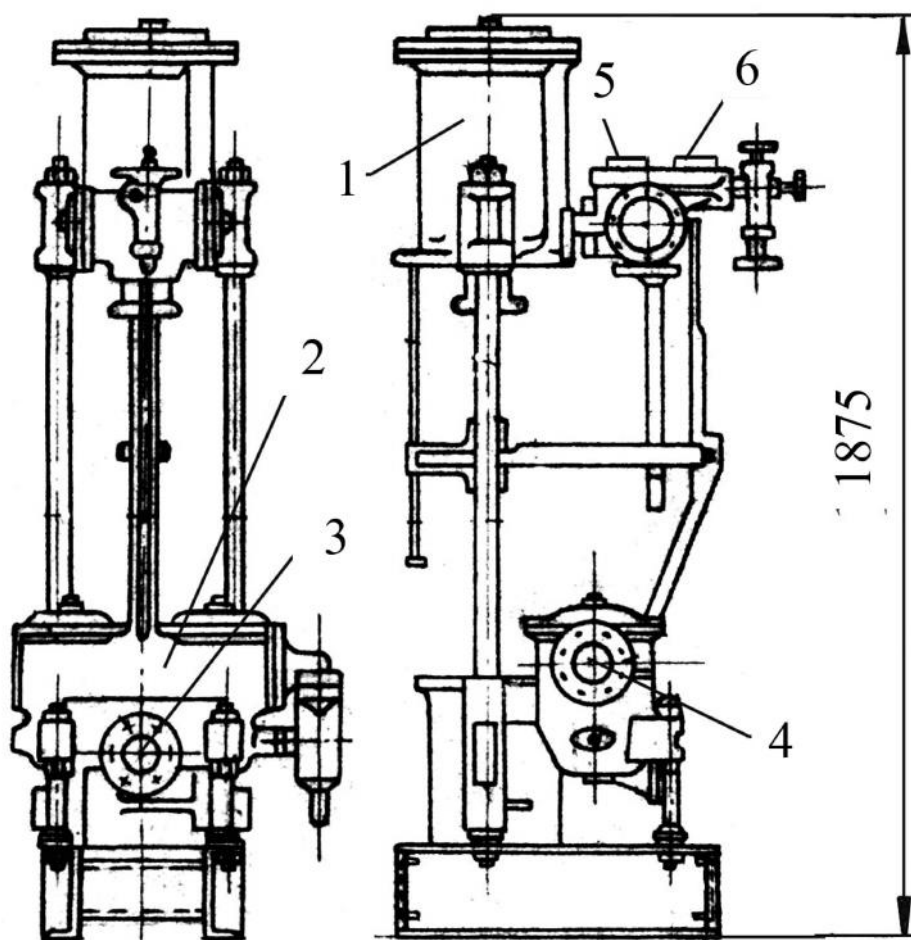


Рис. 1.7. Главный топливный насос:

- 1 – паровой цилиндр; 2 – топливный цилиндр;
3 – всасывающий патрубок; 4 – нагнетательный патрубок;
5 – отвод отработанного пара; 6 – подвод острого пара

1.1.8. Топливные фильтры

Для удаления из топлива механических примесей установлены 3 фильтра: два фильтра грубой очистки (поз. 9, рис. 1.1) и один фильтр тонкой очистки (рис. 1.9).

Фильтры грубой очистки – сетчатые, тонкой очистки – пластинчатый.

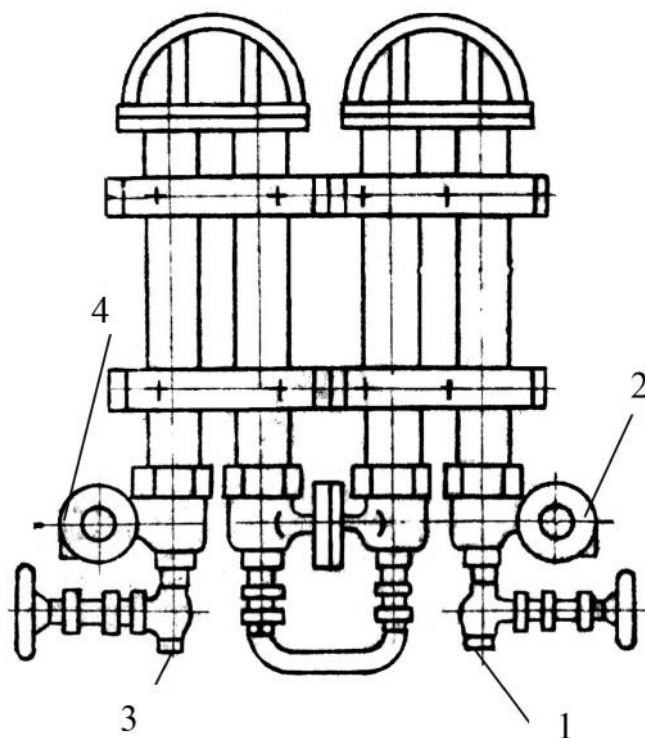


Рис. 1.8. Топливоподогреватель. Общий вид:

- 1 – подвод пара; 2 – подвод топлива;
3 – отвод конденсата; 4 – отвод топлива

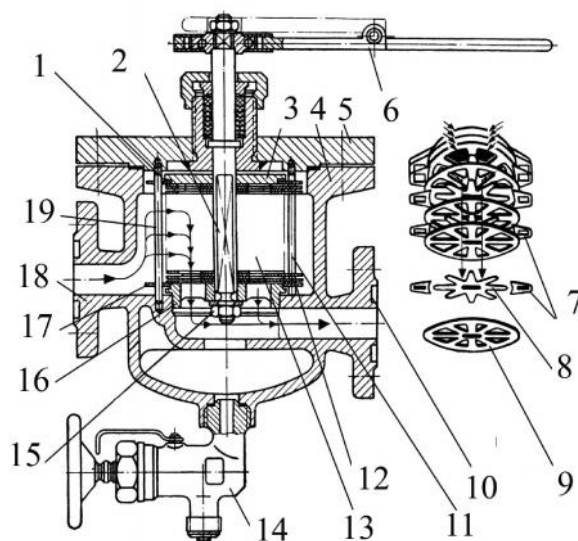
1.1.9. Вентиляторы

Для обеспечения воздухом для горения котла КВС-68 установлены два вентилятора центробежного типа с электроприводом, включены параллельно.

1.1.10. Расходная цистерна

Расходная цистерна (поз. 21, рис. 1.1) служит для сбора конденсата, поступающего в котельное отделение из турбинного отделения.

Рис. 1.9. Топливный пластинчатый фильтр: 1 – круглые пластины; 2 – шток; 3 – тарелка; 4 – корпус; 5 – крышка; 6 – рукоятка; 7, 12, 17 – ножи; 8 – звездообразные прокладки; 9 – пластины; 10, 18 – выходной и приемный фланцы; 11, 19 – стойки; 13 – фильтрующий патрон; 14 – спускной клапан; 15 – гайка; 16 – втулка



1.1.11. Дозерная установка

Дозерная установка (поз. 8, рис. 1.1) состоит из дозерного насоса (рис. 1.9), двух бачков реагентов (фосфатов и нитратов) и трубопровода с необходимой арматурой. Дозерный насос – плунжерного типа, привод насоса состоит из червячного редуктора и электродвигателя.

1.1.12. Трубопроводы и арматура

Трубопроводы острого пара служат для подачи пара от котлов в турбинное отделение и к вспомогательным механизмам котельного отделения.

Трубопроводы отработанного пара служат для отвода отработанного пара от вспомогательных механизмов в турбинное отделение.

Трубопроводы питательной воды служат для подачи воды из цистерны или из теплого ящика к котлам.

Трубопровод тяжелого топлива (мазута) служит для подачи топлива к котлу КВС-68.

Трубопроводы дизельного топлива служат для подачи топлива к котлам КВС-68 (в период пуска) и КВЦ-15/8.

Трубопровод сжатого воздуха служит для подачи воздуха на паровоздушную форсунку котлу КВЦ-8-15 и для подачи воздуха на привод питательных насосов. Возможна подача сжатого воздуха на обдувку поверхностей нагрева котла КВС-68.

Трубопровод воздуха низкого давления служит для подачи воздуха от вентиляторов к котлу КВС-68.

Трубопроводы конденсата служат для подачи конденсата в теплый ящик.

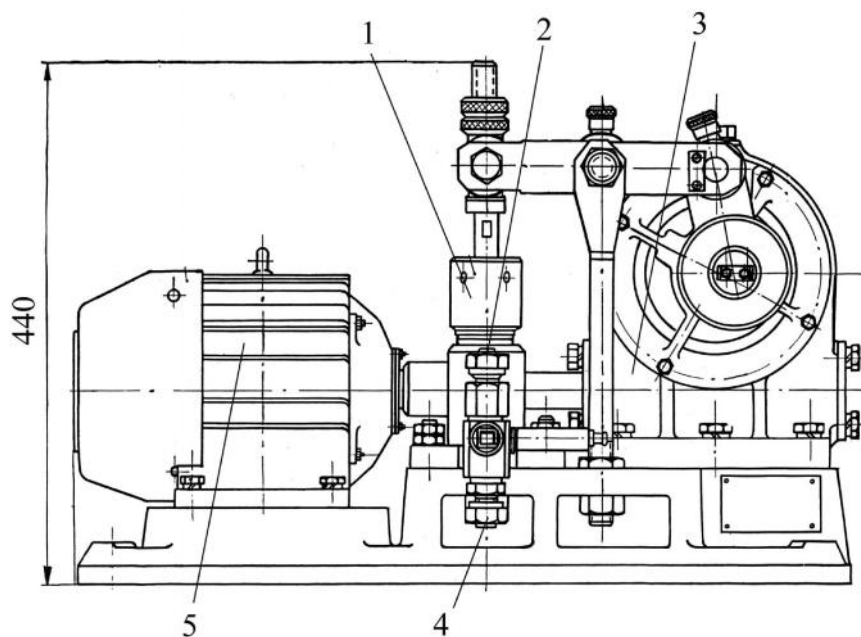


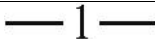
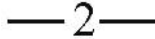
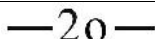
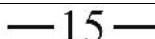
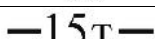
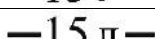
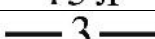
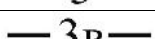
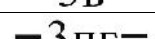
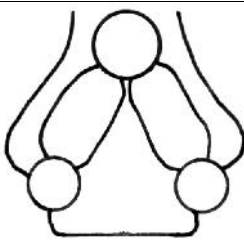
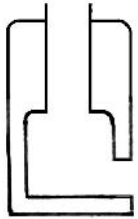
Рис. 1.9. Дозерный насос: 1 – насос плунжерный; 2 – отвод раствора; 3 – редуктор червячный; 4 – подвод раствора; 5 – электродвигатель

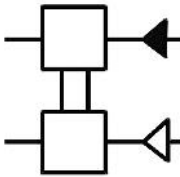
1.2. Условные обозначения элементов котельного отделения на функциональных схемах

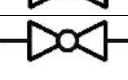
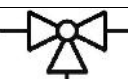
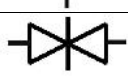
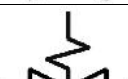
На всех перечисленных трубопроводах котельного отделения установлена арматура, условные обозначения которой представлены в табл. 1.1.

Т а б л и ц а 1.1

Условные обозначения элементов в судовых функциональных схемах

Обозначение	Описание элемента
1	2
	Трубопровод воды (без указания типа воды)
	Трубопровод питательной воды
	Трубопровод конденсатно-питательный
	Трубопровод паровой
	Трубопровод острого пара
	Трубопровод отработанного пара
	Топливные трубопровод (без указания типа топлива)
	Трубопровод тяжелого топлива
	Трубопровод легкого топлива
	Воздушный трубопровод
	Трубопровод сжатого воздуха
	Трубопровод воздуха для горения
	Указание направления движения среды (жидкость)
	Указание направления движения среды (газ, пар)
	Обводка трубопроводов (соединение отсутствует)
	Соединение трубопроводов
	Котел КВС-68, трехбарабанный, водотрубный, с двухпроточным движением газов
	Котел КВЦ 15-8

1	2
	Насос паровой
	Центробежный насос
	Насос (без указания типа)
	Насос ручной
	Теплообменный аппарат (подогреватель) с указанием подвода и отвода греющей и обогреваемой сред
	Баллон под давлением
	Вентилятор
	Фильтр
	Цистерна
	Форсунка
	Насос винтовой
	Насос шестеренчатый
	Клапан проходной запорный
	Клапан угловой запорный
	Клапан невозвратный
	Клапан невозвратно-запорный
	Клапан быстродействующий

1	2
	Клапан регулирующий
	Клапан с дистанционным управлением
	Кран двухходовой
	Кран трехходовой
	Задвижка
	Заслонка
	Конденсатоотводчик
	Клапан предохранительный с тросиковым приводом
	Клапан предохранительный
	Клапан с электромагнитным приводом на закрытие
	Клапан для манометра
	Клапан дроссельный
	Клапан редукционный

1.3. Работа котельного отделения

Котельное отделение работает следующим образом.

Главный котел, вырабатывающий пар в турбинное отделение – котел КВС-68. Котел вспомогательный КВЦ 15/8 служит для запуска главного котла и для работы на стояночных режимах.

В начальном состоянии котлы порожние, т.е. без воды.

Вспомогательный котел КВЦ 15/8 заполняется питательной водой одним из двух горизонтальных питательных паровых насосов 11 (рис. 1.1). Насосы паровые, поэтому имеется внешний источник их привода – два баллона со сжатым воздухом (давление до 6 МПа). Объем баллонов хватает на заполнение главного и вспомогательного котлов водой, теплого

ящика (при необходимости) и распыл топлива на паровоздушной форсунке котла КВЦ 15/8 для его запуска. Т.о. из баллонов сжатый воздух подается на привод насоса 11, который подает воду к потребителям из питательной цистерны, расположенной в соседнем помещении.

После заполнения водой запускается вспомогательный котел КВЦ 15/8. Воздух для горения обеспечивается самотягой. Зажигание форсунки – факелом. Топливо котла – легкое, поступает самотеком, за счет подпора высотой 3 м (0,03 МПа). Распыл топлива – сжатым воздухом.

После запуска котла подается пар от него на питательные насосы 11 и на форсунку. С помощью насосов питательная вода подается в главный котел 19 и в теплый ящик 13. Для запуска главного котла КВС-68 вентиляторами 2 воздух подается в топку котла 19.

Легкое топливо из топливной цистерны легкого топлива, расположенной в соседнем помещении, подается шестеренчатым насосом 6.

Пар от главного котла 19 подается, кроме потребителей в турбинном помещении, на паровой поршневой прямодействующий топливный насос 7 и паровой поршневой прямодействующий питательный насос 14, отработанный пар – на топливоподогреватель 5, водоподогреватель 15 и в турбинное отделение на главный конденсатор.

В случае использования топливного и питательного насосов с электрическим приводом, отработанный пар поступает на подогреватели из турбинного отделения. Конденсат от подогревателей отводится через конденсатоотводчики в теплый ящик.

1.4. Арматура систем котельного отделения

В зависимости от назначения судовая арматура подразделяется на:

а) запорную – для отключения отдельных участков трубопроводов (краны, задвижки, запорные клапаны);

б) регулирующую – для регулирования и поддержания заданных параметров среды (дроссельные, регулирующие, редукционные клапаны, регуляторы давления и уровня);

в) предохранительную и защитную – для предохранения отдельных участков трубопроводов и агрегатов (предохранительные, невозвратные);

г) контрольную – для контроля параметров среды (пробные краны и клапаны, краны и клапаны контрольно-измерительных приборов).

По способу присоединения к трубопроводам арматуру изготавливают фланцевой, штуцерной, муфтовой, с присоединительными концами под дюрит или под сварку.

Для изготовления арматуры применяют латуни, бронзы, углеродистую, легированную, коррозионно-стойкую стали, алюминиевые и титановые сплавы.

Материал основных деталей арматуры приведен в табл. 1.2, материал основных деталей паровой арматуры – в табл. 1.3. Материалы и типы прокладок, применяемые в судовой арматуре представлены в табл. 1.4.

Т а б л и ц а 1.2

Материал основных деталей судовой арматуры

Детали	Материал деталей клапанов, кранов, задвижек		
	латунные	бронзовые	стальные
Корпус	ЛК80-3Л ЛМц58-2	Бр.ОЦ10-2, Бр.АМц9-2	25Л, 2Х13, 0Х18Н10Т
Крышка	ЛК80-3Л ЛМц58-2	Бр.ОЦ10-2 Бр.АМц9-2	25Л, 20, 30, 35 2Х13, Х18Н9ТЛ
Шпindelь	ЛЖМц59-1-1 Бр.Амц9-2	Бр.Амц9-2 ЛО62-1	2Х13, 3Х13, 30, 35, 1Х17Н2
Тарелка Пробка	ЛЖМц59-1-1 ЛК80-3Л	Бр.ОЦ10-2 1Х17Н2	25Л, 20, 2Х13, 0Х18Н10Т
Болты	Ст.4, Ст.5 20, 25	Ст.4, Ст.5 20, 25, 2Х13	Ст.4, Ст.5 20, 25, 2Х13
Пружины	4Х13, 60С2А	4Х13, 60С2А	4Х13, 60С2А
Ходовая гайка	ЛМц58-2, АЖМц59-1-1	Бр.Амц9-2, ЛМц58-2	ЛМц58-2, Бр.Амц9-2

Т а б л и ц а 1.3

Материалы основных деталей паровой арматуры

Детали	Материал
Корпус	20ХМЛ, 20ХМФЛ, Х18Н9ТЛ, 12МХ
Крышка	20ХМЛ, 20ХМФЛ, Х18Н9ТЛ, 2Х13
Шпindelь	38ХМЮА, 25Х2МФА, 4Х14Н14В2М, Х18Н10Т
Седло, тарелка	12МХ, 15ХМ, 2Х13, 38ХМЮА, Х18Н10Т, 1Х18Н10Т
Ходовая гайка	Бр.Амц9-2, ЛМц58-2, 2Х13, 40Х
Шпильки, гайки	20, 25, 30, 35ХМ, 25Х2МФА, Х18Н10Т, Х14Н14В2М

Т а б л и ц а 1.4

Прокладки для соединений трубопроводов

Материал прокладок	Параметры среды (не более)		Проводима среда
	Т, °К	Р, МПа	
1	2	3	4
Прессшпан	303	1,0	Нефтепродукты, масло, вода
Картон асбестовый	573	0,3	Дымовые газы, пар
Асбестовая ткань	723	0,6	Дымовые газы, пар
Резина техническая	243	1,6	Вода, масло, бензин, топливо
Паронит	723	5,0	Вода, воздух, пар, выпускные газы
Текстолит	373	6,0	Вода, масло

1	2	3	4
Медь М1, М3	523	20,0	Воздух, пар, дизельное топливо, масло
Алюминий	573	2,0	Пар, нефтепродукты
Монель-металл	700	10,0	Перегретый пар, вода, бензин
Никель	725	7,0	Перегретый пар
Сталь 20	473	10,0	Питательная вода
Сталь 15ХМ	723	6,4	Перегретый пар

Наибольший по представительству класс судовой арматуры – запорная арматура. Запорные клапана (рис. 1.10) предназначены для разобщения и герметизации участков трубопроводов. Запорный орган – тарелки – соединен со штоком и перемещается с ним. Тарелка соединяется со штоком таким образом, который позволяет вращаться штоку относительно тарелки, что предохраняет уплотнительные поверхности от истирания.

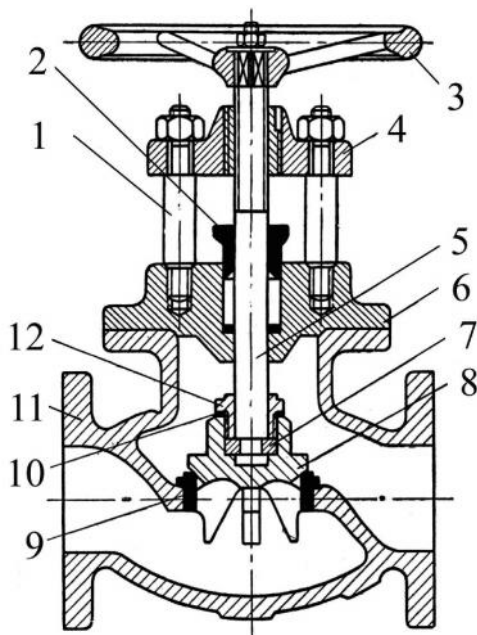


Рис. 1.10. Клапан проходной запорный: 1 – колонка; 2 – нажимная втулка; 3 – маховик; 4 – поперечина; 5 – шток; 6 – крышка; 7 – кольцо; 8 – тарелка; 9 – седло; 10 – шайба; 11 – корпус; 12 – гайка

Трапецеидальная резьба штока входит в резьбовую втулку, который может быть частью корпуса или крышки клапана. При вращении штока маховиком по часовой стрелке клапан закрывается, при вращении против часовой стрелки – открывается.

Запорные клапана изготавливают двух типов: проходные (рис. 1.11) и угловые. На рис. 1.11,а изображен проходной запорный фланцевый клапан, на 1.11,б – угловой запорный фланцевый, на 1.11,в – проходной запорный штуцерный, на 1.11,г – угловой запорный штуцерный, на 1.11,д – проходной запорный муфтовый.

Подвод среды в клапанах, как правило, производится под тарелку.

Такой подвод имеет следующее преимущество: при закрытом клапане уплотнение корпуса с крышкой и сальник не подвержены действию рабочего давления и температуры.

Если усилие на тарелку превышает 40...50 кН, подвод рабочей среды выполняется на тарелку.

В этом случае для облегчения открытия клапана устанавливают разгрузочные обводы.

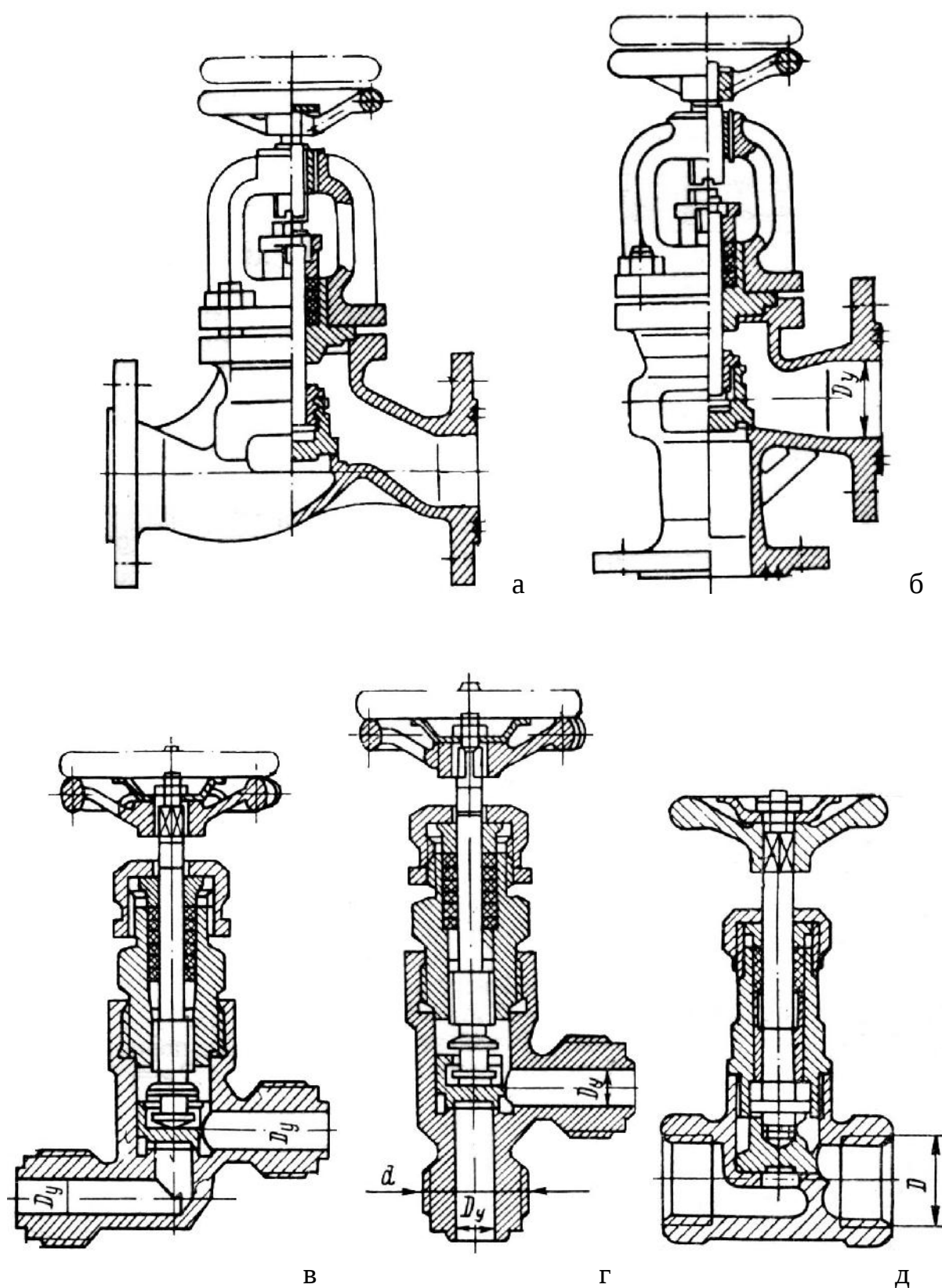


Рис. 1.11. Запорные клапана: а – проходной запорный фланцевый клапан; б – угловой запорный фланцевый клапан; в – проходной запорный штуцерный клапан; г – угловой запорный штуцерный клапан; д – проходной запорный муфтовый клапан

В судовых трубопроводах при условных проходах более 50 мм применяют задвижки (рис. 1.12,а), имеющие меньшее, чем клапаны гидравлическое сопротивление.

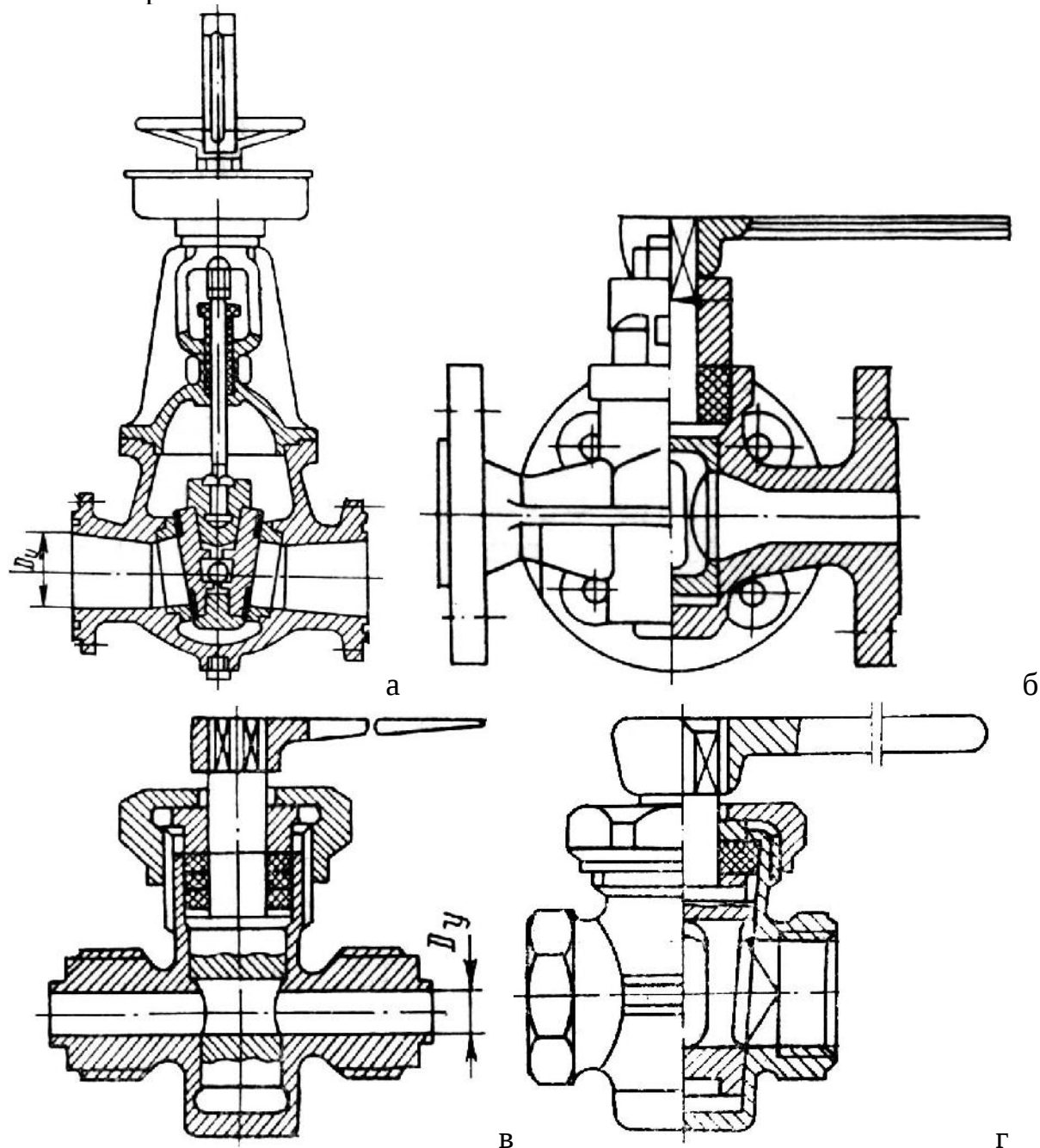


Рис. 1.12. Судовая арматура: а – задвижка; б – кран трехходовой фланцевый; в – кран проходной штуцерный; г – кран трехходовой муфтовый

Для открытия задвижек требуется меньшее усилие, они допускают протекание среды в обоих направлениях, имеют меньшие размеры, особенно при больших условных проходах. Недостатки – уступают в плотности запираания трубопроводов, что объясняется сложностью пригонки уплотнительных поверхностей и деформацией корпуса от давления среды.

Уплотнительные поверхности задвижек подвержены быстрому износу, для открытия задвижек требуется значительно большее время.

В судовых трубопроводах для условных проходов до 80 мм в качестве запорной арматуры применяют также краны (пробки). Краны представляют собой арматуру, в корпусе которой устанавливается коническая пробка (конусность 1:7), для создания герметичности пробка плотно притирается к корпусу. Открытие и закрытие крана выполняется рукояткой. По конструкции краны делятся на проходные и трехходовые, которые различают с L-образной и с Т-образной пробками. Положение пробки кранов указывается рисками, нанесенными на ее торце. Краны отличаются от другой запорной арматуры быстротой переключения, меньшим по сравнению с клапанами гидравлическим сопротивлением. На рис. 1.12,б изображен трехходовой фланцевый кран, на 1.12,в – проходной штуцерный, на 1.12,г – трехходовой муфтовый.

В судовых трубопроводах для условных проходов до 80 мм в качестве запорной арматуры применяют также шаровые краны, свыше 80 мм применяют поворотные задвижки.

В качестве предохранительной арматуры применяются невозвратные (рис. 1.13) и невозвратно-запорные клапана (рис. 1.14), которые открываются потоком среды и допускают ее движение только в одном направлении. В судовых трубопроводах такие клапана устанавливаются в питательных трубопроводах котлов, во всасывающих и нагнетательных трубопроводах насосов, за конденсатоотводчиками и других трубопроводах, где не допускается течение среды в обратном направлении.

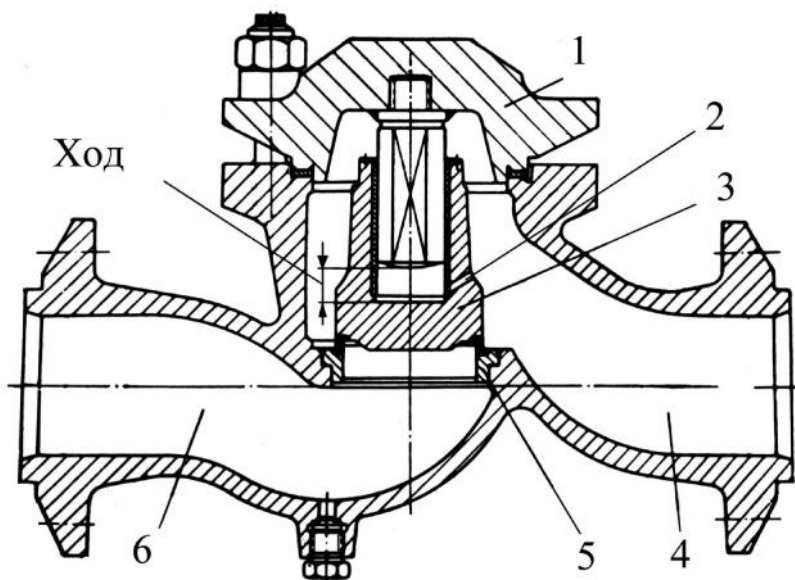


Рис. 1.13. Проходной невозвратный фланцевый клапан:
1 – крышка; 2 – разгрузочное отверстие 3 – тарелка;
4 – выходной патрубок; 5 – седло; 6 - входной патрубок

Невозвратно-запорные клапана в закрытом состоянии препятствуют движению среды в любом направлении, а при открытом клапане (поднятом штоке) работают как невозвратные. В невозвратно-запорных клапанах, в отличие от запорных, тарелка на штоке не закреплена.

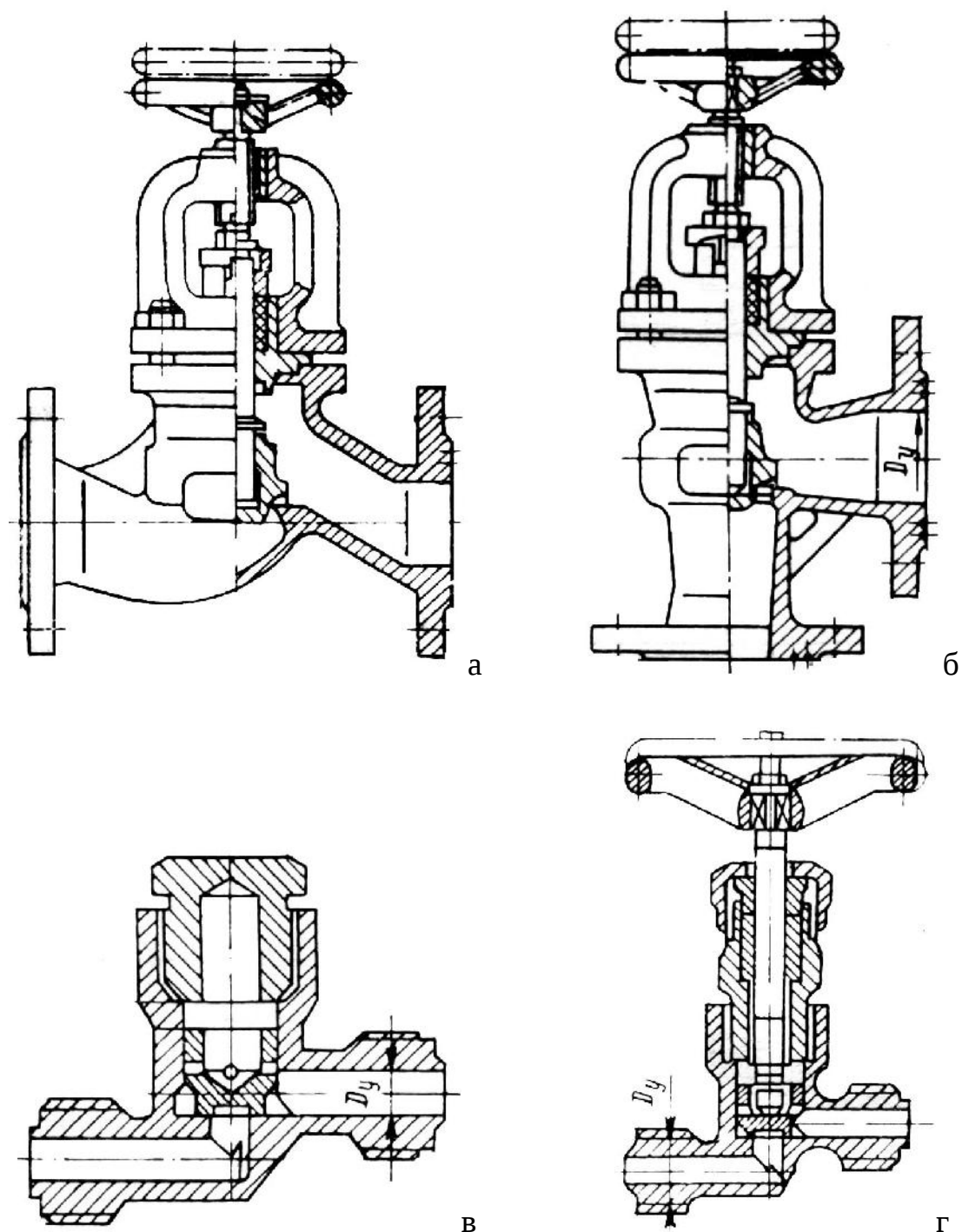


Рис. 1.14. Невозвратная арматура: а – проходной невозвратно-запорный фланцевый клапан; б – угловой невозвратно-запорный фланцевый клапан; в – проходной невозвратный штуцерный клапан; г – проходной невозвратно-запорный штуцерный клапан

Невозвратные и невозвратно-запорные клапаны должны устанавливаться при вертикальном положении штока, отклонение от оси штока (тарелки) от вертикали допускается не более 15° .

Предохранительные клапаны предназначены для предотвращения повышения давления в трубопроводах сверх установленных норм.

В судовых трубопроводах применяют пружинные предохранительные клапаны, регулирование которых осуществляется поджатием пружины. В зависимости от отношения высоты подъема тарелки к диаметру проходного сечения седла предохранительные клапаны подразделяют на полноподъемные (отношение $\frac{1}{4} - \frac{1}{3}$) и неполноподъемные (отношение равно $\frac{1}{2} - \frac{1}{4}$).

Предохранительный клапан представлен на рис. 1.15.

В клапане давление пара воздействует непосредственно на тарелку 1 клапана. Тарелка 1 прижата к гнезду пружиной 3 через тарелку 4 с помощью втулки 6, ввернутой в крышку 2. Пружину затягивают, ввертывая или вывертывая втулку 6 при снятом колпаке 7. При превышении заданного давления пара в аппарате (котле) тарелка клапана, преодолевая натяжение пружины, под действием давления пара поднимается, и избыток пара выпускается через паропроводящий трубопровод в атмосферу. После снижения давления до заданного под действием пружины клапан закрывается. Для подрыва клапана вручную имеется привод с рычагом 10, который связан с колпаком; последний в свою очередь чекой 8 соединен со штоком 5. При повороте рычага колпак поднимется и, воздействуя через чеку на шток, поднимает тарелку клапана. Из-за наличия пломбы 9 исключается возможность дополнительной регулировки клапана.

Для конденсации пара низких параметров и возврата его в систему трубопроводы оснащаются конденсатоотводчиками.

Конденсатоотводчик представлен на рис. 1.16. Конденсационная вода из трубопровода стекает в горшок, заполняет вначале кольцевое пространство вокруг поплавка 1, а потом переливается внутрь поплавка, вследствие чего он опускается. На дне поплавка закреплен шток 2, верхний конец которого представляет собой игольчатый клапан 3. При опускании поплавка

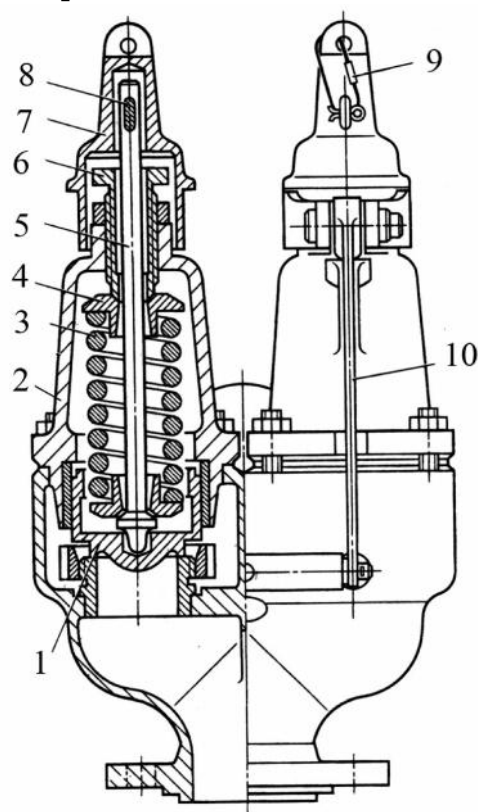


Рис. 1.15. Сдвоенный предохранительный клапан: 1, 4 – тарелка; 2 – крышка; 3 – пружина; 5 – шток; 6 – втулка; 7 – колпак; 8 – чека; 9 – пломба; 10 – рычаг

под тяжестью конденсата игольчатый клапан открывается, при этом давление пара выжимает конденсат из поплавка через направляющую трубку 4 и невозвратный клапан 5 и поплавок вновь всплывает, закрывая выход пару игольчатым клапаном. Таким образом, горшок выпускает воду, но не пропускает пар.

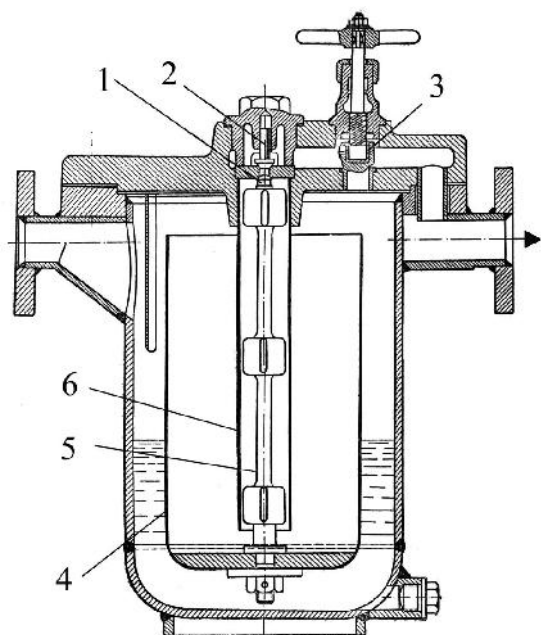


Рис. 1.16. Конденсационный горшок: 1, 3 – клапан; 2 – игольчатый клапан; 4 – поплавок; 5 – шток; 6 – направляющая трубка

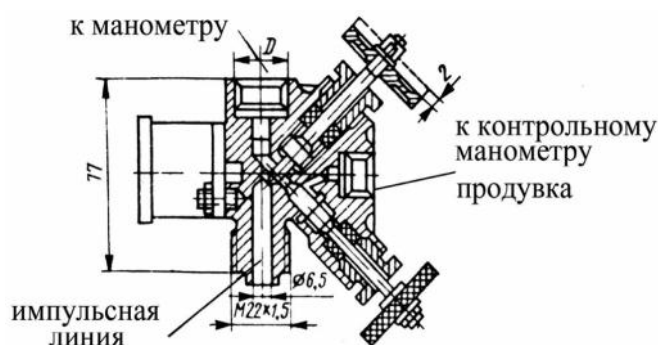


Рис. 1.17. Клапан для манометра

Для установки манометров в системах используются клапана для манометров (рис. 1.17).

Их изготавливают с условным проходом 0,006 м (6 мм) для условных давлений до 10 МПа. Бронзовые клапана применяют для трубопроводов морской воды, латунные – для трубопроводов масла, пресной воды, воздуха, пара (температура пара до 523 К), из нержавеющей стали 2Х13 – для трубопроводов пара (температура до 673 К).

1.5. Оформление отчета

Отчет должен состоять из схемы котельного отделения, содержащей следующие системы: паровую; питательную; топливную (тяжелого и легкого топлива), воздушную (для горения и сжатого воздуха).

Отчет может быть выполнен на одном листе (комбинированная схема) или каждая система может быть выполненная на отдельном листе.

Схема должны содержать все элементы котельного отделения. Все механизмы, трубопроводы и арматура должны быть обозначены в соответствии с нормативными требованиями.

1.6. Вопросы для проверки

1. Каково назначение котельного отделения и его отдельных элементов?
2. Как и когда поступает питательная вода в котлы?
3. Как устроен и как работает котел КВС-68?
4. Где установлены трехходовые краны?
5. Как работает топливная система котла КВС-68 и котла КВЦ-15/8.

Лабораторная работа № 2

АРМАТУРА СУДОВЫХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Целью данной лабораторной работы является изучение конструкции и работы арматуры судовых паровых котлов, а также изучение требований, предъявляемых к установке, испытаниям и материалам арматуры.

К арматуре судовых паровых котлов относятся устройства и приборы, устанавливаемые на паровых котлах и служащие для управления и контроля за правильной и безопасной их работой.

На паровых котлах устанавливается следующая арматура:

- а) главный стопорный клапан;
- б) вспомогательный стопорный клапан;
- в) питательный клапан;
- г) предохранительный клапан;
- д) клапан верхнего продувания;
- е) клапан нижнего продувания;
- ж) клапан для удаления воздуха;
- з) импульсные клапаны;
- и) клапан отбора проб;
- к) клапан для заполнения котла водой и для ввода присадок;
- л) клапаны предельных положений уровня;
- м) дренажные клапаны;
- н) водоуказательные колонки.

К расположению арматуры, к минимально необходимому количеству, к материалу арматуры Правила Регистра предъявляют следующие требования.

1. Арматура котла должна устанавливаться на приварышах или на специальных патрубках и крепиться к ним, как правило, на фланцах соответственно шпильками или болтами. Длина полной резьбы шпилек, входящих в тело приварыша, должна быть не меньше наружного диаметра резьбы шпильки. Штуцерная арматура допускается диаметром не более 15 мм. При этом крепления ее на котле должны выполняться на специальных приварышах.

2. Арматура должна быть доступной для управления и разборки.

3. Крышки клапанов должны крепиться к корпусам на шпильках или болтами. Клапаны с диаметром прохода 20 мм и меньше могут иметь крышки на резьбе при наличии на них надежных стопоров.

4. Клапаны должны иметь указатели положения "открыто", закрыто".

Закрытие клапанов должно производиться при вращении маховика по часовой стрелке.

2.1. Стопорные клапаны

Стопорные клапаны предназначены для сообщения котла с главным и вспомогательным паропроводами. Они могут быть запорными и невозвратно-запорными. При двух и более котлах до соединения их с общей магистралью должны устанавливаться невозвратно-запорные клапана.

Стопорный угловой невозвратно-запорный клапан, рассчитанный на невысокие параметры, представлен на рис. 2.1.

Он имеет стальной корпус 8, который фланцем 7 крепится к приварышу на котле. У крышки 4, установленной на прокладке 5, имеется сальник с нажимной втулкой 2 и кронштейн (стойка) с резьбовой втулкой 2. На нижнем конце штока 10 свободно закреплена тарелка клапана 9, а на верхнем, на удлиненном квадрате – маховик 1.

Удлиненный квадрат сделан для присоединения дистанционного привода.

При вращении маховика против часовой стрелки шток клапана, вращаясь своей резьбовой частью во втулке 7, перемещается вверх и клапан под действием пара поднимается и соединяет котел с паропроводом.

При вращении маховика в противоположную сторону шток опускается, прижимает тарелку к гнезду 2 и закрывает клапан. Гнездо клапана изготовлено из нержавеющей стали и запрессовано в корпус.

Быстрозапорный невозвратно-запорный стопорный клапан показан на рис. 2.2.

Клапан может открываться под давлением пара снизу на тарелку в том случае, если шток 12 поднят. Закрывается клапан при опускании штока. Так как для закрытия клапана посредством маховика (через зубчатую передачу, гайку 15 и втулку 14, освобождающую шток при его движении вверх) требуется около 1 мин, то для быстрого закрытия клапана (в случае аварии турбины или магистрали) предназначен сервомотор 6. Шток 5 через крестовину 4 и рычаг 3, имеющий опору в точке А, соединен с поперечиной 2 штока 12 клапана.

При открытом клапане в обе полости цилиндра сервомотора 6 поступает пар и поршень идет вверх, так как давление снизу больше (на площа-

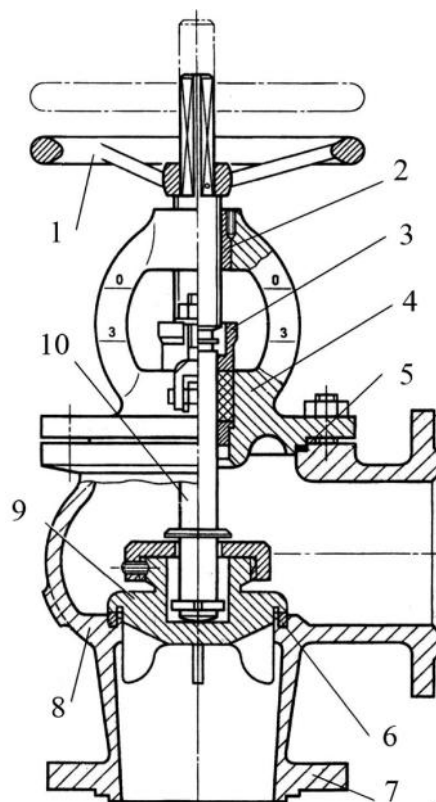


Рис. 2.1. Стопорный клапан:
1 – маховик; 2 – резьбовая втулка; 3 – нажимная втулка; 4 – крышка; 5 – прокладка; 6 – седло; 7 – фланец; 8 – корпус; 9 – тарелка; 10 – шток

ди сечения штока 5), и освобождает шток 12. Для быстрого закрытия клапана полость под цилиндром сообщают с конденсатором или магистралью низкого давления, и сервомотор быстро закрывает клапан.

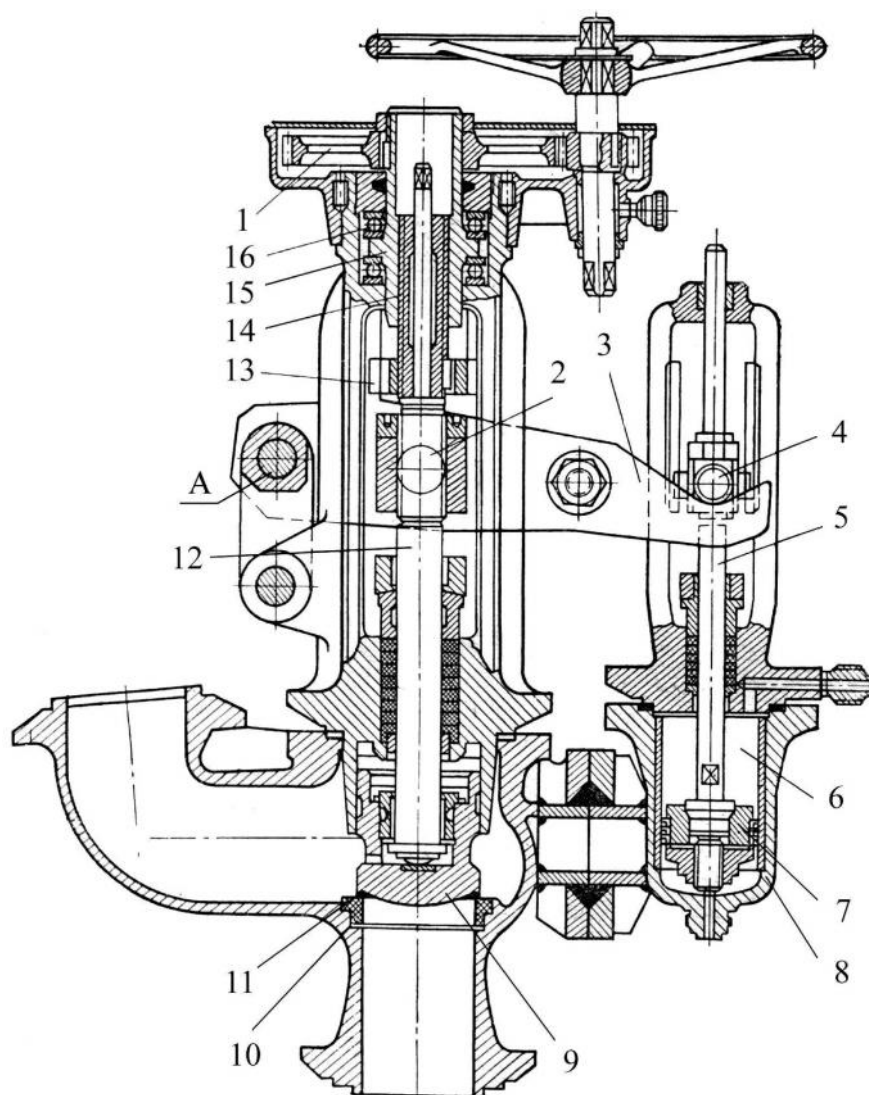


Рис. 2.2. Быстрозапорный стопорный клапан: 1 – зубчатая передача; 2 – поперечина; 3 – рычаг; 4 – крестовина; 5, 12 – шток; 6 – сервомотор; 7 – поршень; 8 – цилиндр; 9 – тарелка; 10 – гнездо; 11 – седло; 13 – стопор; 14 – втулка; 15 – гайка; 16 – подшипник

2.2. Питательные клапаны

Каждый котел должен иметь два питательных клапана, соединяющих котел с независимыми питательными трубопроводами.

Вспомогательные паровые котлы поверхностью нагрева 15 м^2 и менее с давлением пара до $0,8 \text{ МПа}$ (8 кгс/см^2) и утилизационные котлы могут иметь по одному питательному клапану.

Питательные клапаны должны быть невозвратными. Между питательным клапаном и котлом должен быть установлен разобщительный клапан. Невозвратный и разобщительный клапаны могут устанавливаться в одном корпусе (рис. 2.3).

Клапан (рис. 2.3) заключен в общий корпус. Запорный клапан состоит из шпинделя 20 с колпачком 23, тарелки 25, крышки 21 с сальниковым уплотнением, и маховика 17 с шайбой 18. Соединение колпачка с тарелкой зафиксировано стопорной шайбой 24. Невозвратно-стопорный клапан состоит из шпинделя 6, тарелки 1, крышки 2 с сальниковым уплотнением 12 и зубчатых колес 9 и 14, заключенных в кожух 8. Тарелка клапана, свободно сидящая на конце шпинделя 6, под действием давления, создаваемого питательным насосом, поднимается вверх и пропускает питательную воду в котел. Когда давление в питательной магистрали упадет (в случае аварии или остановки питательного насоса), тарелка клапана опустится, и будет препятствовать выходу воды из котла.

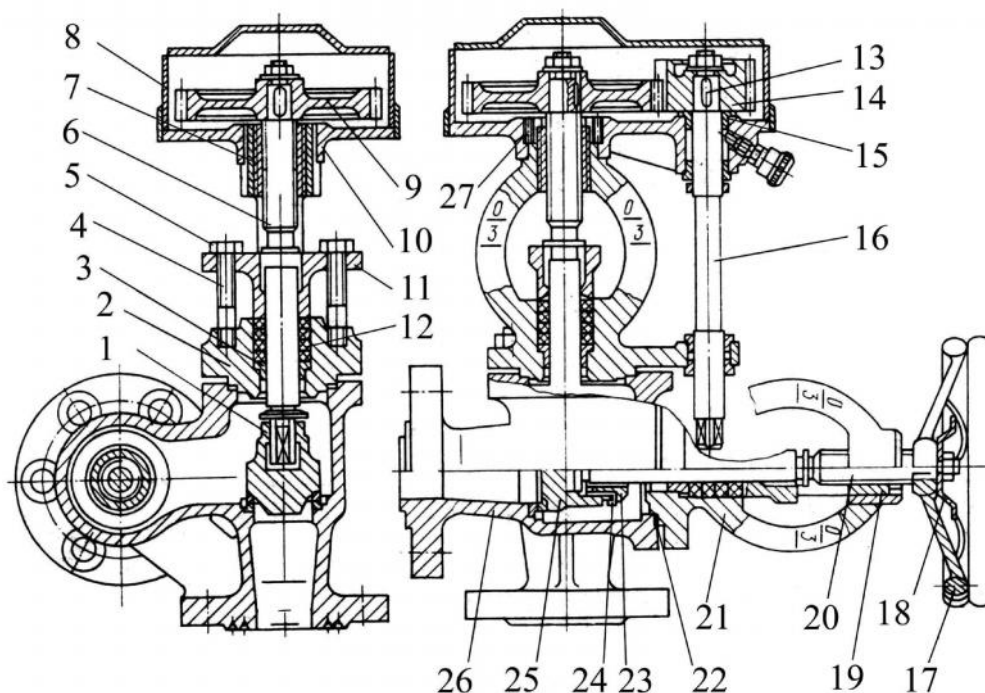


Рис. 2.3. Двойной питательный клапан: 1, 25 – тарелка; 2, 21 – крышка; 3 – втулка (грундбукса); 4 – шпилька; 5 – гайка; 6, 20 – шпиндель; 7, 19 – нарезная втулка; 8 – кожух; 9, 14 – зубчатое колесо; 10 – кронштейн; 11 – нажимная втулка; 12 – сальниковое уплотнение; 13 – шпонка; 15 – втулка; 16 – валик; 17 – маховик; 18 – шайба; 22 – прокладка; 23 – колпачок; 24 – шайба; 26 – корпус; 27 – винт

Зубчатое колесо 9 зафиксировано на шпинделе, а колесо 14 – на валике 16 посредством шпонок 13. Валик ручного привода вращается во втулках 15, запрессованных в кронштейн 10, который в свою очередь, закреплен на концевой части крышки 2 с помощью винтов 27. Продольное пере-

мещение шпинделей обоих клапанов происходит за счет ввинчивания их нарезной части в нарезные втулки 7 и 19. Прокладка 22 изготовлена из листового паронита. Обжатие сальниковой набивки между втулкой 3 и крышкой сальника 11 осуществляется шпильками 4 и гайками 5.

Разобцительный клапан должен устанавливаться непосредственно на котле. При отсутствии автоматического регулятора питания питательные клапаны должны выполняться невозвратно-запорными с регулируемой высотой открытия.

На рис. 2.4 изображен питательный клапан с приводом другой конструкции.

На рисунке большая шестерня 1 связана со штоком клапана 2 при помощи подъемной гайки 3.

Вращая большую шестерню через ручной привод 4, подъемная гайка вращается без осевого перемещения между двумя застопоренными шариковыми подшипниками, поднимая и опуская шток клапана.

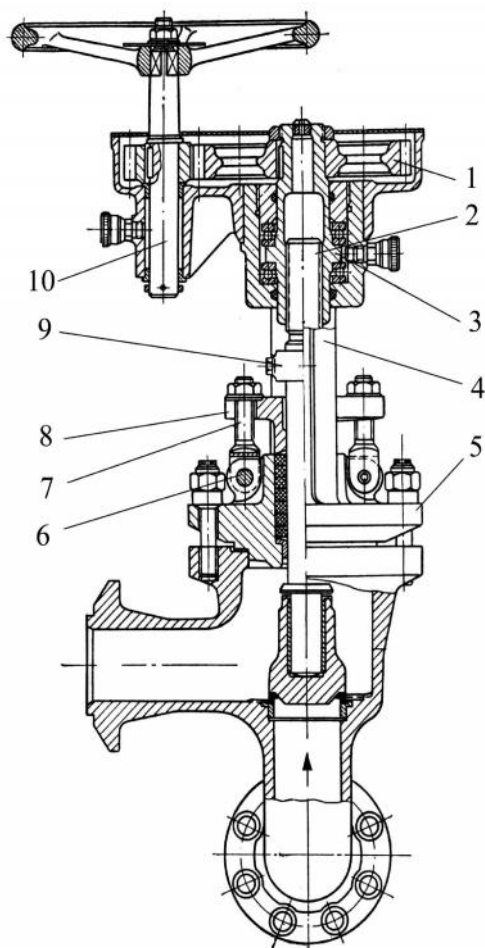


Рис. 2.4. Питательный клапан:
1 – шестерня; 2 – шток; 3 – гайка;
4 – стойка; 5 – крышка; 6 – ушки;
7 – нажимной болт; 8 – нажимная
втулка; 9 – стопор-указатель;
10 – привод

Последний имеет только поступательное движение, так как стопор-указатель 5 своими вилкообразными концами охватывает направляющие приливы стойки 6. На крышке 7 корпуса клапана предусмотрены сальниковая коробка и ушки 8 для откидных нажимных болтов 9 сальниковой втулки 10.

Питательные клапаны должны располагаться в месте, удобном для управления ими с настила котельного отделения, или должны предусматриваться приводы для управления разобцительными клапанами.

2.3. Водоуказательные приборы

На каждом котле, за исключением котлов, конструкция которых не требует непосредственного контроля уровня воды, должно быть установлено не менее двух независимых друг от друга водоуказателей.

Допускается оборудование вспомогательных котлов поверхностью нагрева

не более 15 м^2 и давлением пара не более $0,8\text{ МПа}$ (8 кгс/см^2) одним водоуказателем. Конструкция (рис. 2.5), размеры, количество, расположение и освещенность водоуказателей должны обеспечивать хорошую видимость и надежный контроль за уровнем воды в котле.

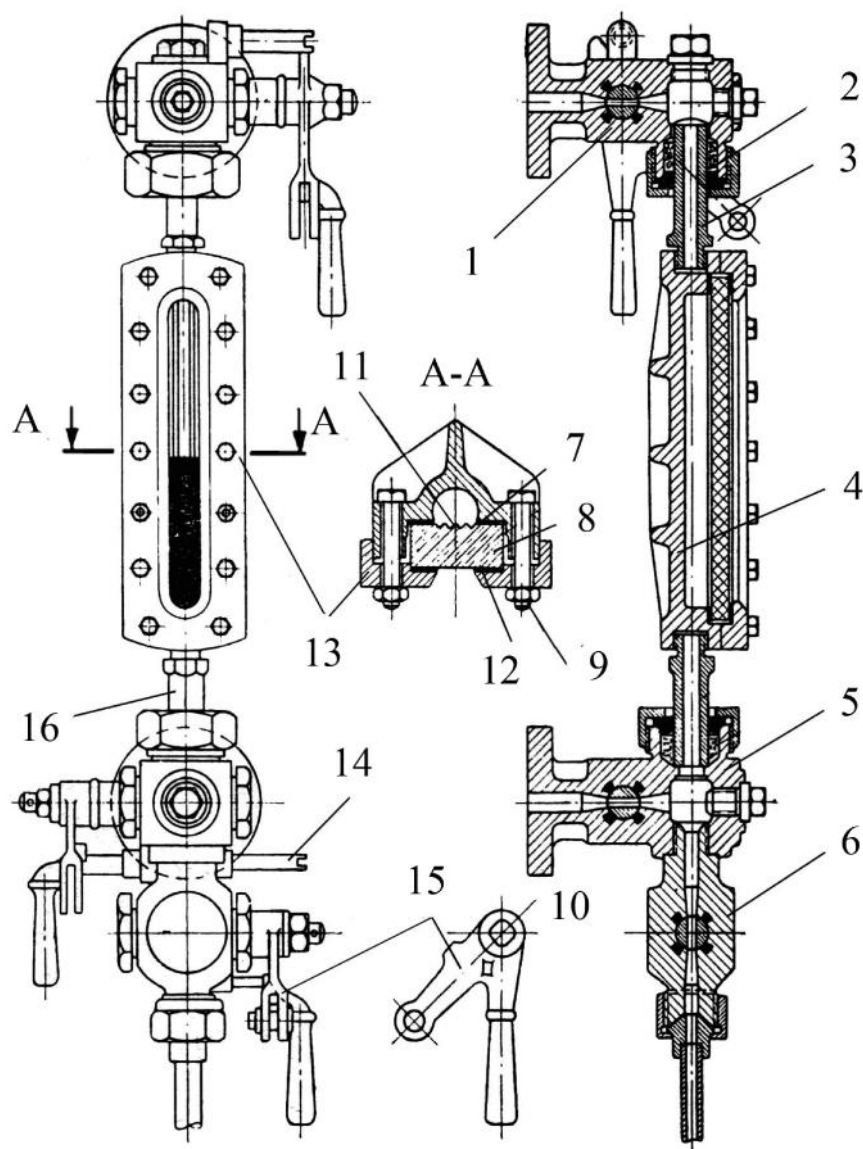


Рис. 2.5. Водоуказательный прибор: 1, 5 – паровой и водяной краны;
2 – уплотнение; 3, 16 – штуцер; 4 – рамка; 6 – кран продувания;
7, 12 – прокладки; 8 – стекло; 9 – болт; 10 – рукоятка;
11 – канавки; 13 – крышка; 14 – упор

При недостаточной видимости уровня воды в водоуказателях независимо от высоты их расположения, а также при дистанционном управлении котлами, должны быть предусмотрены надежно действующие дистанционные (сниженные) указатели уровня воды или другого рода водоуказательные устройства, одобренные Регистром и устанавливаемые на постах управления котлами.

Стекла водоуказателей для котлов с давлением до 3,5 МПа (35 кгс/см²) должны быть плоские, рифленые (рис. 2.5). Для котлов с давлением более 3,5 МПа (35 кгс/см²) вместо стёкол должны применяться набор слюдяных пластин либо гладкие стекла со слюдяной прокладкой, предохраняющей стекло от воздействия воды и пара, или другие материалы, устойчивые против разрушения от действия котловой воды при рабочей температуре и давлении.

Водоуказательный прибор состоит из бронзовой рамки 1, в гнездо которой вставляется на тонкой прокладке 2 плоское стекло 3. Стекло плотно прижимается к рамке бронзовой крышкой 4 и болтами 5. Между крышкой и стеклом ставится прокладка 6. Снизу и сверху рамки ввинчиваются два штуцера, которыми она вставляется в верхнюю и нижнюю оправы. Между оправой и штуцером ставится сальниковое уплотнение 9, которое обеспечивает возможность бронзовой рамке расширяться. В кольцевой зазор между оправой и штуцером помещается сальниковая набивка (асбестовый шнур), зажимаемая втулкой при помощи нажимной гайки. Стекло с наружной стороны имеет гладкую поверхность, а в средней части с внутренней стороны – продольные канавки 10.

Водоуказатели должны иметь клапаны для отдельного продувания паровой и водяной полостей водоуказателей. Каналы для продувания должны иметь внутренний диаметр не менее 8 мм. Конструкция водоуказателей должна допускать чистку клапанов продувания и смену стекол во время работы котла.

Между котлом и водоуказателями должны быть установлены разобщительные клапаны.

Применение пробковых кранов для водоуказателей допускается при давлении пара в котле не более 1,6 МПа (16 кгс/см²).

Водоуказатели должны устанавливаться со стороны переднего фронта котла на равном, возможно меньшем расстоянии от диаметральной вертикальной плоскости барабана (котла).

Разобщительные клапаны и клапаны продувания водоуказателей должны иметь приводы для быстрого закрывания с настила котельного помещения.

Патрубки для соединения водоуказателей с котлом должны изготавливаться из стальных бесшовных труб с внутренним диаметром не менее 0,032 м (32 мм) толщиной стенки не менее 0,005 м (5 мм).

Для вспомогательных и утилизационных котлов допускаются патрубки с внутренним диаметром не менее 0,015 м (15 мм) и толщиной стенки не менее 0,0035 м (3,5 мм).

Положение водоуказателей, а также низшего и высшего уровней воды в пароводяном коллекторе относительно высшей точки поверхности нагрева должно определяться проектантом, исходя из условий обеспечения

устойчивой циркуляции при всех эксплуатационных режимах работы котла. При этом за высшую точку поверхности нагрева водотрубных котлов должно приниматься положение верхних кромок наиболее высокорасположенных опускных труб. Положение уровней должно указываться в проектных чертежах котла.

Положение водоуказателей и уровней воды в коллекторе при холодном состоянии котла должно удовлетворять следующим условиями:

а) нижние кромки прорезей рамок водоуказателей во всех случаях должны находиться над высшей точкой поверхности нагрева, принимаемой согласно 9, на расстоянии не менее 100 мм.

б) при расположении подъёмных труб выше опускных они, как правило, должны находиться под низшим уровнем воды. В том случае, когда подъёмные трубы располагаются выше низшего уровня, положение водоуказателей должно быть согласованы с Регистром особо;

в) низший и высший уровни воды в котле всегда должны находиться в пределах видимой части стекла;

г) низший уровень воды должен устанавливаться выше нижней кромки прорези рамки водоуказателя не менее чем на 50 мм для главных котлов и не менее 25 мм для вспомогательных.

Высший уровень воды может находиться на таких же расстояниях от верхней кромки прорези рамки водоуказателя.

На днище парового коллектора водотрубных котлов и на днище или бочке огнетрубных котлов вблизи каждого водоуказателя, а также на самом водоуказателе должны наноситься риски или укрепляют планки с рисками, показывающими положение низшего, среднего и верхнего уровней воды в котле.

Должна иметься возможность проверки правильности расположения водоуказателей по рискам.

2.4. Предохранительные клапаны

Каждый котел должен иметь не менее двух предохранительных клапанов, как правило, устанавливаемых на барабане, на общем патрубке, и один клапан, устанавливаемый на выходном коллекторе пароперегревателя. Другое расположение предохранительных клапанов подлежит согласованию с Регистром Украины.

На котлах поверхностью нагрева 15 м^2 и менее и рабочим давлением не более 0,8 МПа (8 кгс/см²), а также на котлах утилизационных и на сепараторах допускается иметь по одному предохранительному клапану диаметром не менее 25 мм.

Для паровых котлах с рабочим давлением пара 4,0 МПа (40 кгс/см²) и более предохранительные клапаны должны быть импульсного действия.

Главный (рис. 2.6) и импульсный предохранительные клапаны выполняются сдвоенными и попарно соединенными импульсными трубками.

Главный предохранительный клапан (рис. 2.6) состоит из двух клапанов, расположенных в общем корпусе 3. Шток клапана выполнен заодно с тарелкой 4. На свободном конце штока насажен поршень 5, который перемещается в направляющей рубашке 9. Поршень имеет поршневые кольца 7, положение которых фиксируется кольцом с буртом 6 и крышкой поршня 10. Выход штока через крышку 15 уплотняется с помощью втулки 16.

Так как диаметр поршня больше диаметра тарелки, то под действием давления пара, поступающего по импульсной трубе от импульсного предохранительного клапана в полость над поршнем, главный клапан открывается и обеспечивает выход пара из котла в атмосферу.

После снижения давления пара в котле импульсный клапан закрывается, подача пара на поршень главного клапана прекращается, и клапан под действием давления пара в котле закрывается, т.е. тарелка 4 садится на седло 19.

Корпус главного предохранительного клапана имеет крышки 2 и 15, сняв которые, можно осмотреть подвижные части клапана. Слив конденсата из полости за клапаном производится через штуцерное соединение 17, к которому присоединяется сливная труба. Разъемные соединения уплотняются с помощью паронитовых прокладок 8, 18 и 20.

Для проверки подвижности штоков вручную клапан имеет кулачковый вал 13, концы которого имеют квадратное сечение под ключ. При повороте вала во втулках 1, запрессованных в кронштейнах 14, кулачки нажимают на торцы штоков и перемещают их. Возврат штоков в начальное положение осуществляется пружиной 11, закрепленной на штоке гайкой 12. Размеры для определения минимальной суммарной площади свободного прохода предохранительных клапанов, установленных на котле, должны находиться по формуле:

$$n \cdot d \cdot h = A \cdot \frac{D}{P_p + 1}, \quad (1)$$

где n - число установленных клапанов;

d - внутренний диаметр прохода клапана, см;

h - высота подъема клапана, см;

D - паропроизводительность котла при максимальной нагрузке, кг/ч;

P_p - рабочее давление пара в котле, кгс/см²;

A - коэффициент, равный:

• 0,0075 - для низкоподъемных клапанов при $h \leq 0,05 \cdot d$;

• 0,01 - для среднеподъемных клапанов при $0,05 \cdot d < h < 0,25 \cdot d$;

• 0,015 - для полноподъемных клапанов при $h \geq 0,25 \cdot d$.

Диаметр предохранительных клапанов главных котлов должен быть не менее 38 мм и не более 100 мм, а вспомогательных, утилизационных котлов и сепараторов — не менее 25 мм.

Площадь свободного сечения предохранительного клапана, установленного на неотключаемом пароперегревателе, может быть зачтена в общую площадь сечения клапанов, определяемую по формуле (1). Эта площадь не должна составлять более 25 % общей площади свободного прохода клапанов.

При расположении нескольких предохранительных клапанов на одном общем патрубке площадь сечения его должна быть не менее 1,1 суммарной площади проходного сечения клапана.

Площадь сечения паропроводного патрубка предохранительного клапана, а также присоединяемой к нему трубы должны быть не менее удвоенной суммарной площади сечения прохода клапанов.

Паропроводящая труба не должна соединяться ни с какими другими трубопроводами.

Нагрузка на предохранительные клапаны должна быть пружинная. Конструкция клапанов должна допускать регулировку, исключать соприкосновение выходящего пара с пружинами и иметь устройство для пломбирования. В случае поломки пружины клапан не должен выскакивать из своего гнезда.

Устройство клапанов должно быть таким, чтобы их можно было подрывать вручную при помощи специального привода. Привод для ручного подрыва клапанов должен быть устроен так, чтобы можно было приподнимать оба предохранительных клапана, а управление этими приводами производить с двух мест, одно из которых должно находиться в помещении котельного отделения, а второе — на верхней палубе или в другом, всегда доступном месте вне котельного отделения.

Дистанционный привод к предохранительным клапанам пароперегревателей, утилизационных котлов и сепараторов пара может иметь управление только из помещения котельного отделения.

Для удаления конденсата из корпуса клапана или из паропроводящей трубы, если она расположена ниже клапана, должна быть предусмотрена спускная труба с отводом конденсат под настил котельного отделения или в сточную цистерну. Спускная труба не должна иметь запорных органов.

Предохранительные клапаны должны быть отрегулированы таким образом, чтобы при повышении давления пара в котле выше допустимого в первую очередь начинал действовать предохранительный клапан, установленный на пароперегревателе, а при дальнейшем повышении давления — клапаны, установленные на коллекторе котла.

Давление пара, при котором предохранительные клапаны на котле должны открываться, приведены в табл. 2.1.

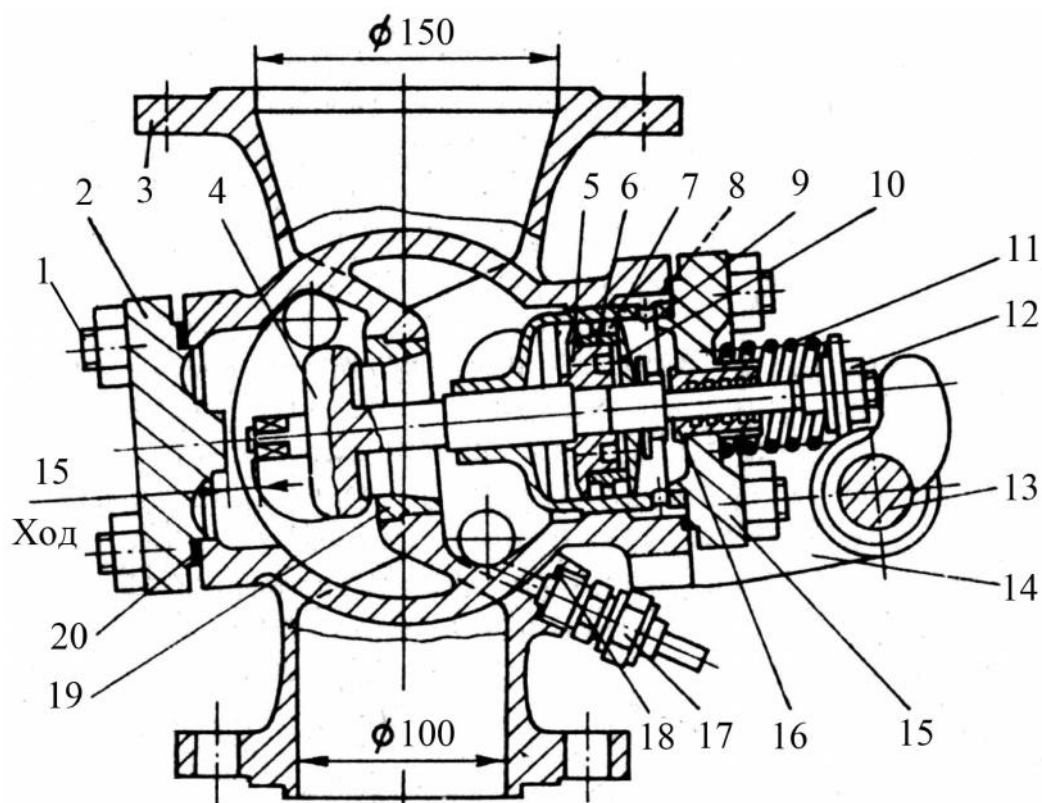


Рис. 2.6. Главный предохранительный клапан: 1 – шпилька;
2, 15 – крышка; 3 – корпус; 4 – тарелка; 5 – поршень;
6 – бурт; 7 – поршневое кольцо; 8, 18, 20 – прокладка; 9 – рубашка;
10 – крышка поршня; 11 – пружина; 12 – гайка; 13 – кулачковый вал;
14 – кронштейн; 16 – втулка; 17 – штуцерное соединение; 19 – седло

Предохранительные клапаны после подрыва должны автоматически закрываться и полностью прекращать выход пара при снижении давления пара в котле не более чем на 10 % рабочего давления.

Предохранительные клапаны паровых котлов и пароперегревателей должны быть испытаны на пропускную способность при их одновременном действии при полном горении в топках на режиме максимальной производительности. Испытание должно производиться при закрытых стопорных клапанах, за исключением клапанов, через которые подаётся пар к механизмам, обслуживающим котел.

Продолжительность испытания должна ограничиваться временем, необходимым для проверки работы клапанов, но не превышать 7 мин. Давление пара за время испытания не должно превышать рабочее давление в котле более чем на 10 %. Вода в котле при этом испытании должна поддерживаться на безопасном уровне.

На котлах серийной постройки такое испытание может не проводиться, если оно было проведено на первом (головном) котле этой серии в присутствии инспектора Регистра и если паропроизводительность котла и па-

параметры пара, а также предохранительные клапаны серийных котлов не отличаются от первого котла серии и его предохранительных клапанов. В этом случае инспектору Регистра должен быть представлен акт о проведенном испытании предохранительных клапанов первого котла.

Т а б л и ц а 2.1

Параметры настройки предохранительных клапанов

Расчётное давление $P_{\text{раб}}$, МПа (кгс/см ²)	Наибольшее давление, при котором предохранительные клапаны должны открываться, МПа(кгс/см ²)	
	При вычислении по рабочему давлению	При вычислении по расчётному давлению
До 1,2 (12)	$P_{\text{раб}} + 0,05(0,5)$	$P_{\text{раб}} + 0,03(0,3)$
12 и более		
Для огнетрубных котлов	$P_{\text{раб}} \cdot 1,05$	$P_{\text{раб}} \cdot 1,03$
Для водотрубных котлов	$P_{\text{раб}} \cdot 1,08$	$P_{\text{раб}} \cdot 1,05$

В паровых котлах, конструкция которых не позволяет проводить испытания предохранительных клапанов, должна быть проверена другим одобренным способом в присутствии инспектора Регистра.

Кроме предохранительных клапанов, требуемых по п.1 должен устанавливаться предохранительный клапан на отключаемых экономайзерах.

2.5. Клапаны продувания

Каждый котел должен иметь клапаны верхнего и нижнего продувания, а при необходимости - клапаны для спуска воды. Пароперегреватели, пароохладители, экономайзеры и сепараторы должны снабжаться клапанами продувания или спускными клапанами. Во вспомогательных котлах, где невозможно загрязнение котельной воды нефтепродуктами, установке клапанов верхнего продувания не является обязательной.

Клапаны нижнего (рис. 2.7) и верхнего продувания и спуска воды должны устанавливаться непосредственно на котлах. На котлах с давлением пара до 1,6 МПа (16 кгс/см²) клапаны продувания и спуска допускается устанавливать на патрубках.

Диаметр клапанов и труб продувания должен быть не меньше 20 мм и не больше 40 мм, у вспомогательных котлов давлением не более 0,3 МПа (3 кгс/см²) диаметр клапана и труб допускается принимать 15 мм.

2.6. Клапаны для отбора проб воды и для введения в котёл химических присадок

На каждом котле в доступном месте должен быть установлен клапан для отбора проб котловой воды, который должен размещаться в нижней

части барабана. Установка клапана на трубах или на патрубках, предназначенных для других целей, не допускается.

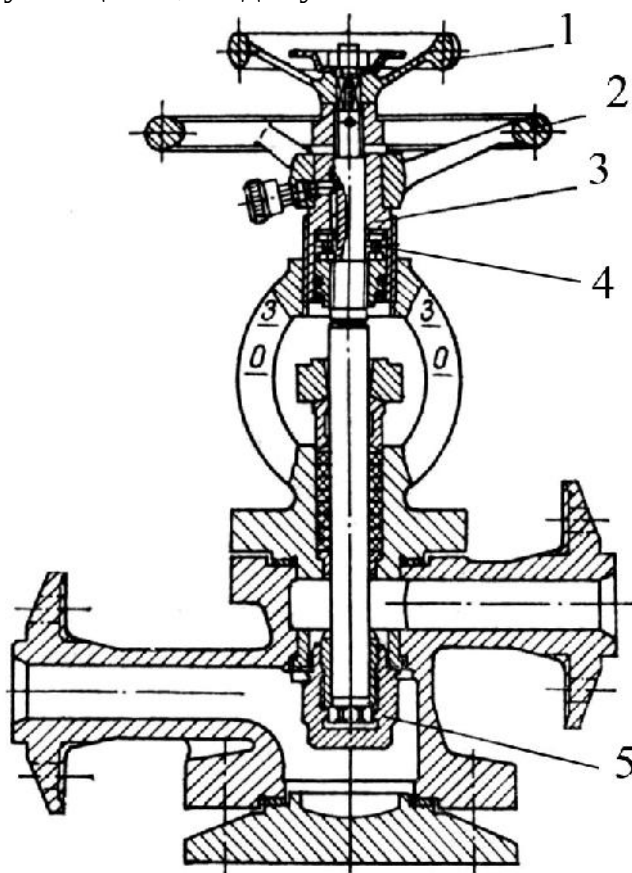


Рис. 2.7. Клапан нижнего продувания: 1 – малый маховик; 2 – большой маховик; 3 – втулка; 4 – подшипник

2.7. Клапаны для манометров и удаления воздуха

На каждом котле должны предусматриваться клапаны для присоединения труб к манометрам и устройства для удаления воздуха из котла и экономайзера.

2.8. Материал арматуры котлов

Арматура паровых котлов должна быть стальная. Применение арматуры из бронзы и латуни допускается при температуре не более 250 °С.

Котельная арматура из чугуна, за исключением питательной продувочной, предохранительной и спускной, допускается для пара давлением не более 1 МПа (10 кгс/см²) и температурой не выше 260 °С. Предел прочности чугуна при изгибе образцов с расчетной длиной 0,6 м должен быть не менее 4,4 МПа (44 кгс/см²) и стрела прогиба не менее 0,009 м (9 мм).

2.9. Оформление отчета

Отчет должен содержать схемы котлов КВС-68 и КВЦ 15/8, находящихся в лаборатории, с обозначением установленной на них арматуры.

2.10. Вопросы для проверки

1. Классифицировать арматуру судовых паровых котлов.
2. В каких местах на котле устанавливается арматура, и какая?
3. Какие конструктивные особенности имеет стопорный клапан?
4. Какие конструктивные особенности имеет питательный клапан?
5. Какие конструктивные особенности имеет предохранительный клапан?
6. Почему питательный клапан должен быть невозвратным?
7. В каких случаях стопорный клапан должен быть невозвратным?

Лабораторная работа № 3

АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ

Цель данной работы изучение конструкции газоанализатора Орса-Фишера и определение состава продуктов сгорания при помощи этого газоанализатора.

Зная состав дымовых газов, можно определить коэффициент избытка воздуха α , который определяет экономичность работы котла.

Продукты сгорания в общем случае состоят из CO_2 , SO_2 , CO , O_2 , N_2 . В них могут содержаться H_2 , CH_4 , и другие углеводороды, но из-за малого количества они в расчет не принимаются.

Продукты сгорания принято разделить на сухие газы и водяные пары. Это объясняется тем, что перед газоанализатором устанавливается фильтр, в котором задерживается вода. Вследствие этого газоанализатор дает процентное содержание отдельных компонентов в сухих газах.

3.1. Описание установки

Прибор состоит (рис. 3.1) из измерительной бюретки 1, в которую отбирают 100 см^3 дымовых газов для анализа. Газы отбирают при помощи измерительной фляги 2 и резиновой груши 4. Отобранные горячие газы проходят фильтр 3, где задерживаются механические примеси и водяные пары.

Принцип действия прибора основан на уменьшении объема отобранной пробы дымовых газов после поглощения отдельных компонентов продуктов сгорания.

Для поглощения трехатомных газов RO_2 используется сосуд 5, в котором находится водный раствор едкого кали, а для поглощения кислорода O_2 , используется сосуд 6, в котором находится водный раствор пирогаллола.

Измерительная бюретка с поглотительными сосудами и фильтром соединяется при помощи соединительной гребенки и краников 7, 8, 9. От атмосферы поглотительные сосуды отключены при помощи резинового мешочка 10.

3.2. Порядок проведения работы

1. Установить уровни в поглотительных сосудах на нулевые отметки.
2. С помощью груши 9 прокачать газы через измерительную бюретку и гребенку для удаления старых газов и подачи испытываемого газа в прибор.
3. При помощи уравнительной фляги 8 и крана 2 отобрать 100 см^3 испытываемого газа. Для этого надо предварительно отобрать газа больше,

чем 100 см^3 . Закрывать кран 2 и, поднимая уравнительную флягу установить уровень воды в измерительной бюретке на нулевой отметке. Пережать шланг, открыть кран 2, выпустить излишек газа в атмосферу, а затем снова закрыть кран 2. Совместить уровни жидкости в измерительной бюретке и в уравнительной фляге. Уровень в измерительной бюретке должен установиться на нулевой отметке.

4. Для поглощения RO_2 кран 4 переключить на поглотительный сосуд 6 с едким калием. Флягу 8 перемещают 4 - 6 раз вверх и вниз для перекачивания отобранной пробы газа в поглотительный сосуд и обратно. Установить уровень в поглотительном сосуде на нулевой отметке, закрыть кран 4 и произвести отсчет, совместив уровни в измерительной бюретке 7 и фляге 8. Отсчет, произведенный по шкале бюретки 7, покажет количество миллилитров газа пробы, поглощенного КОН. При отборе 100 см^3 газа отсчет покажет процентное содержание газа RO_2 в отобранной пробе газов.

5. В том же порядке производится прокачка газов не менее 8 - 10 раз через второй поглотительный сосуд с пирогаллолом. После этого аналогичным способом производится отсчет по измерительной бюретке, который покажет процентное содержание $\text{RO}_2 + \text{O}_2$ в пробе газа.

Для проверки поглотительной способности пирогаллола целесообразно периодически производить контрольный анализ атмосферного воздуха. Прибор должен показывать процентное содержание кислорода в воздухе 20,9...21 %.

6. По формулам для определения коэффициента избытка воздуха по данным анализа дымовых газов рассчитать α .

В случае полного сгорания топлива, т.е., когда конечными продуктами сгорания топлива являются RO_2 , N_2 , O_2 α определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{1 - 3,76 \cdot \frac{\text{O}_2}{100 - (\text{RO}_2 + \text{O}_2)}}. \quad (3.1)$$

При теплотехнических испытаниях судовых котлов на мазутном отоплении для оценки величины α пользуются приближенной формулой (3.2):

$$\alpha = \frac{15}{\text{RO}_2} + 0,06. \quad (3.2)$$

Коэффициент избытка воздуха можно выразить и как отношение объема кислорода (21 %), вводимого в топку к теоретический необходимому количеству кислорода $(21 - \text{O}_2)$ %, т.е.:

$$\alpha = \frac{21}{21 - \text{O}_2}. \quad (3.3)$$

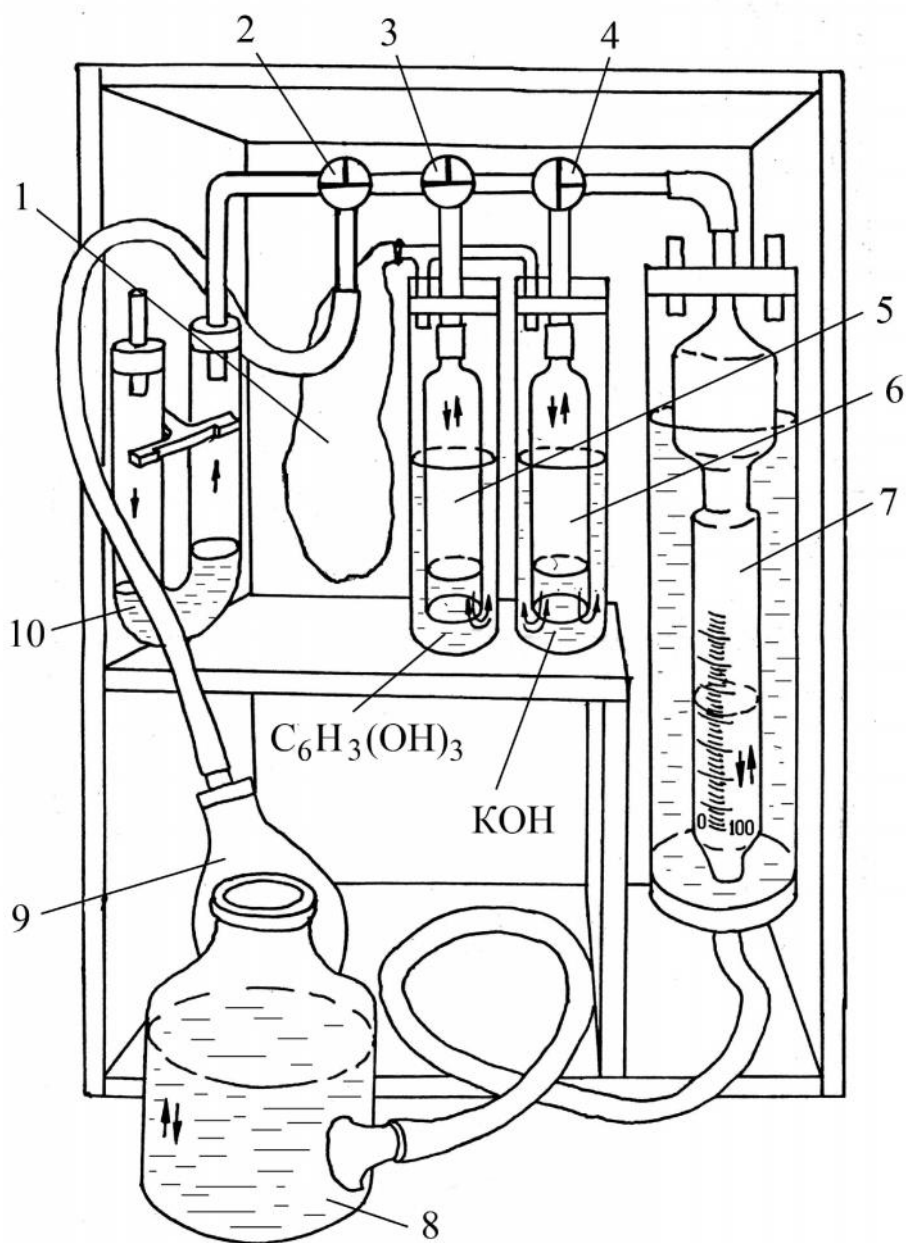


Рис. 3.1. Газоанализатор Орса-Фишера: 1 – резиновый шарик;
2, 3, 4 – краны трехходовые; 5, 6 – поглотительные сосуды;
7 – измерительная бюретка; 8 – уравнильная фляга;
9 – груша (ручной насос); 10 – фильтр

3.3. Схема установки прибора Орса

Важным условием надежного определения состава дымовых газов является непрерывный подвод свежих порций газа к прибору. В схеме установки для газового анализа (рис. 3.2) предусматривается эжектор 4, который обеспечивает непрерывный ток газа к прибору. Дымовые газы из газозаборной трубки 2, установленной в газоходе котла, поступают в дренсельную банку 9.

Подвод газа в дрексельную банку производится под уровень воды, а отбор над уровнем воды, т.е. из газового объема. Вода в дрексельной банке должна иметь кислую реакцию с целью исключения поглощения водой компонентов газа.

По интенсивности движения пузырей газа из подводящей трубки в дрексельной банке можно судить о подводе газа из газохода котла. Газы из дрексельной банки, пройдя фильтр и трехходовой краник прибора, выбрасываются в атмосферу. Таким образом, применение эжектора дает возможность отбирать такую пробу газа, которая в момент отбора соответствует среднему составу дымовых газов в газоходе котла.

В отдельных случаях эжектор для отсоса газа не устанавливают, а подсос газа из газохода осуществляют посредством груши 4 (рис. 3.1). Газоподводящие трубки до дрексельной банки должны быть медными или латунными с внутренним диаметром 8...10 мм.

При высоких температурах отбираемого газа и установке прибора в непосредственной близости к газоходу котла необходимо предусмотреть газоохладитель для охлаждения газов, поступающих в прибор, до температуры 30...40 °С.

В связи с тем, что во время работы вся система находится под вакуумом, необходимо после ее сборки произвести проверку на плотность. Все краники на приборе и места соединений должны быть смазаны техническим вазелином или ланолином.

Плотность соединений в приборе проверяется следующим образом.

В измерительной бюретке уровень воды устанавливается на делении 100, а в поглотительных сосудах уровень на метке. Краники сосудов должны быть перекрыты. Затем прибор отключается с помощью трехходового краника от подводящих газозаборных трубок.

После чего уравнительная фляга опускается. В результате в приборе создается разрежение. Если в течение 20...30 мин в измерительной бюретке уровень не изменился, то прибор является плотным. При изменении уровня в бюретке необходимо обратить внимание на положение уровней в поглотительных сосудах.

Изменение уровня в поглотительных сосудах будет свидетельствовать о неплотности их краников. Если уровни остались без изменения, то неплотности следует искать в трехходовом кранике. Необходимо также проверить плотность всей проводки от газозаборной трубки до трехходового краника прибора. С этой целью газоподводящую трубку отсоединяют от газозаборной трубки и присоединяют к U-образному манометру, залитому водой. Затем в системе создается разрежение с помощью эжектора и перекрывается трехходовой краник.

Если в течение 20...30 мин показание U-образного жидкостного манометра не изменится, систему следует считать плотной.

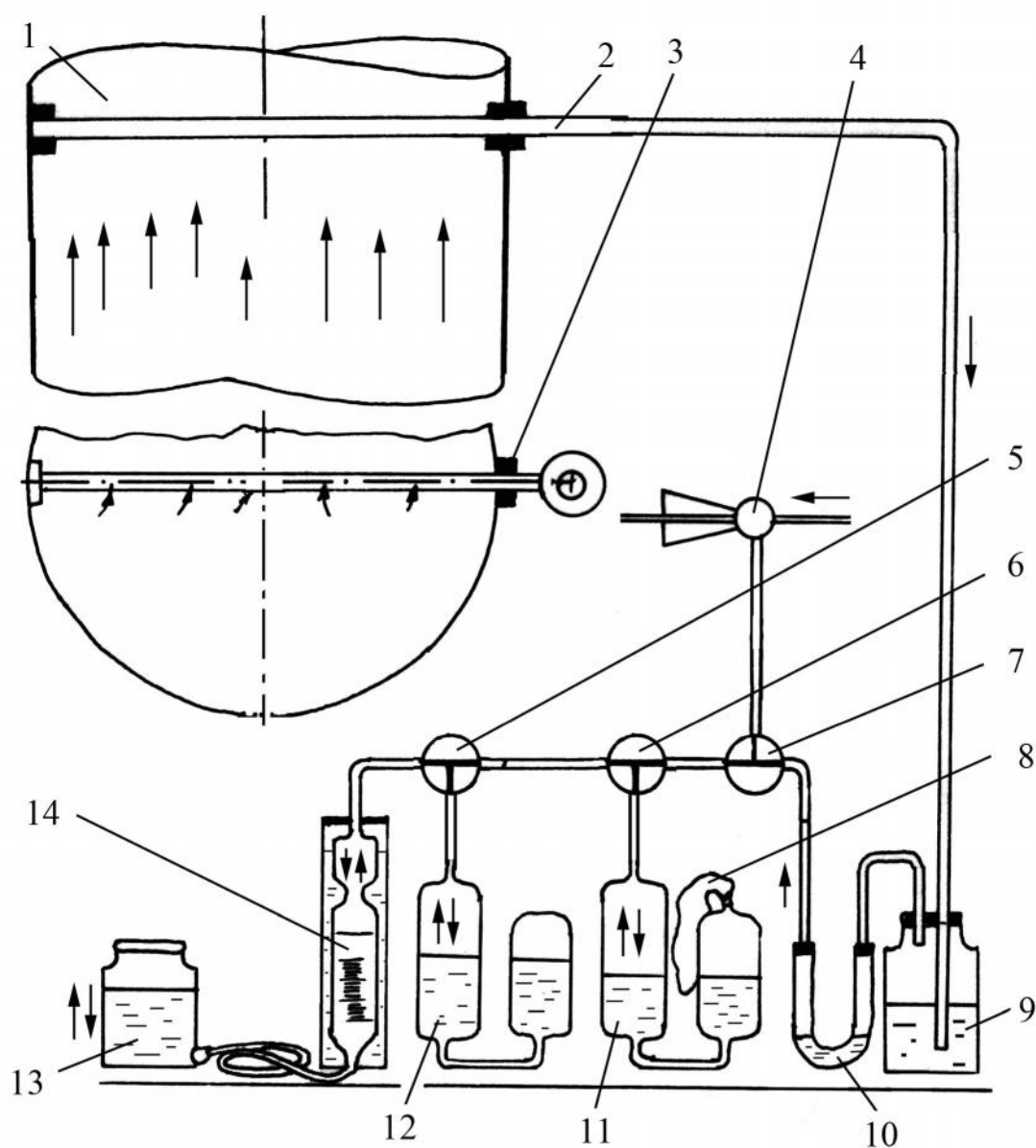


Рис. 3.2. Схема установки для газового анализа: 1 – газоход; 2 – газоотборная трубка; уравнильная груша; 3 – уплотнение; 4 – эжектор; 5, 6, 7 – трехходовые краны; поглотительные сосуды; 8 – резиновый шарик; 9 – дрексельская банка; 10 – фильтр, 11, 12 – поглотительные сосуды; 13 – уравнильная фляга; 14 – измерительная бюретка

3.4. Оформление отчета

Оформленный отчет лабораторной работы должен содержать название и цель работы, схему установки, основные теоретические положения, порядок выполнения работы, результаты замеров и расчетов.

3.5. Вопросы для проверки

1. Зачем нужен резиновый мешочек на поглотительных сосудах?
2. Зачем залита вода снаружи измерительной бюретки?
3. Как проверить герметичность прибора?
4. Как определить пригодность к работе раствора пирогаллола в поглотительном сосуде для поглощения O_2 ?
5. Как определить количество азота в продуктах сгорания?
6. Как проверить, что все количество RO_2 и O_2 поглощено в поглотительных сосудах?
7. В какой последовательности проводят испытания?
8. Зачем определяют состав продуктов сгорания?
9. Как подготовить к измерениям поглотительные сосуды?

Лабораторная работа № 4

АНАЛИЗ КОТЛОВОЙ И ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ СУДОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ ЛВК

Цель работы – ознакомиться с методами определения качества котловой воды, изучить конструкцию лаборатории ЛВК-4 и ее эксплуатацию.

Качество воды, используемой в судовых котельных установках (СКУ), определяет ресурс поверхностей нагрева, долговечность и сохраняемость корпусов котлов.

Задачей контроля качества воды является периодическое или постоянное определение показателей качества, позволяющих судить о правильности ведения водного режима в СКУ.

Контроль качества воды производится по нескольким показателям, основные из которых определяются в настоящей работе.

Величины, характеризующие качество воды, определяются химическим методом (основные недостатки метода: невозможность осуществления непрерывного контроля; трудоемкость и неудобства, связанные с отбором и производством анализа).

В лаборатории при контроле используются внесистемные единицы (мг/л, мг-экв/л, мг, мл), что соответствует: $1 \text{ мг/л} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$; $1 \text{ мг-экв/л} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$; $1 \text{ мг} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$; $1 \text{ мл} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ в системе измерений СИ.

При работе СКУ контролируются:

- содержание взвешенных веществ, мг/л - масса отфильтрованных и высушенных при 105...110 °С веществ;
- сухой остаток, мг/л - масса остатка, просушенного при 105...110 °С после выпаривания пробы отфильтрованной воды;
- солесодержание (минеральный остаток), мг/л-масса растворенных в воде веществ (кроме газов и органических соединений);
- содержание хлоридов, мг/л (мг-экв/л) - количество ионов хлора.

При отсутствии солемеров может быть использовано для количественной оценки солесодержания;

- жесткость воды, мг-экв/л - суммарное количество в растворах ионов кальция и магния;
- щелочность общая, мг-экв/л - суммарная концентрация находящихся в воде гидрат-, карбонат-, бикарбонат- и фосфатионов:
 - содержание масла, мг/л;
 - содержание кислорода, мг/л;
 - водородное число-рН - показатель активности ионов водорода.

В случае ведения фосфатно-нитратного или другого режима определяются также:

- фосфатное число, мг/л;
- нитратное число, мг/л;
- щелочное число, мг/л.

Цель анализа качества воды - расчет химических добавок (например, при внутрикотловой обработке - в котельную воду), выполненному с учетом:

- норм показателей качества для данного типа котла;
- результатов анализа;
- характеристик котла (паропроизводительности, объема парового пространства, массы воды в котле);
- типа водного режима.

4.1. Общая характеристика методов, используемых в работе при анализе воды

В настоящей работе для анализа питательной и котловой воды используется объемный, коллориметрический и весовой анализы.

Объемный анализ - метод анализа, основанный на точном измерении объема раствора реактива точной известной концентрации (титрованный раствор или титр), затрачиваемого на реакцию.

Коллориметрический метод - метод анализа, основанный на сравнении интенсивности окрасок растворов;

При помощи объемного анализа определяются: общая, карбонатная и некарбонатная жесткости; количество хлоридов; щелочность.

С помощью коллориметрического анализа определяется количество фосфатов в котловой воде.

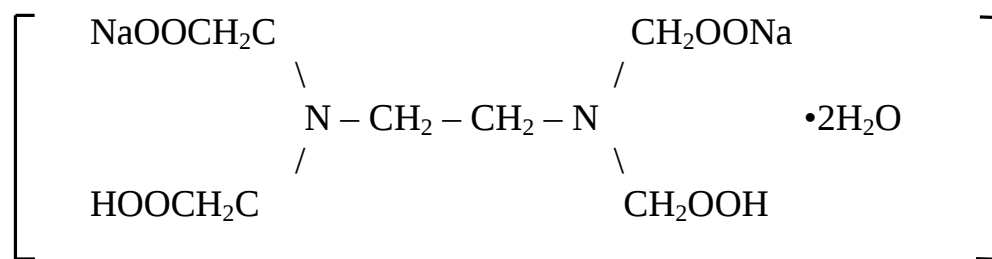
Весовым анализом определяется количество взвешенных веществ.

Объемный анализ использует различные методы для анализа.

При определении общей жесткости воды применяется комплексометрия. Здесь для определения объемных величин катионов применяют органические реактивы – комплексоны. Наиболее часто применяют комплексон III (синонимы: трилон-Б, хелатон III, ЭДТА).

Трилон-Б - это двузамещенная натриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты ЭДТА, сокращенные химические формулы: $\text{Na}_2[\text{H}_2\text{EdTa}]$; $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$; $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2\text{Na}_2$;

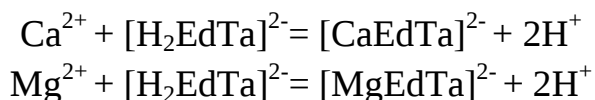
Развернутая:



В водном растворе эта соль диссоциирует по схеме:



Комплексное соединение образуется в результате реакции иона металла (в нашем случае Ca^{2+} и Mg^{2+}) с полностью диссоциированным анионом комплексона по схеме:



Опыт выполняется в присутствии индикатора - темно-синего хрома и аммиачного буферного раствора.

Индикатор - вещество, при помощи которого определяют момент окончания титрования (по появлению, исчезновению или изменению окраски индикатора, находящегося в испытуемой воде).

Хром темно-синий – химическая формула: $\text{C}_{18}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_6\text{S}_2$.

Буферный раствор - вещество, вводимое с целью более точного определения используемого титра за счет замедления реакции индикатора.

При определении карбонатной жесткости воды используется метод нейтрализации, т.е. метод, основанный на взаимодействии кислот и щелочей.

Используется водный раствор серной кислоты (H_2SO_4) и индикатор - метиловый-оранжевый.

Индикаторы метода нейтрализации - слабые органические кислоты или основания, у которых недиссоциированные молекулы и ионы имеют различную окраску. Основной индикатор метода - метиловый оранжевый (метилоранж), химическая формула: $\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{O}_3\text{SNa}$.

При определении хлоридов применяется аргентометрия - метод, основанный на способности хлорионов давать в нейтральной среде с ионами серебра нерастворимое хлористое серебро, выпадающее в осадок.

Для нейтрализации используется раствор серной кислоты и кислотный индикатор - фенолфталеин. Химическая формула: $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$.

Для определения хлоридов используют азотнокислое серебро - (ляпис), и индикатор - хромовокислый калий – K_2CrO_4 . При определении щелочности котловой воды используется метод нейтрализации. Используемые вещества: раствор серной кислоты, индикатор – фенолфталеин.

При определении фосфатов коллориметрическим методом используется сульфомолибдатный раствор и оловянная палочка (стержень).

4.2. Судовая лаборатория ЛВК-4. Описание

Лаборатория представляет собой набор посуды, реактивов, материалов и приспособлений, который помещен в специальном футляре размерами 0,56х0,36х0,2 м (рис. 4.1).

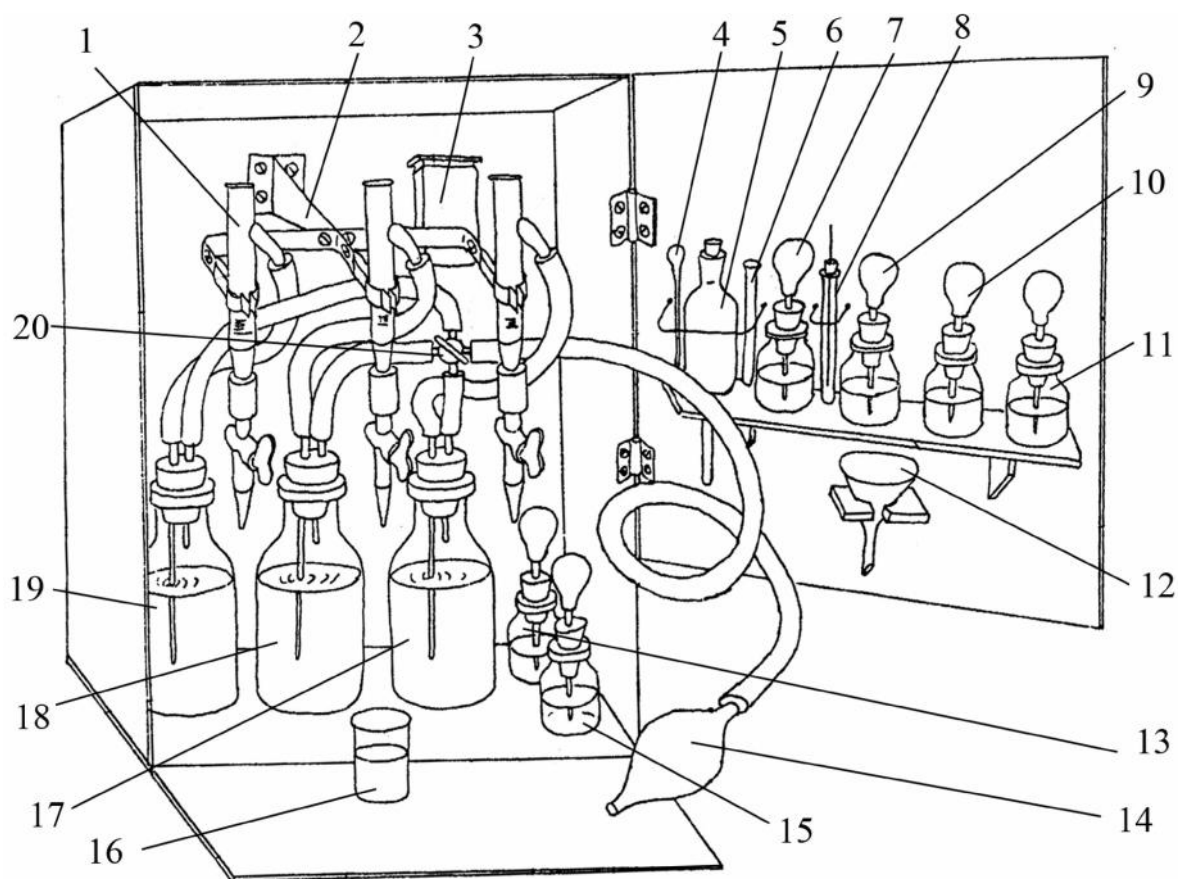


Рис. 4.1. Общий вид лаборатории ЛВК-4: 1 – бюретка с приспособлением для автоматической установки уровня жидкости на нулевое деление; 2 – штатив; 3 – пенал коллориметрический; 4 – стеклянная палочка; 5 – отстойник на 250 мл; 6 – мерная пробирка; 7 – склянка с метилоранжем; 8 – пробирка с оловянной палочкой; 9 – склянка с фенолфталеином; 10 – склянка с хромовокислым калием; 11 – склянка с хромом темно-синим; 12 – воронка; 13 – склянка с сульфомолибдатным раствором; 14 – резиновая груша (насос); 15 – склянка с аммиачно-буферным раствором; 16 – мензурка на 100 мл; 17 – емкость на 500 мл с ляписом; 18 – емкость на 500 мл с кислотой; 19 – емкость на 500 мл с трилоном; 20 – кран манипулятор

Для сохранности все оборудование, посуда и склянки с рабочими растворами расположены в гнездах и на полочках лабораторного футляра.

Дверца футляра состоит из верхней части, открывающейся вправо и имеющей запор для ее закрепления в открытом положении, и нижней, откидывающейся вперед и удерживающейся в горизонтальном положении специальным крючком. Нижняя дверка в открытом положении образует полочку, на которой размещают посуду во время проведения анализа воды.

Три бюретки (рис. 4.1) с приспособлением для автоматической установки уровня растворов на нулевое деление смонтированы на общем выдвижном штативе 6. Каждая бюретка соединена резиновой трубкой с 500 мл емкостями 2, 3, 4, содержащих титрованный раствор.

Склянки 2, 3, 4 закрыты резиновыми пробками со вставленными в каждую двумя стеклянными трубочками, соединенными посредством резиновых трубок: одна из которых – с бюреткой, другая – с краном – манипулятором 8. Кран имеет четыре отростка, из которых три присоединены к трубкам от склянок, а на четвертый надета нагнетательная груша (насос) - 20. На пробке крана нанесена стрелка, показывающая направление движения воздуха из нагнетательной груши через кран.

Для того, чтобы грушей накачать в бюретку раствор кислоты, ляписа или трилона, надо повернуть пробку и установить стрелку крана против соответствующей надписи на кольце, затем несколько раз сжать грушу рукой. Жидкость из склянки в бюретку нагнетают до тех пор, пока не будет заполнена рабочая часть бюретки. Уровень раствора в бюретке автоматически устанавливается на нулевое деление, так как избыток жидкости из нее сливается обратно в склянку. Затвором бюретки служит стеклянный шарик-бусинка, находящийся в резиновой трубке, соединяющей бюретку с оттянутым наконечником - пипеткой. При пользовании бюреткой во время анализа трубку около шарика оттягивают большим и указательным пальцами левой руки, при этом между стенкой резиновой трубки и бусинкой образуется узкий канал, через который проходит раствор.

Внизу расположены:

- мензурка 1 на 100 мл для отмеривания требуемого для анализа объема воды;

- склянка 18 с сульфомолибдатным и склянка 17 с аммиачно-буферными растворами, имеющая пробку, в которую вставлена пипетка на 5 мл с резиновым баллончиком.

Справа на панели закреплен пенал 7 с коллориметрической шкалой для определения фосфатов.

На полочке дверцы в гнездах установлены:

- четыре склянки 12, 13, 14, 15 для химических реактивов - индикаторов с резиновыми пробками, в которые вставлены пипетки с надетыми на них резиновыми баллончиками (каплесчитывателями). На склянках имеются этикетки: «ФЕНОЛФТАЛЕИН», «МЕТИЛОРАНЖ», «ХРОМ ТЕМНОСИНИЙ», «ХРОМАТ КАЛИЯ»;

- стеклянный отстойник 10 на 250 мл для определения взвешенных веществ;

- стеклянная палочка 9 для размешивания воды;

- мерная пробирка 11;

- мерная пробирка 19 с пробкой, в которую вставлена оловянная палочка;

- под палочкой в специальном гнезде помещена стеклянная воронка.

В табл. 4.1 приведены все химические составы, используемые в настоящей работе.

Т а б л и ц а 4.1

Характеристики реагентов, используемых в ЛВК-4

Наименование	Химическая формула	Характеристика	Для какого опыта
Серная кислота	H_2SO_4	титр	- карбонатной жесткости; - щелочности.
Трилон-Б	$C_{10}H_{14}O_8N_2Na_2$	титр	общей жесткости
Ляпис	$AgNO_3$	титр	хлоридов
Метилоранж	$C_{14}H_{14}N_3O_3SNa$	индикатор	карбонатной жесткости
Хром темно-синий	$C_{18}H_{12}N_2O_6S_2$	индикатор	общей жесткости
Хромовокислый калий	K_2CrO_4	индикатор	хлоридов
Фенолфталеин	$C_{20}H_{14}O_4$	индикатор	щелочность
Аммиачно-буферный раствор		буфер	общая жесткость
Сульфо-молибдатный раствор		индикатор	фосфатов

Все опыты основаны на определении объема введенного титра в момент изменения окраски пробы анализируемой воды.

Окраска воды зависит от типа введенного ранее индикатора и меняющейся с введением титра реакции (кислой или щелочной) воды.

4.3. Анализ воды с помощью ЛВК-4**4.3.1. Общие правила пользования судовой лабораторией**

Со всеми предметами, входящими в комплект судовой лаборатории следует обращаться осторожно. Запрещается использовать отдельные предметы и посуду лаборатории не по назначению.

Посуда перед началом работы должна быть вымыта конденсатом. После проведения анализа ее тщательно моют, затем вытирают только снаружи, а для просушки изнутри переворачивают дном вверх, чтобы оставшаяся вода стекла по стенкам.

4.3.2. Определение общей жесткости воды

В пробу испытуемой воды вводят индикатор, который в присутствии накипеобразующих веществ окрашивает воду в определенный цвет. Затем воду титруют раствором трилона-Б до полного соединения его с этими веществами. Конец титрования устанавливают по изменению окраски индикатора.

В мензурку наливают 100 мл испытуемой воды, добавляют 5 мл аммиачного буферного раствора и 7-8 капель химического индикатора темно-синего хрома, который окрашивает воду в розово-красный цвет (рис. 4.2). Вместо раствора индикатора можно применять смесь (сухую) индикатора с поваренной солью. На каждое определение берут 0,1...0,2 г стеклянной ложечкой (около половины ее).



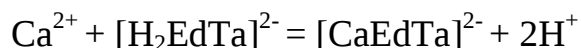
Рис. 4.2. К определению общей жесткости воды. Фаза 1

Затем из бюретки прибавляют по каплям раствор трилона-Б, все время тщательно помешивая воду в мензурке стеклянной палочкой до перехода раствора из розово-красного в сине-сиреневый (рис. 4.3).

Особенно интенсивно следует помешивать воду к концу определения, т.к. переход окраски наступает не мгновенно, а постепенно. Последние капли раствора нужно добавлять медленно, с некоторыми промежутками, не прекращая помешивания воды в мензурке.

Общая жесткость воды (в миллиграмм-эквивалентах) в литре численно равна объему (в миллилитрах) израсходованного раствора трилона-Б, прошедшего на титрование 100 мл воды.

Уравнение реакции:



Пример: взято 100 мл для определения жесткости воды, израсходовано 8,6 мл раствора трилона-Б. Общая жесткость 8,6 мл-экв/литр.

4.3.3. Определение карбонатной жесткости воды

Метод заключается в том, что бикарбонаты (двууглекислые соли) разлагаются при добавлении в воду серной кислоты, в результате чего соли, образующие щелочность воды, нейтрализуются. Момент нейтрализации узнают по изменению окраски воды при добавлении индикатора. В мензурку наливают 100 мл испытуемой воды и добавляют из капельницы две капли «мети-лоранжа», от чего вода окрашивается в соломенно-желтый цвет.

Затем осторожно, по каплям добавляют раствор серной кислоты, одновременно помешивая стеклянной палочкой. Прибавление кислоты прекращают с последней каплей, от которой соломенно-желтая окраска переходит в оранжевую.

Карбонатная жесткость воды (в миллиграмм-эквивалентах) в литре численно равна объему (в миллилитрах) израсходованной кислоты, пошедшей на титрование 100 мл испытуемой воды.

Пример: взято 100 мл воды для определения в ней карбонатной жесткости, израсходовано 1,7 мл серной кислоты. Карбонатная жесткость воды равна 1,7 мг-экв/литр.

4.3.4. Определение некарбонатной жесткости воды

Величину некарбонатной жесткости воды находят как разность между значениями общей и карбонатной жесткости.

Пример: общая жесткость равна 5,4 мг-экв/л, карбонатная-3,3 мг-экв/л. Некарбонатная жесткость будет $5,4 - 3,3 = 2,1$ мг-экв/л.



Рис. 4.3. К определению общей жесткости воды. Фаза 2

4.3.5. Определение хлоридов

Метод основан на образовании в нейтральной среде нерастворимого осадка в результате взаимодействия хлоридов, находящихся в воде с раствором азотнокислого серебра.

4.3.5.1. Определение хлоридов в котловой воде

Из отобранной пробы котловой воды мерной пробиркой берут 10 мл и переливают в мензурку, в которую добавляют 40 мл конденсата или дистиллята (рис. 4.4).

Далее разбавленную пробу котловой воды нейтрализуют, для чего к ней добавляют две-три капли фенолфталеина, который окрашивает воду в малиновый цвет.

После этого по каплям добавляют раствор серной кислоты до обесцвечивания пробы (что указывает на нейтрализацию воды).

Затем добавляют 10 капель раствора хромовокислого калия, хорошо размешивают.

После этого из бюретки (осторожно, по каплям) приливают в мензурку раствор азотнокислого серебра (ляпис), все время помешивая воду стеклянной палочкой. Раствор азотнокислого серебра добавляют до тех пор, пока не появится устойчивый бурый оттенок. Содержание хлоридов в воде (в миллиграммах хлор-иона в 1 л воды) численно равно количеству миллилитров раствора азотнокислого серебра, пошедшему на титрование 10 мл пробы, разделенному на 100.

Пример: на титрование 10 мл котловой воды пошло 9,5 мл титрованного раствора азотнокислого серебра. Содержание в воде хлоридов, выраженное в хлор-ионах, равно $9,5 \times 100 = 950$ мг/л.

4.3.5.2. Определение хлоридов в конденсате и дистилляте

Для определения хлоридов в конденсате и дистилляте пробу не нужно предварительно нейтрализовать и разбавлять. Принимая во внимание, что содержание хлоридов в этих водах во много раз выше, чем в котловой воде, для анализа берут пробу объемом не 10 мл, а 100 мл, затем добавляют 10 капель хромовокислого калия.

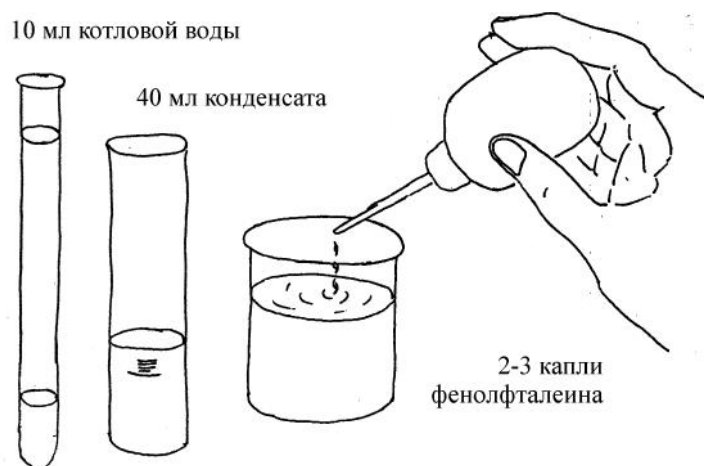
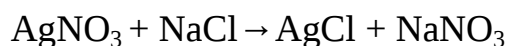
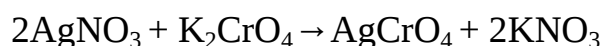


Рис. 4.4. К определению хлоридов в котловой воде

Затем воду титруют раствором азотнокислого серебра до появления не исчезающего бурого оттенка. Уравнение реакции



протекает до полного замещения всех хлорионов, после чего азотнокислое серебро вступает в реакцию с хромовокислым калием:



Содержание вычисляют так же, как и в предыдущем случае, только результат умножают не на 100, а на 10.

Пример: на титрование 100 мл конденсата пошло 1,2 мл раствора ляписа. Содержание в воде хлоридов, выраженное в хлорионах равно $1,2 \times 10 = 12 \text{ мл/л}$.

Примечание. Для определения хлоридов в воде в виде хлорида натрия надо результат анализа в хлор-ионах умножить на 1,67.

Для определения хлоридов в градусах Брандта – на 0,167 (градусы Брандта - количество растворенных солей в воде, выраженное в эквиваленте хлорида натрия, деленное на 10).

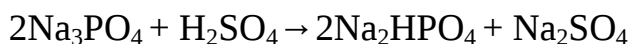
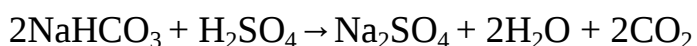
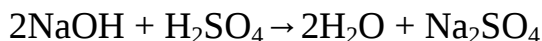
Один градус Брандта соответствует 10 мл/л хлорида натрия и 6,07 мл/л хлориона.

4.3.6. Определение щелочности котловой воды

Метод основан на нейтрализации кислотой котловой воды, содержащей щелочи, окрашивающей фенолфталеин в малиново-красный цвет. Конец реакции наступает в момент добавки последней капли кислоты, когда малиновая окраска исчезает и вода принимает свой первоначальный цвет, т.к. в ней отсутствует щелочь. Если котловая вода мутная, то пробу предварительно фильтруют.

В мензурку наливают 100 мл отфильтрованной котловой воды и добавляют 2 капли фенолфталеина, отчего вода при наличии щелочности окрасится в малиново-красный цвет. Затем осторожно, по каплям, добавляют раствор серной кислоты до тех пор, пока не исчезнет малиновая окраска и вода не примет первоначальный цвет.

Уравнения реакции:



Щелочность котловой воды (в миллиграмм-эквивалентах на литр) численно равна количеству миллилитров 0,1 Н кислоты, пошедшей на титрование 100 мл воды.

Пример: на титрование 100 мл котловой воды пошло 5,3 мл кислоты. Щелочность воды - 5,3 мг-экв/литр.

Примечание: щелочность котловой воды можно выразить также и щелочным числом. Щелочное число равно количеству миллилитров 0,1 Н кислоты, затраченному на титрование 100 мл котловой воды, т.е. значению щелочности, умноженному на 40.

Пример: на титрование 100 мл котловой воды пошло 5,3 мл кислоты. Щелочное число ее будет $5,3 \times 40 = 212 \text{ мг/литр}$.

4.3.7. Определение фосфатов в котловой воде коллориметрическим методом

Метод основан на сравнении окраски испытуемой воды, в которую введены необходимые реактивы, с окраской стандартной шкалы.

Сущность метода заключается в том, что сульфомолибдатный раствор, введенный в испытуемую пробу воды в присутствии погруженной в нее стеклянной палочки, реагирует с фосфатами, в результате чего вода окрашивается в синий цвет, интенсивность которого тем больше, чем выше концентрация фосфатов в воде.

В мерную пробирку наливают 2 мл отфильтрованной котловой воды (рис. 4.5). Затем доводят объем жидкости сульфомолибдатным раствором до 10 мл. Далее в раствор опускают очищенную наждачной бумагой и ополоснутую дистиллированной водой оловянную палочку.

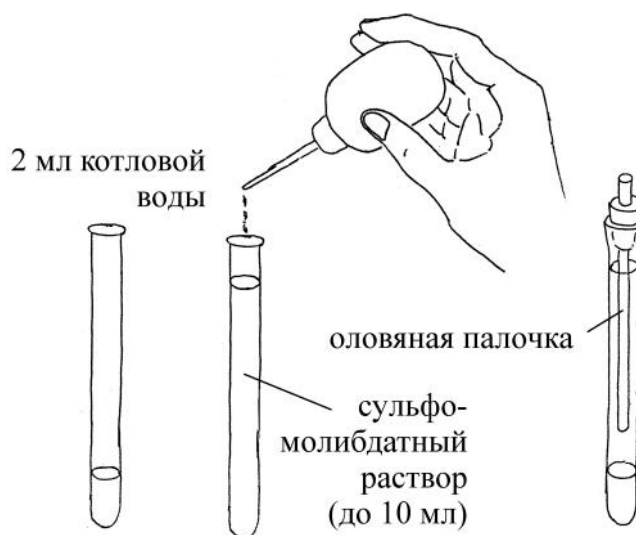


Рис. 4.5. К определению фосфатного числа.
Фаза 1

Через 5 мин (за это время раствор в пробирке вместе с оловянной палочкой должен быть 2-3 раза перемешан легким встряхиванием) оловянную палочку вместе с пробкой вынимают из пробирки и сравнивают окраску испытуемого раствора с окраской цветной шкалы. Для этого пенал, в котором находится штатив с фосфатной шкалой, снимают с задней стенки лабораторного ящика, вынимают штатив и в него вставляют (через верхнее отверстие) мерную пробирку так, чтобы она оказалась в специальном гнезде на фоне молочного стекла рядом с ячейками цветной шкалы.

Позади штатива должен находиться источник света, расположенный так, чтобы окраска испытуемого раствора сравнивалась с окраской эталонной шкалы в рассеянном проходящем свете (рис. 4.6).

Фосфатное число воды соответствует цифре, стоящей против ячейки шкалы, окраска которой соответствует (совпадает) окраске раствора в пробирке или близка к ней. Если содержание фосфатов будет равно или более 25 мг/литр, то для анализа берут не 2, а 1 мл котловой воды, повторяют все выше указанные операции и результат анализа берут не 2, а 1 мл котловой воды, повторяют все выше указанные операции и результат анализа умножают на 2.

Фосфатную шкалу хранить в футляре: она должна быть на свету только во время колориметрирования.

Результаты определения по шкале выражены в виде окисла P_2O_5 . Принята также ионная форма выражения фосфатов PO_4^{3-} .

Примеры. 1. На анализ взято 2 мл котловой воды. Окраска исследуемой пробы подходит по цвету к ячейке с числом 10, следовательно, фосфатное число ее будет 10 мг/литр P_2O_5 .

2. На анализ взята проба котловой воды в количестве 1 мл. Окраска раствора подходит по цвету ячейки с числом 15. Фосфатное число ее равно $15 \times 2 = 30$ мг/литр P_2O_5 .

4.3.8. Определение взвешенных веществ

Сущность определения состоит в том, что устанавливают объем нерастворимых плавающих в котловой воде веществ (шлама), которые осаждают при отстаивании воды в течение определенного времени. Пробу воды, взятую в кружку или склянку из крана солености, который предварительно хорошо продуть, охлаждают до комнатной температуры, затем тщательно взбалтывают и переливают в специальный отстойник, наполняя его до метки 250 мл (рис. 4.7).

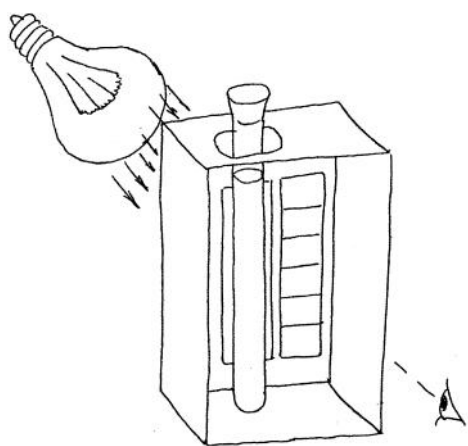


Рис. 4.6. К определению фосфатного числа. Фаза 2



Рис. 4.7. К определению количества взвешенных частиц

После этого вода отстаивается в течение 2 часов.

Количество взвешенных веществ, осевших в низкой узкой части отстойника, отмечают по шкале отстойника, цифры на которой соответствуют условным обозначениям объемного процента взвеси в воде.

4.4. Подсчет результатов анализа котловой воды

Если пробу берут не через холодильник, то за счет частичного испарения воды концентрация солей во взятой пробе оказывается более высокой, чем действительная в котловой воде. Для устранения этой погрешности, которая тем больше, чем выше давление пара в котле, вносят поправку, определяемую по табл. 4.2. В табл. 4.2 А – давление в котле, МПа, Б – поправочный множитель.

Т а б л и ц а 4.2

Поправочные множители для подсчета результатов анализа котловой воды, пробы которой взяты без холодильника

А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
0,4	0,92	1,2	0,81	2,0	0,74	2,8	0,69
0,6	0,88	1,4	0,79	2,2	0,72	3,0	0,67
0,8	0,85	1,6	0,77	2,4	0,71	3,2	0,66
1,0	0,83	1,8	0,75	2,6	0,70	3,4	0,65

Найденная по таблице поправка должна быть учтена при расчете содержания взвесей умножением полученных результатов на поправочный множитель.

Пример: в момент взятия пробы из котла рабочее давление было 1,4 МПа. По таблице находим поправочный множитель, равный 0,79. Т.о. конечные цифры щелочности, хлоридов, других данных анализа надо умножить на 0,79.

Допустим, щелочность котловой воды по анализу оказалась равной 180, тогда истинная щелочность этой воды будет $180 \cdot 0,79 = 142$.

4.5. Лаборатория водного контроля Unitor

Кроме применяемой на отечественных судах лаборатории ЛВК, широко применяется лаборатория водного контроля фирмы Unitor (рис. 4.8). В отличие от лаборатории ЛВК данная лаборатория содержит дозированные комплексы титра и индикатора, объединенные в таблетках. Критерием окончания опыта в данной лаборатории является количество растворенных таблеток в объеме исследуемой жидкости, при котором обеспечивается требуемое изменение цвета пробы.

4.6. Оформление протокола

Отчет по данной работе должен состоять из схемы установки с описанием, краткого изложения проведения каждого опыта.

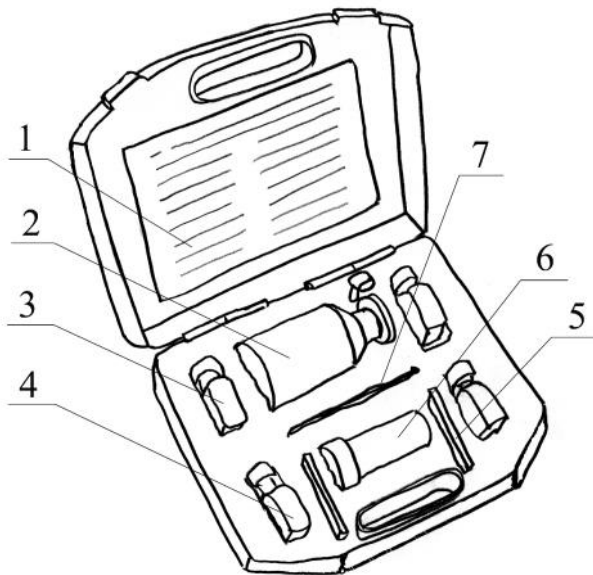


Рис. 4.8. Общий вид лаборатории водного контроля Unitor:

- 1 - инструкция по применению;
2 - колба для смешивания;
3 - таблетки для определения жесткости;
4 - таблетки для определения нитратов;
5 - лакмусовая бумажка,
6 - порошок для определения соле-
содержания; 7 - смешивающая палочка

4.7. Вопросы для проверки

1. Каково назначение судовой лаборатории водного контроля?
2. Какими показателями характеризуется качество воды, используемой в паросиловых установках?
3. В каких единицах измеряются солесодержание, щелочность, соленость?
4. Какова цель докотловой и внутрикотловой водообработки? В чем она заключается?
5. Какие бывают режимы водообработки котла?
6. Что вызывает накипеобразование и коррозию металла пароводяного тракта котла?

ЛИТЕРАТУРА

1. Морской Регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. – Л.: РМРС, 2008. – 834 с.
2. Кашанский М.С. Судовая арматура/ М.С. Кашанский и др. - Л.: Судостроение, 1975. – 432 с.
3. Ильин А.К. Практикум по паровым котлам промысловых судов /А.К. Ильин, Е.С. Иконников-Ципулин. - М.: Пищепром, 1978. – 198 с.
4. Волков Д.И. Судовые паровые котлы/ Д.И. Волков, Б.В. Сударев. - Л.: Судостроение, 1988. – 135 с.
5. Верете А.Г. Судовые паровые и газовые энергетические установки / А.Г. Верете, А.К. Дельвинг. - М.:Транспорт, 1990. – 240 с.
6. Бобров Н.Н. Применение топлива и смазочных материалов / Н.Н. Бобров, П.И. Воропай. - М.: Машиностроение, 1962. – 190 с.
7. ГОСТ 2.781-96. ЕСКД. Обозначения условные графические. Аппараты гидравлические и пневматические, устройства управления и приборы контрольно-измерительные. Введ. 23.03.98. - К.: Изд. стандартов, 1997. – 24 с.
8. ГОСТ 2.780-96. ЕСКД. Обозначения условные графические. Кондиционеры рабочей среды, емкости гидравлические и пневматические. Введ. 23.03.98. - К.: Изд. стандартов, 1997. – 7 с.
9. ГОСТ 2.782-96. ЕСКД. Обозначения условные графические. Машины гидравлические и пневматические. Введ. 23.03.98. - К.: Изд. стандартов, 1998. – 18 с.
10. Пененжик Я.В. Обработка питательной воды для судовых котлов/ Я.В. Пененжик. – М.: Транспорт, 1965. - 172 с., 2000 экз.
11. Бабаджанян Л.А. Методика испытаний судовых котлов/ Л.А. Бабаджанян, А.К. Гольденфон. – Л.: Судостроение, 1965. - 214 с.
12. Хряпченков А.С. Судовые вспомогательные и утилизационные котлы/А.С. Хряпченков. – Л.: Судостроение, 1988. – 296 с.
13. Бузник В.М. Судовые парогенераторы/ В.М. Бузник. - Л.: Судостроение, 1970. - 480 с.

Технический редактор
Р.В. Дмитриева

Подписано к печати 16.07.15. Изд. № 27/15. Зак. 202/2015. Тираж 50 экз.
Объем 4,0 п.л. Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,92.
Формат бумаги 60 x 84 1/16

РИИЦМ ФГАОУВО «Севастопольский государственный университет»