

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

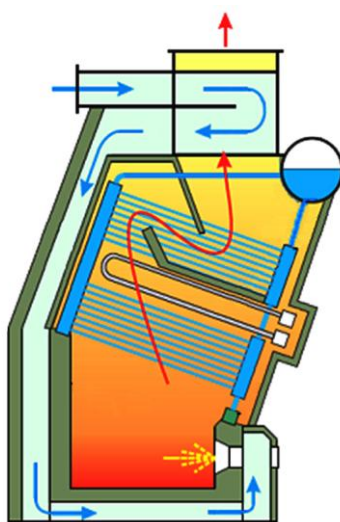
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

В.А. Очеретяный, В.Р. Егоров

СУДОВЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ И ПАРПРОИЗВОДЯЩИЕ УСТАНОВКИ

Лабораторные работы

Учебно-методическое пособие



Севастополь
СевГУ
2022

УДК 621.181:629.5(075.8)

ББК 39.455.13я73

О-95

Р е ц е н з е н т :

Е.В. Хромов - канд. техн. наук, доцент кафедры ЭМСС
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Очеретяный В.А.

О-95 Судовые котельные и паропроизводящие установки. Лабораторные работы : учебно-методическое пособие / В. А. Очеретяный, В. Р. Егоров ; Севастопольский государственный университет, Морской институт. – Севастополь : СевГУ, 2022. – 96 с.: ил. – Текст : электронный.

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

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

УДК 621.181:629.5(075.8)

ББК 39.455.13я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании Ученого совета Морского института Севастопольского госуниверситета в качестве учебно-методического пособия по дисциплине «Судовые котельные и паропроизводящие установки» для студентов специальности 26.05.06 – Эксплуатация судовых энергетических установок, протокол № 3 от 26 января 2022 г.

© Очеретяный В.А., Егоров В.Р., 2022
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2022

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	21
1.3. Работа котельного отделения	23
1.4. Арматура систем котельного отделения	28
1.5. Формирование функциональной схемы	34
1.6. Оформление отчета	35
1.7. Вопросы для проверки	36
2. Лабораторная работа № 2. Арматура судовых паровых котлов	38
2.1. Стопорные клапаны	39
2.2. Питательные клапаны	41
2.3. Водоуказательные приборы	42
2.4. Предохранительные клапаны	47
2.5. Клапаны продувания	52
2.6. Клапаны для отбора проб воды и для введения в котел химических присадок	51
2.7. Клапаны для манометров и удаления воздуха	53
2.8. Материалы арматуры котлов	54
2.9. Топочные устройства	54
2.10. Оформление отчета	61
2.10. Вопросы для проверки	61
3. Лабораторная работа № 3. Анализ продуктов сгорания	62
3.1. Описание установки	63
3.2. Порядок проведения работы	66
3.3. Схема установки прибора КГА-1-1	67
3.4. Оформление отчета	71
3.5. Вопросы для проверки	71
4. Лабораторная работа № 4. Анализ котловой и питательной воды с помощью судовой лаборатории ЛВК	73
4.1. Общая характеристика методов, используемых в работе при анализе воды	74
4.2. Судовая лаборатория ЛВК-4. Описание	77
4.3. Анализ воды с помощью ЛВК-4	80
4.4. Подсчет результатов анализа котловой воды	89
4.5. Лаборатория водного контроля Unitor	90
4.6. Оформление отчета	94
4.7. Вопросы для проверки	95
Литература	96

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.

Первая лабораторная работа выполняется в течение 6 часов; вторая лабораторная работа выполняется в течение 4 часов; третья и четвертая – по 2 часа каждая.

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 устройства, работы и взаимодействия элементов лаборатории судовых паровых котлов кафедры ЭМСС;
- составление обобщенной функциональной схемы котельного отделения: паровой; питательной; топливной; воздушной.

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). На рисунке 1 представлен общий вид котельного отделения.



Рисунок 1.1 – Общий вид котельного отделения

На рисунке 1.2 представлен план котельного отделения с оборудованием, задействованным в настоящей лабораторной работе.

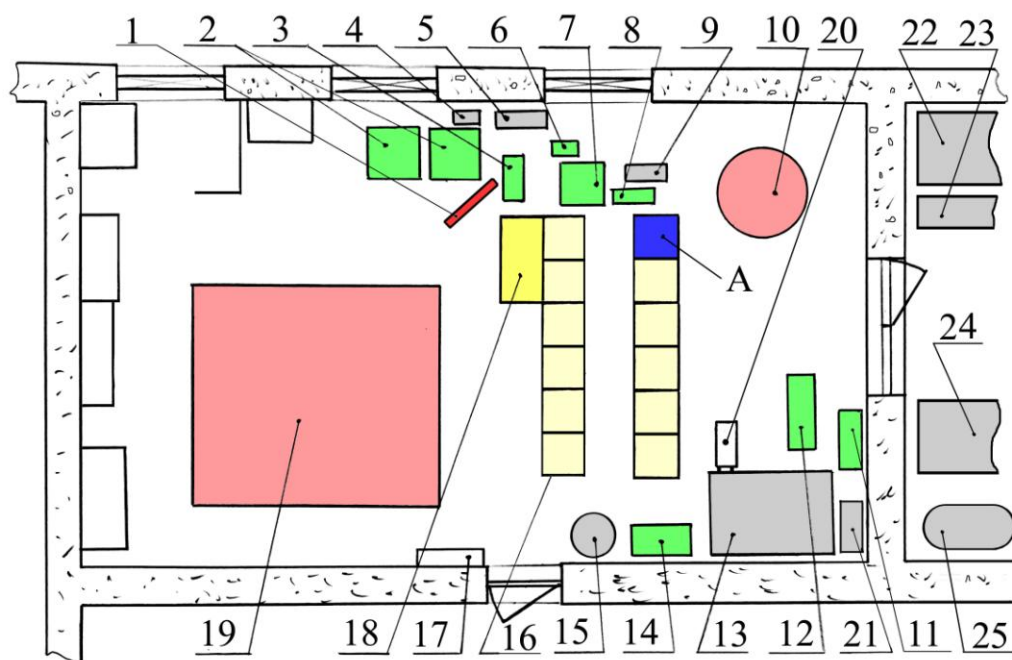


Рисунок 1.2 – Расположение оборудования в лаборатории котлов:

А – Пульт управления тренажером; 1 – щит управления, индикации и сигнализации; 2 – вентиляторы; 3, 7 – основные топливные насосы главного котла; 4, 9 – фильтры тонкой и грубой очистки; 5, 15 – подогреватели топлива и питательной воды; 6 – насос топливный пусковой; 8 – насос дозерный; 10, 19 – стояночный (вспомогательный) и основной (главный) котлы; 11 – питательные насосы (два насоса) вспомогательного котла; 12, 14 – питательные насосы главного котла; 13 – теплый ящик; 16, 18 – столы; 17 – манометрический щит; 20 – верстак; 21 – расходная цистерна; 22 – расходная цистерна тяжелого топлива; 23 – цистерна легкого топлива; 24 – цистерна основного запаса питательной воды; 25 – баллон сжатого воздуха

В состав котельного отделения (рисунок 1.1) входит: котел вспомогательный (работает на ходу судна – т.о. главный) КВС-68 (19); котел стояночный (вспомогательный) КВЦ 15/8 (10); главный питательный насос с электрическим приводом (12); главный питательный насос – с паровым приводом (14); главный топливный насос с электрическим приводом (3); главный топливный насос с паровым приводом (7); пусковой топливный насос с электрическим приводом (6); паровой топливоподогреватель (5); паровой водоподогреватель (15); теплый ящик (13); сдвоенный фильтр топливный грубой очистки (9); фильтр топливный тонкой очистки (4); паровые прямодействующие питательные насосы вспомогательного котла (11);

дозерная установка 8 (дозерный насос и бачки фосфатов и нитратов); расходная цистерна 21; вентиляторы 2; 22 – расходная цистерна тяжелого топлива; 23 – цистерна легкого топлива; 24 – цистерна основного запаса питательной воды; 25 – баллон сжатого воздуха;

Перечисленные выше элементы вместе с соответствующей арматурой образуют системы котельного отделения:

- паровая (и конденсатную);
- питательная;
- топливная (тяжелого и легкого топлива);
- воздушная система (воздуха для горения);
- система сжатого воздуха (для сажеобдува);
- система ввода добавок в питательную воду.

1.1.1. Котел КВС-68

Котел КВС-68 (рисунок 1.3) - 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 парообразующих труб Ø29×2,5 с двумя водяными коллекторами Ø500 (рисунок. 1.3).

Каждый конвективный пучок состоит из 13 рядов труб. Расположение труб 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.

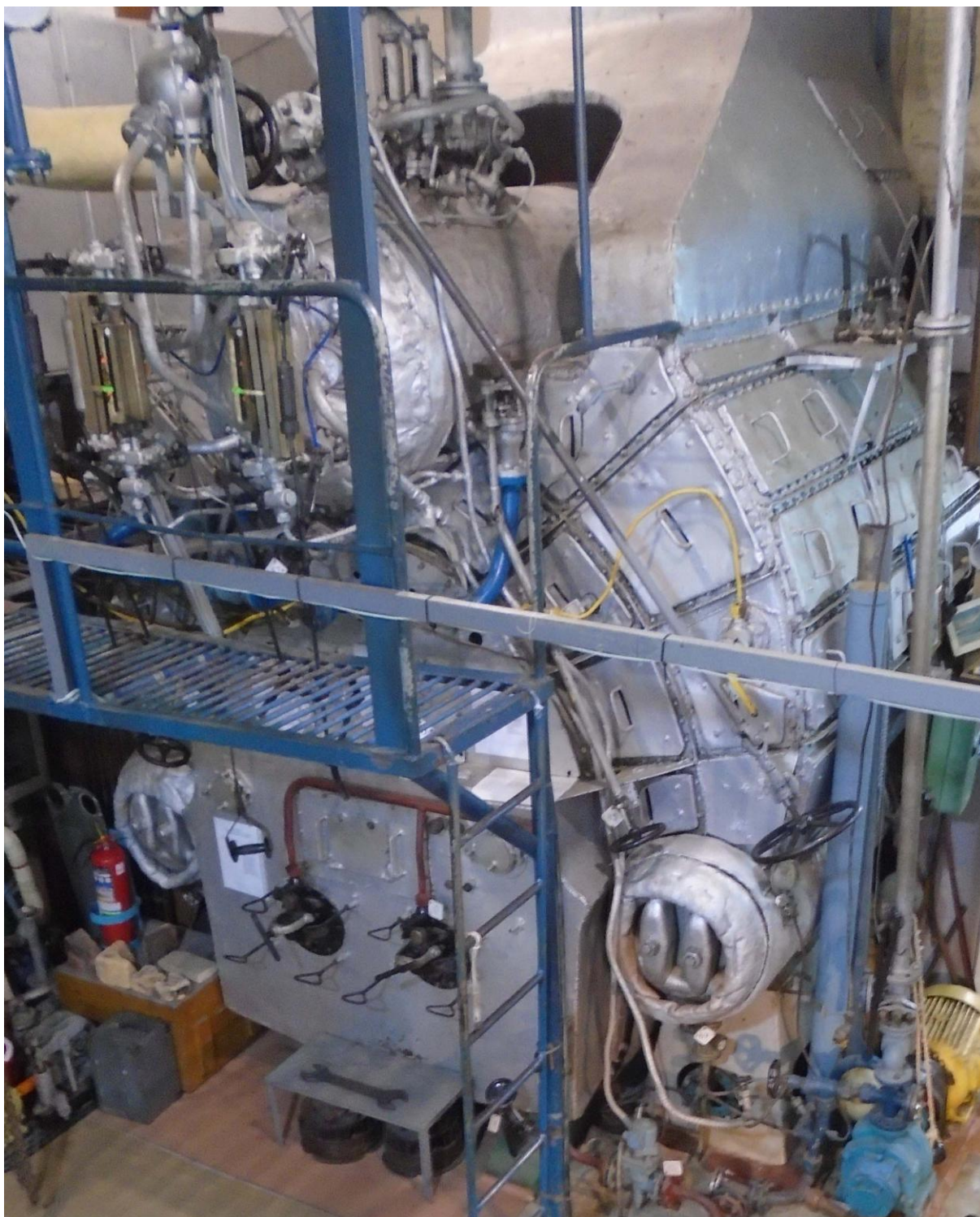


Рисунок 1.3 – Общий вид котла КВС-68

На рисунке 1.4 представлен главный вид котла с разрезом. Нижняя часть топки ограничена поддоном, который по длине котла примыкает к

водяным коллекторам, а по фронтам сопрягается с фронтowymi стенками обшивки.

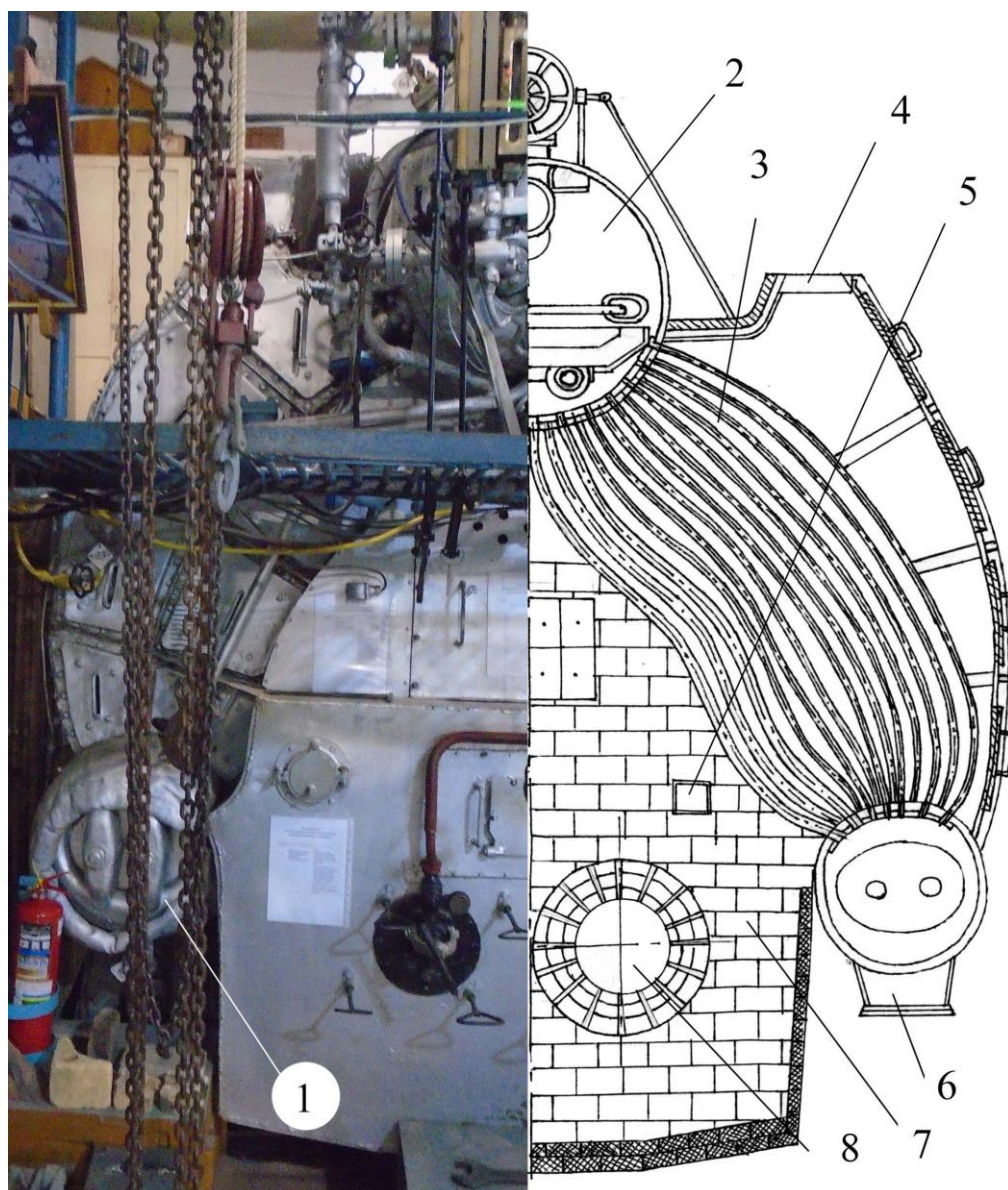


Рисунок 1.4 – Поперечный разрез котла КВС-68:

- 1 – водяной коллектор; 2 – пароводяной коллектор; 3 – испарительный трубный пучок;
4 – выход дымовых газов; 5 – окошко для наблюдением процесса горения; 6 – опора;
7 – кирпичная обмуровка переднего фронта; 8 – фурменное отверстие;

Фронтowe стенки обшивки топki и поддон изнутри облицованы огнеупорным шамотным кирпичом. Котел имеет одностороннее отопление. На котле установлено Топочное устройство котла состоит из механиче-

ской нерегулируемой форсунки, воздухонаправляющего устройства, фурменного отверстия.

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

1.1.2 Котел КВЦ-15/8

На рисунке 1.5 представлен котел КВЦ-15/8.

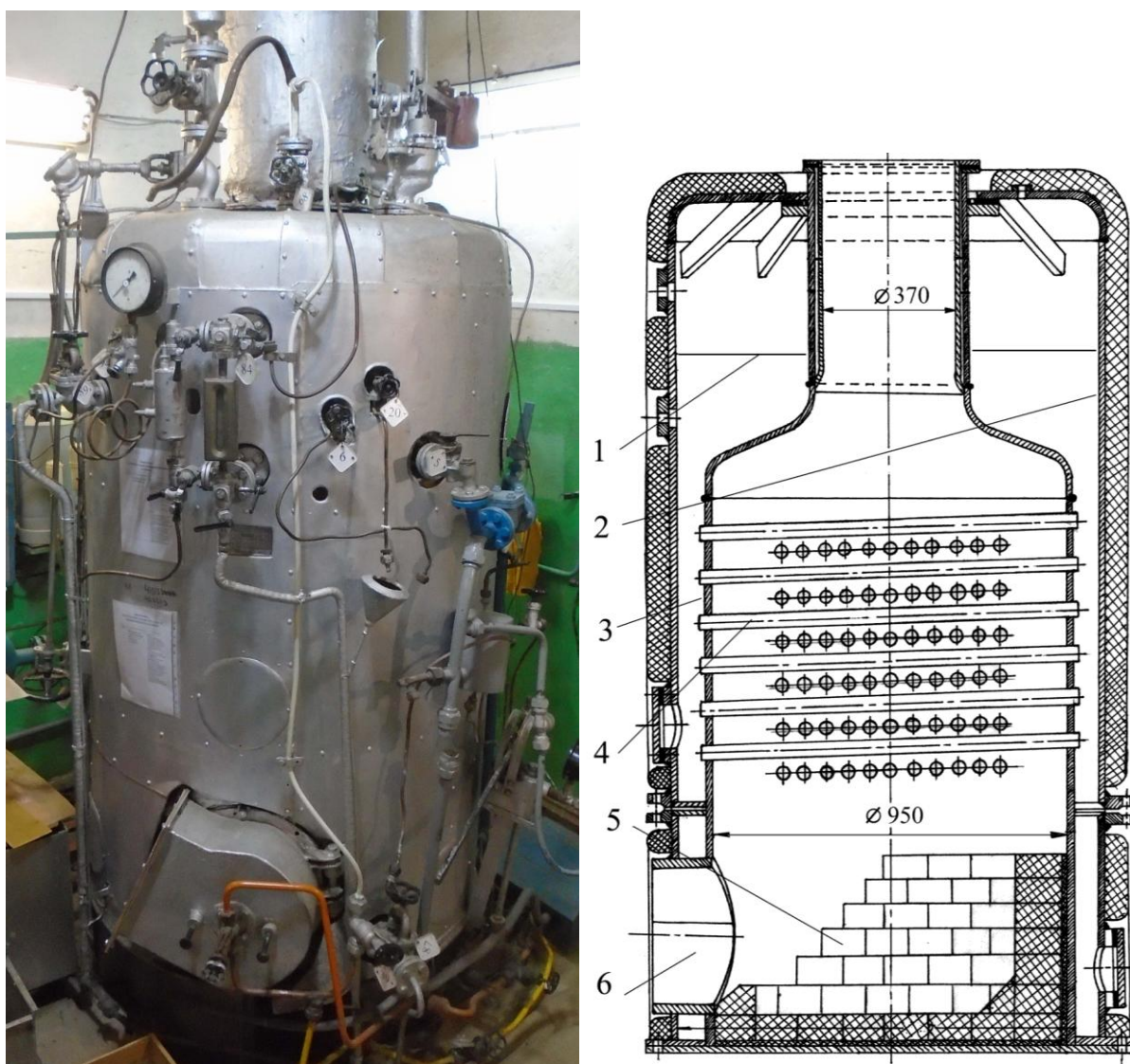


Рисунок 1.5 – Котел КВЦ 15/8:

- 1 – средний рабочий уровень воды в котле;
2 – внешняя обечайка; 3 – внутренняя обечайка; 4 – трубы испарительного пучка;
5 – кирпичная обмуровка топки; 6 – фурменное отверстие

Котел вертикальный, цилиндрический, состоит из 2 обечайек (внутренней и внешней) и 2 днищ. Между обечайками находится котловая вода, которая нагревается теплотой газов, движущихся по внутренней обечайке снизу вверх. Во внутреннюю обечайку вварены трубы, в которых находится вода, обогреваемая уходящими газами. Труб образую конвективный испарительный пучок.

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

Для работы котельной установки в лаборатории установлено четыре питательных насоса.

Два питательных насоса разного типа обеспечивают подачу питательной воды в котел КВС-68. Главный питательный насос – электроприводной центробежный консольного типа (позиция, 12 рисунок 1.2). Общий вид насоса представлен на рисунке 1.6. Создаваемое рабочее давление 3,0 МПа.



Рисунок 1.6 – Главный питательный насос котла КВС-68

Запасной питательный насос котла КВС-68 – поршневой прямодействующий с паровым приводом (позиция 14, рисунок 1.2). Общий вид насоса представлен на рисунке 1.7.

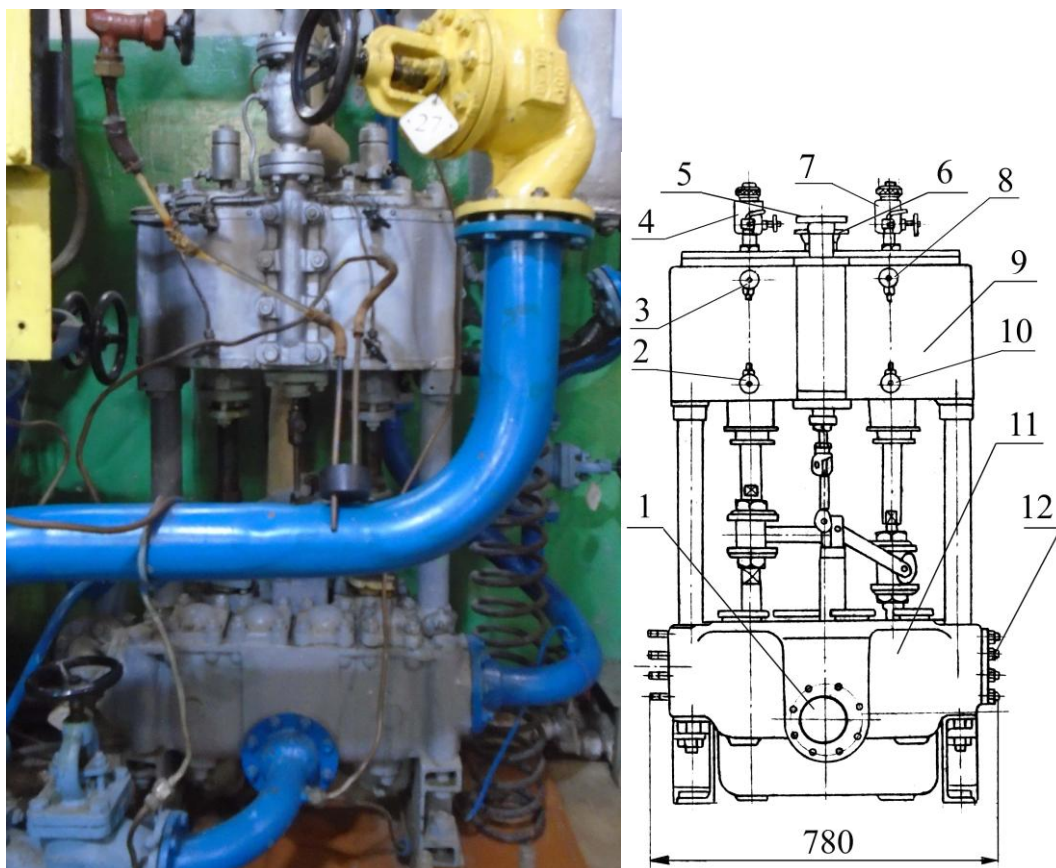


Рисунок 1.7 – Запасной питательный насос:

1 – подвод питательной воды (всасывающий фланец); 2, 3, 8, 10 – дренажные краники; 4, 7 – масленки; 5, 6 – фланцы подвода и отвода пара; 9 – приводная часть (паровые цилиндры); 11 – насосная часть (водяные цилиндры); 12 – отвод питательной воды

Паровой поршневой прямодействующий насос – вертикальный, состоит из двух паровых и двух насосных цилиндров, служит для подачи питательной воды в котлы из тёплого ящика. Создаваемое рабочее давление 3,0 МПа.

Два питательных насоса, включенные параллельно, служат для подачи воды из теплого ящика или цистерны основного запаса воды в котел КВЦ-15/8. Общий вид насосов представлен на рисунке 1.8. Также эти насосы (или один насос) могут быть использованы при заполнении питатель-

ной водой котла КВС-68. При запуске котла КВЦ-15/8 (отсутствии пара) эти насосы работают на сжатом воздухе (или из теплого ящика) в котлы. Насосы паровые, прямодействующие, горизонтальные (рис. 1.6). Насосы приводятся паром или сжатым воздухом (при заполнении котлов водой).

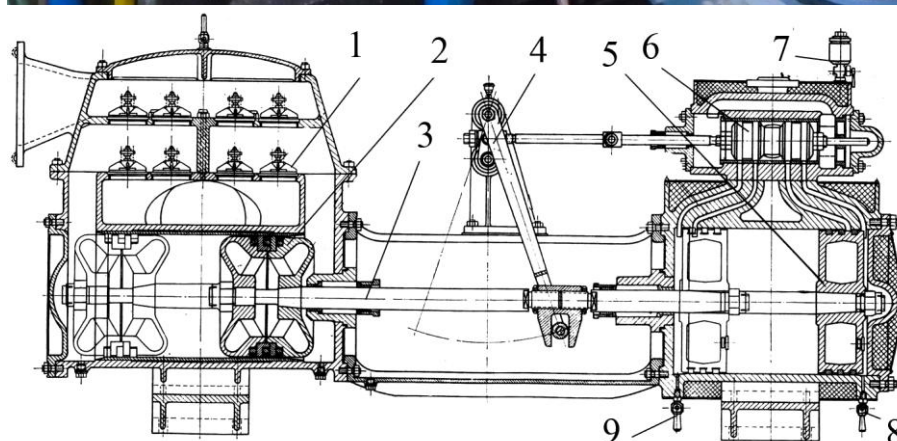


Рисунок 1.8 – Насосы котла КВЦ-15/8:

1 – клапанная коробка; 2 – водяной цилиндр и поршень; 3 – шток; 4 – система рычагов системы парораспределения; 5 – паровой поршень; 6 – золотник системы парораспределения; 7 – масленка; 8 – дренажные краники

1.1.4. Топливные насосы

Топливо в котел КВС-68 подается тремя насосами. При пуске котла используется шестеренчатый насос, подающий в котел легкое топливо (позиция 6, рисунок 1.2). Общий вид насоса представлен на рисунке 1.9.

Насос консольного типа, рабочее давление насоса 1,2 МПа, муфта – упругая пальцевая.



Рисунок 1.9 – Общий вид пускового насоса котла КВС-68:
1 – насос; 2 – муфта; 3 – электродвигатель

В основном режиме котел КВС-68 работает на тяжелом топливе. Подачу топлива обеспечивают два насоса: основной и запасной. Основной насос – винтовой электроприводной (позиция 3, рисунок 1.2). Общий вид насоса представлен на рисунке 1.10. Рабочее давление насоса 1,2 МПа.

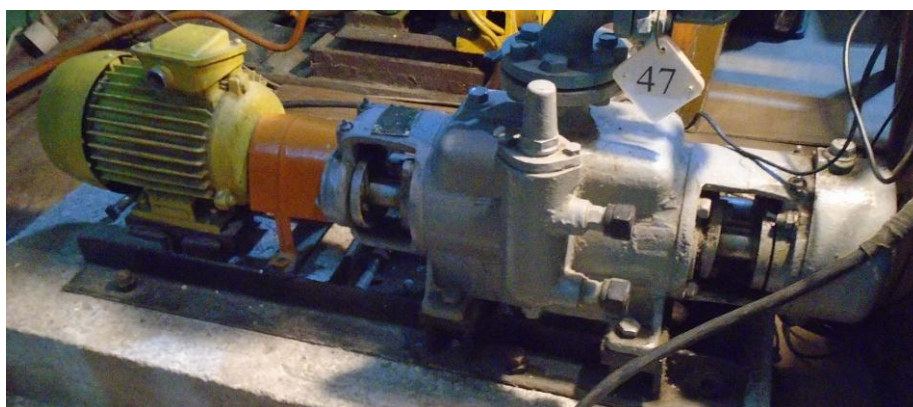


Рисунок 1.10 – Общий вид основного топливного насоса котла КВС-68

Запасной топливный насос (позиция 7, рисунок 1.2) – поршневой прямотоковый одноцилиндровый. Общий вид насоса представлен на

рисунке 1.11. Для компенсации неравномерности давления и подачи на выходе из насоса установлен пневмоаккумулятор (воздушный колпак).



Рисунок 1.11 – Общий вид запасного топливного насоса котла КВС-68

Так как котел КВЦ-15/8 работает на легком топливе, подача его осуществляется самотеком. Для этого топливная цистерна легкого топлива (позиция 23 рисунок 1.2) расположена подпором по отношению к форсунке котла. Распыл топлива осуществляется паром; при запуске – сжатым воздухом.

1.1.5. Водоподогреватель

В системе подачи питательной воды в котле КВС-68 возможно использование внешнего парового водоподогревателя. Водоподогреватель (позиция 15, рисунок 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. Общий вид теплообменного аппарата представлен на рисунке 1.12.



Рисунок 1.12 – Общий вид парового водоподогревателя

1.1.6. Тёплый ящик

Теплый ящик (позиция 13, рисунок 1.2) служит для сбора и подогрева конденсата, для очистки конденсата от механических примесей и масла;

раздачи на насосы питательной воды по потребителям. Общий вид теплового ящика представлен на рисунке 1.13.



Рисунок 1.13 – Общий вид теплового ящика котельного отделения

1.1.7. Топливоподогреватель

Топливоподогреватель (позиция 5, рисунок 1.2) типа «труба в трубе», служит для подогрева мазута отработанным паром. Диапазон подогрева

топлива 80 – 90 °С. Устройство теплообменного аппарата представлено на рисунке 1.14. Конденсат греющего пара направляется в теплый ящик.

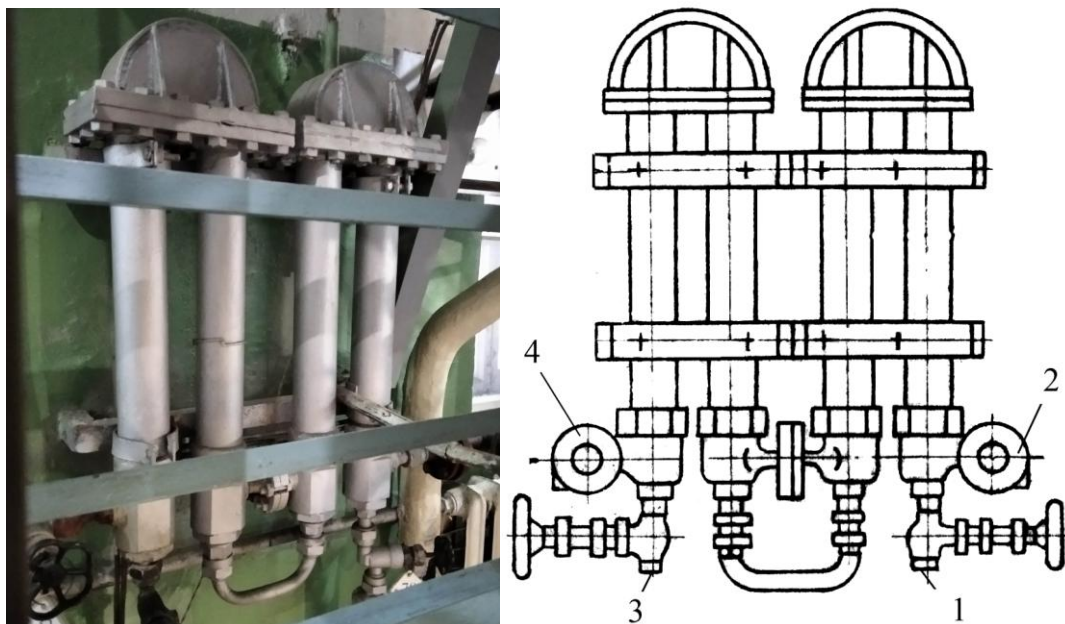


Рисунок 1.14 – Устройство топливоподогревателя:

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

1.1.8. Топливные фильтры

На рисунке 1.15 изображен фильтр тонкой очистки.

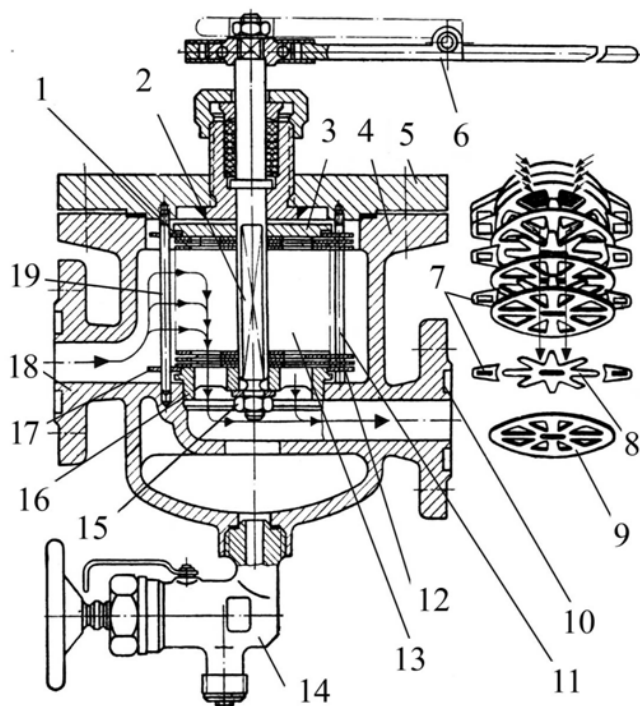


Рисунок 1.15 – Топливный пластинчатый фильтр:

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

Для удаления из топлива механических примесей установлены 3 фильтра: два фильтра грубой очистки (позиция 9, рисунок 1.2) и один фильтр тонкой очистки (позиция 4, рисунок 1.2).

Фильтры грубой очистки – сетчатые, тонкой очистки – пластинчатый. Устройство пластинчатого фильтра представлено выше.

1.1.9. Вентиляторы

Для обеспечения воздухом для горения котла КВС-68 установлены два вентилятора центробежного типа с электроприводом, включены параллельно (рисунок 1.16).



Рисунок 1.16 – Общий вид вентиляторов

1.1.10. Расходная цистерна

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

1.1.11. Дозерная установка

Дозерная установка (позиция 8, рис. 1.2) состоит из дозерного насоса (рисунок 1.17), двух бачков реагентов (фосфатов и нитратов) и трубопровода с необходимой арматурой. Дозерный насос – плунжерного типа, привод насоса состоит из червячного редуктора и электродвигателя.

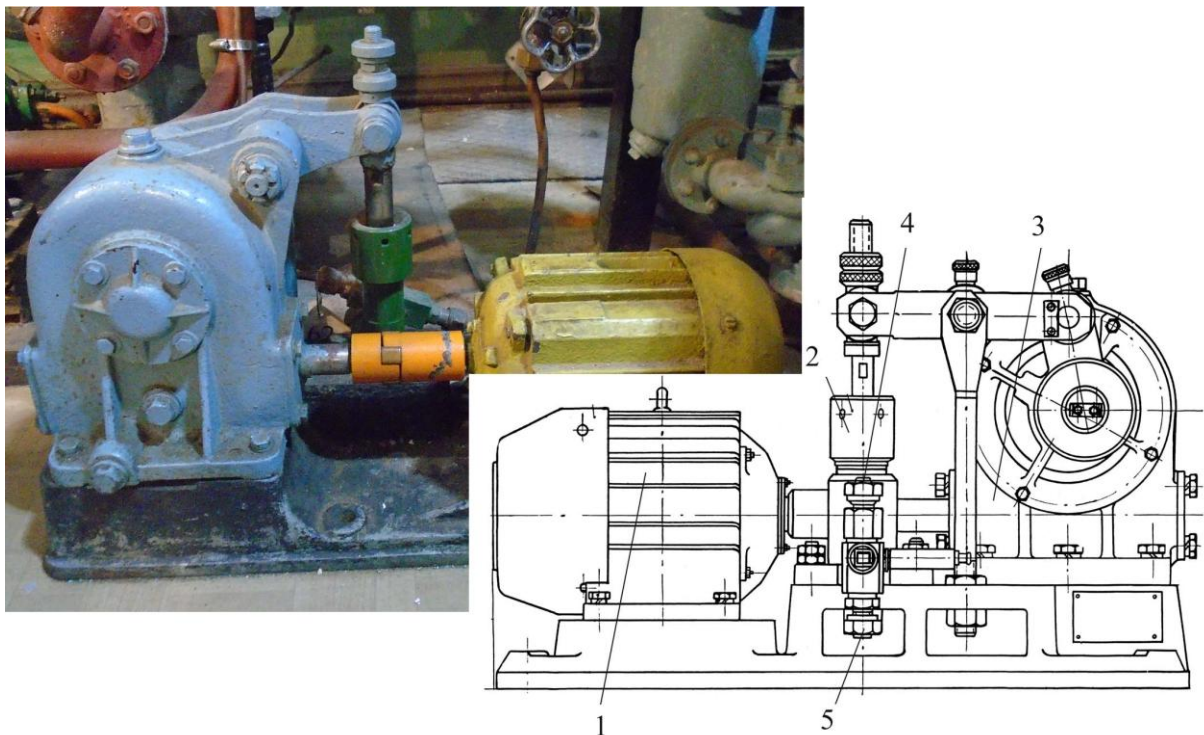


Рисунок 1.17 – Дозерный насос:

1 – электродвигатель; 2 – насос плунжерный; 3 – редуктор червячный;
4 – подвод раствора; 5 – отвод раствора

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 пита-

тельных 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.

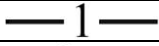
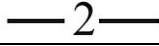
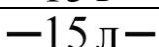
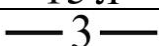
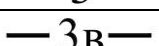
Трубопроводы конденсата служат для подачи конденсата в теплый ящик.

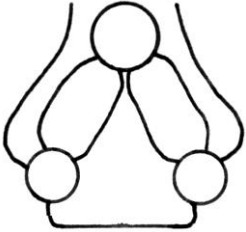
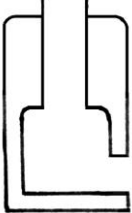
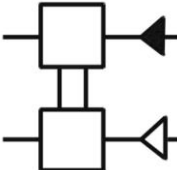
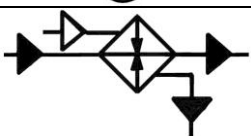
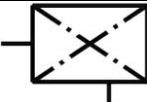
1.2. Условные обозначения элементов котельного отделения на функциональных схемах

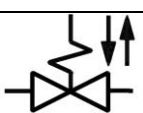
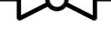
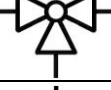
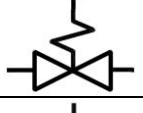
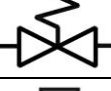
На всех перечисленных трубопроводах котельного отделения установлена арматура, условные обозначения которой представлены в таблице 1.1.

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 двухпро- точным движением газов
	Котел KBЦ 15-8, вертикальный, цилиндрический
	Насос паровой
	Центробежный насос
	Насос (без указания типа)
	Насос ручной
	Теплообменный аппарат (подогреватель) с указанием под- вода и отвода греющей и обогреваемой сред
	Баллон под давлением
	Вентилятор
	Фильтр
	Цистерна
	Форсунка
	Насос винтовой
	Насос шестеренчатый
	Клапан (вентиль) проходной запорный

	Клапан угловой запорный
	Клапан невозвратный
	Клапан невозвратно-запорный
	Клапан быстродействующий на закрытие и открытие
	Клапан регулируемый
	Клапан с дистанционным управлением (с карданом)
	Кран (пробка) двухходовой
	Кран трехходовой
	Задвижка (клинкет)
	Заслонка
	Конденсатоотводчик
	Клапан предохранительный с тросиковым приводом
	Клапан предохранительный
	Клапан с электромагнитным приводом на закрытие (БЗКТ)
	Клапан для манометра
	Клапан дроссельный
	Клапан редуционный

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. 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 (позиция 11, рисунок 1.2), 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.

Потребители пара котла КВС-68 в турбинном отделении:

- паротурбогенераторная установка (рисунок 1.18),
- пожарные центробежные насосы с паротурбинным приводом (рисунок 1.19).

Потребители пара котла КВС-68 в котельном отделении:

- паровой поршневой прямодействующий топливный насос (рисунок 1.11);

– паровой поршневой прямодействующий питательный насос (рисунок 1.7).

Потребители пара котла КВЦ-15/8 в котельном отделении:

– паровые поршневые прямодействующие питательные насосы (рисунок 1.8).



Рисунок 1.18 – Паротурбогенераторная установка

Отработанный пар поступает в турбинное отделение на главный конденсатор (рисунок 1.20); а также в котельном отделении на топливоподогреватель (рисунок 1.14) и водоподогреватель (рисунок 1.12). На магистрали тяжелого топлива между топливоподогревателем и фильтром тонкой очистки установлен трехходовой кран для реализации рециркуляции.

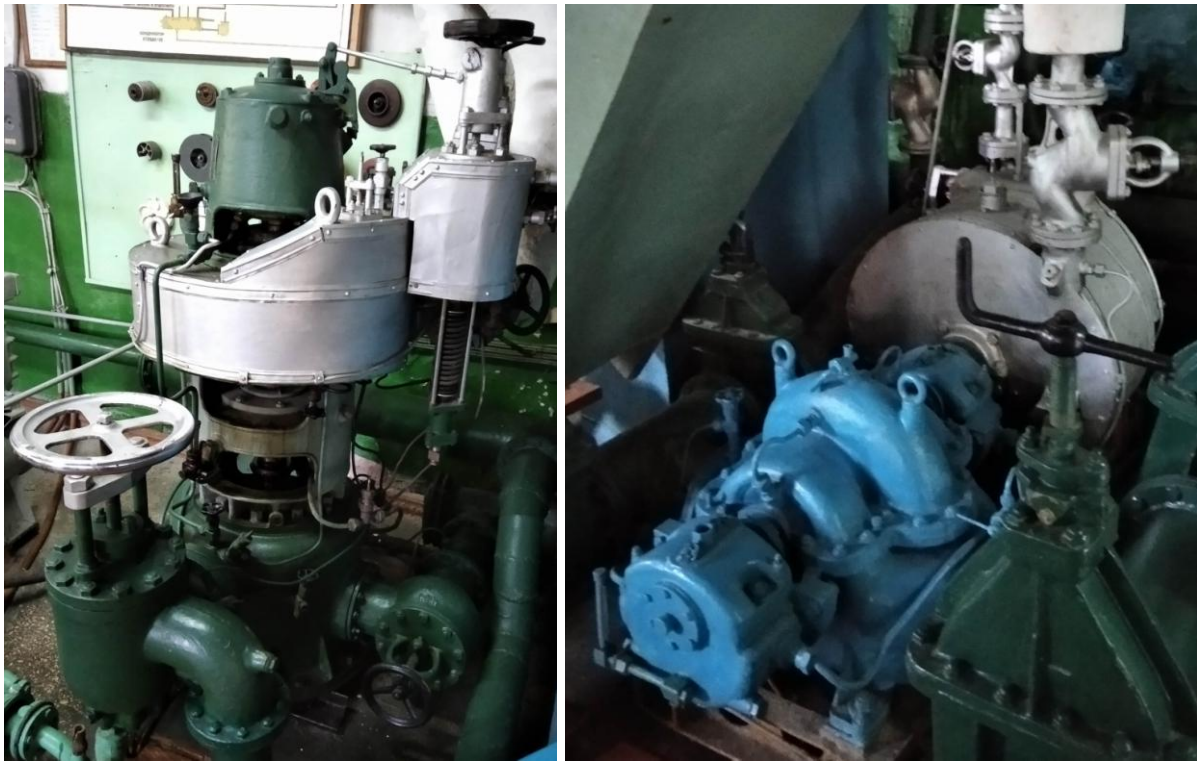


Рисунок 1.19 – Пожарные турбонасосы

В случае использования топливного и питательного насосов с электрическим приводом, отработанный пар поступает на подогреватели из турбинного отделения.



Рисунок 1.20 – Вспомогательный конденсатор

Конденсат от подогревателей отводится через конденсатоотводчики в теплый ящик.

Конденсат от подогревателей отводится через конденсатоотводчики в теплый ящик.

Для имитации работы котельного отделения в лаборатории реализован электро-механический тренажер. Тренажер содержит щит управления, индикации и сигнализации (позиция 1, рисунок 1.2). Общий вид щита управления и индикации представлен на рисунке 1.21.

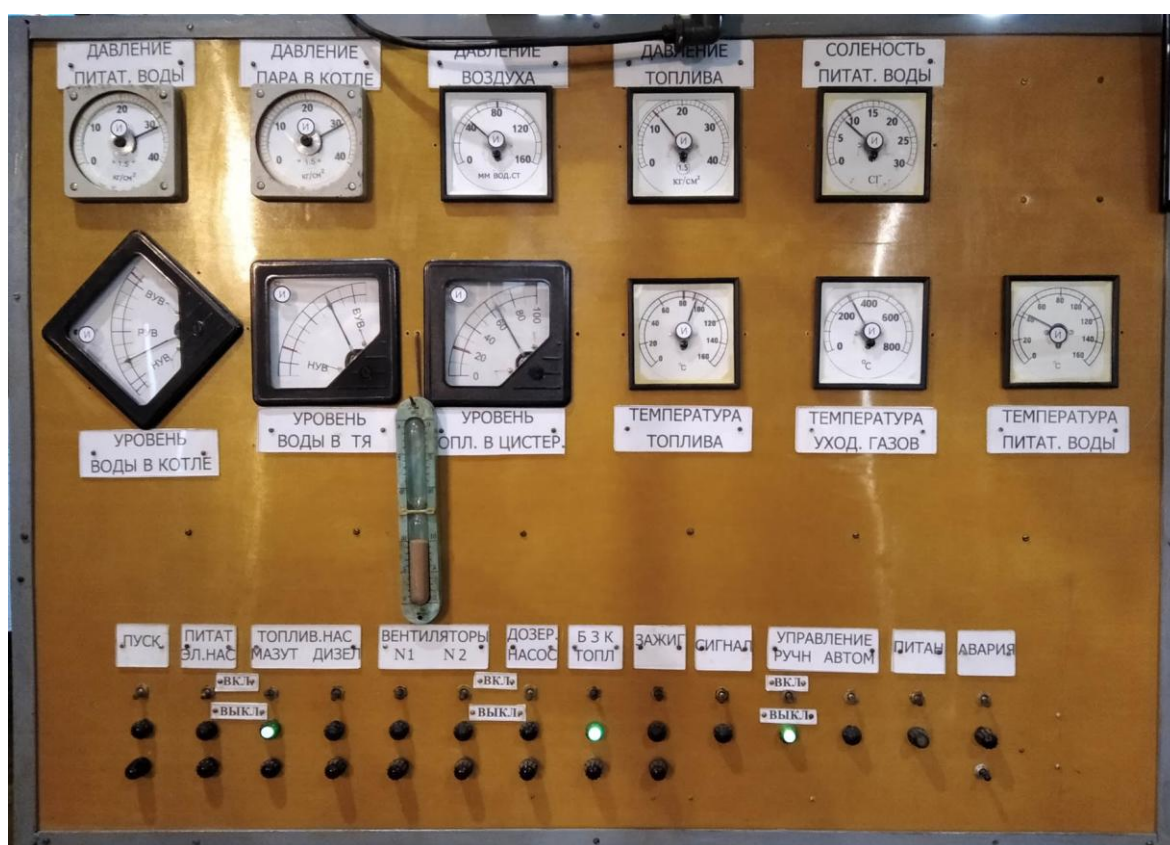


Рисунок 1.21 – Щит управления и индикации

На рисунке 1.22 представлен щит аварийно-предупредительной сигнализации.

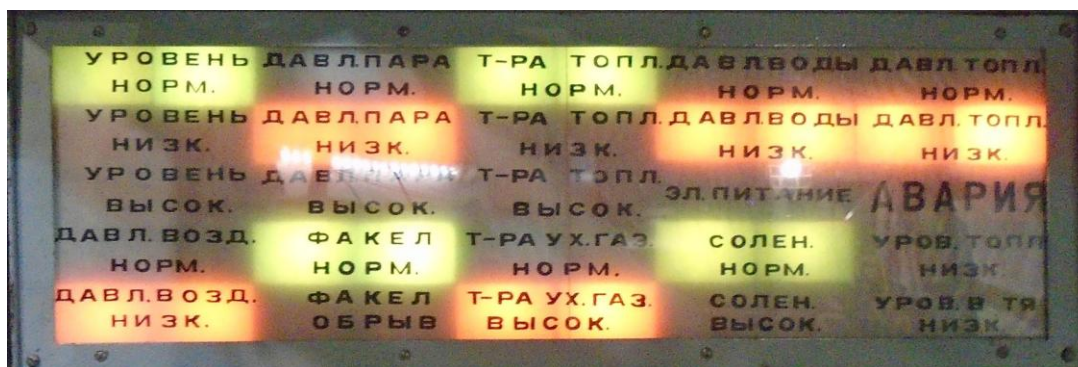


Рисунок 1.22 – Щит аварийно-предупредительной сигнализации

На рисунке 1.23 представлен пульт управления тренажером.

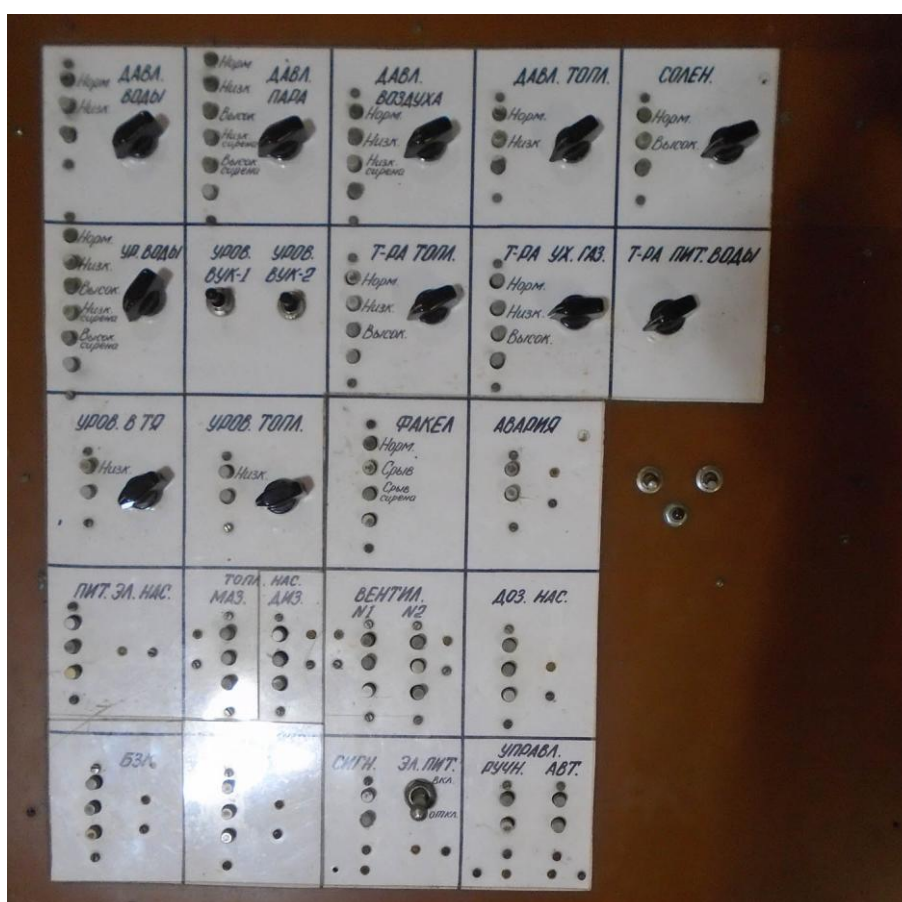


Рисунок 1.23 – Пуль управления тренажером

1.4. Арматура систем котельного отделения

В лаборатории, в зависимости от назначения судовая арматура подразделяется на:

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

б) регулируемую – 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).

На рисунке 1.24 представлен внешний вид основной арматуры котельного отделения.



Рисунок 1.24 – Основная судовая арматура

По способу присоединения к трубопроводам арматура в лаборатории реализована фланцевой, штуцерной, муфтовой.

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

Материал основных деталей арматуры приведен в таблице 1.2, материал основных деталей паровой арматуры – в таблице 1.3. Материалы и типы прокладок, применяемые в судовой арматуре представлены в таблице 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	Бр.ОЦ10-2	25Л, 2Х13
Крышка	ЛК80-3Л	Бр.ОЦ10-2	25Л, 30, 2Х13
Шпиндель	ЛЖМц59-1-1	Бр.Амц9-2	2Х13, 35, 1Х17Н2
Тарелка	ЛЖМц59-1-1	Бр.ОЦ10-2	25Л, 20, 2Х13
Болты	20, 25	20, 25, 2Х13	20, 25, 2Х13
Пружины	4Х13, 60С2А	4Х13, 60С2А	4Х13, 60С2А
Ходовая гайка	ЛМц58-2	Бр.Амц9-2	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
Шпиндель	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
	t, °C	P, МПа	
1	2	3	4
Прессшпан	120	1,0	Нефтепродукты, масло, вода
Картон асбестовый	600	0,3	Дымовые газы, пар
Асбестовая ткань	450	0,6	Дымовые газы, пар
Резина техническая	80	1,6	Вода, масло, бензин, топливо
Паронит	450	5,0	Вода, воздух, пар, выпускные газы
Медь М1, М3	250	20,0	Воздух, пар, дизельное топливо, масло
Алюминий	100	2,0	Пар, нефтепродукты
Монель-металл	800	10,0	Перегретый пар, вода, бензин
Никель	400	7,0	Перегретый пар
Сталь 20	550	10,0	Питательная вода
Сталь 15ХМ	600	6,4	Перегретый пар

Наибольший по представительству класс судовой арматуры – запорная арматура (рисунок 1.25).

Запорные клапана предназначены для разобщения и герметизации участков трубопроводов. Запорный орган – тарелка – 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.

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.

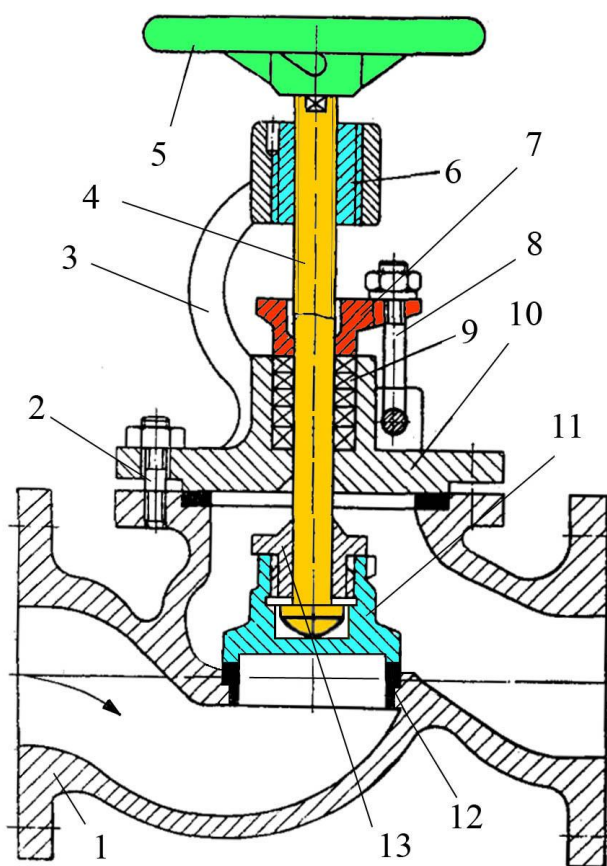


Рисунок 1.25 – Клапан запорный:

1 – корпус; 2 – шпилька; 3 – стойка; 4 – шпindel (шток); 5 – маховик;
6 – ходовая гайка; 7 – нажимная втулка; 8 – откидной болт; 9 – сальниковая набивка;
10 – крышка; 11 – тарелка; 12 – седло; 13 – 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.

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.

В судовых трубопроводах при условных проходах более 50 мм применяют задвижки, имеющие меньшее, чем клапаны гидравлическое сопротивление.

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 за-

порной арматуры быстротой переключения, меньшим по сравнению с клапанами гидравлическим сопротивлением.

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

В качестве предохранительной арматуры применяются невозвратные (рисунок 1.26) и невозвратно-запорные клапана, 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.

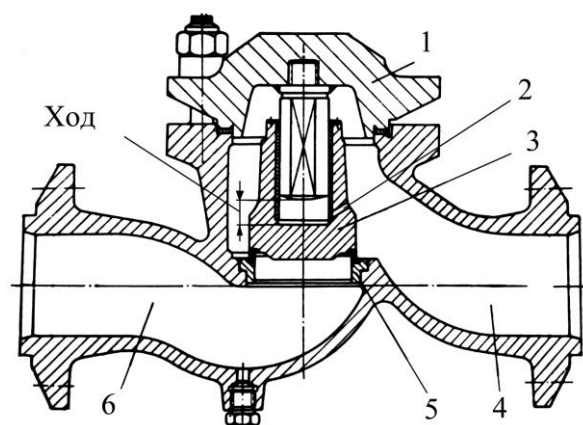


Рисунок 1.26 – Проходной невозвратный фланцевый клапан:
1 – крышка; 2 – разгрузочное отверстие 3 – тарелка;
4 – выходной патрубок; 5 – седло; 6 – входной патрубок

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. Невозвратные и невозвратно-запорные клапана 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 более $1/4$) и неполноподъемные (отношение менее $1/4$).

1.5 Формирование функциональной схемы

Для облегчения формирования схемы котельного отделения ниже приведен (рисунок 1) пример составления схемы участка некоторой установки.

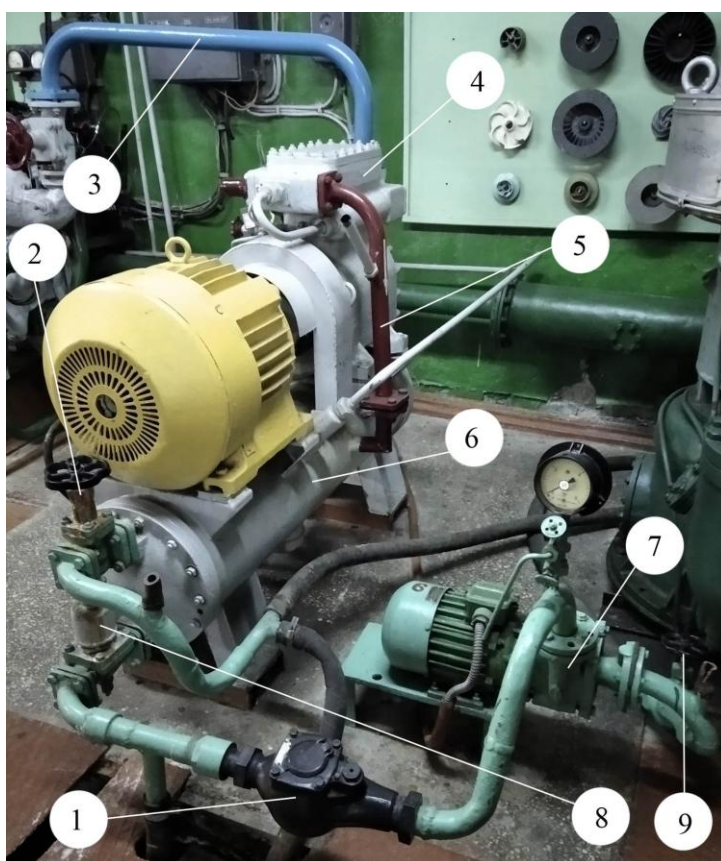


Рисунок 1.27 – Анализируемый участок установки

1 – расходомер; 2, 9 – запорная арматура; 3 – входной трубопровод холодных паров хладагента; 4 – компрессор; 5 – выходной трубопровод сжатых паров хладагента; 6 – конденсатор; 7 – циркуляционный насос; 8 – клапан с электромагнитным приводом

На рисунке 1.27 изображен общий вид части судовой холодильной установки. Для данного изображения справедлива нижеприведенная функциональная схема участка. На основании изучения установки сформирована часть соответствующе функциональной схемы (рисунок 1.28).

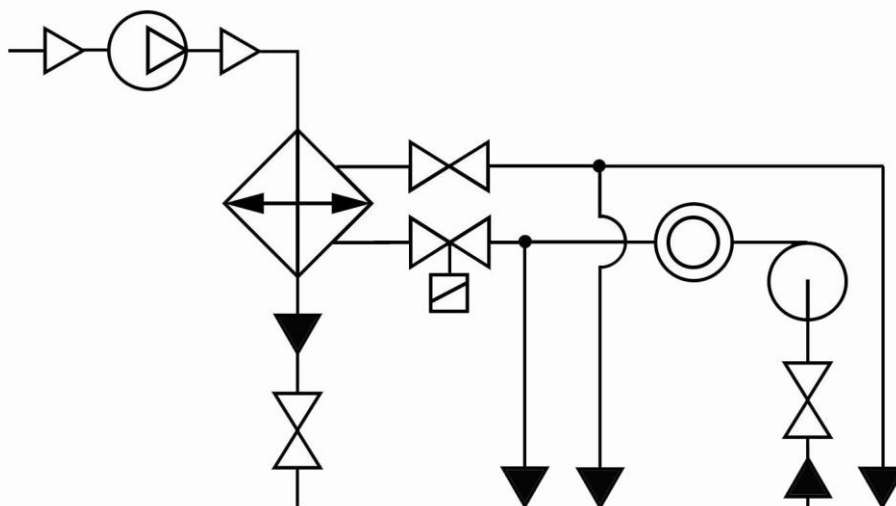


Рисунок 1.28 – Принципиальная схема участка

1.6. 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.

1.7. Вопросы для проверки

1. Какое назначение имеет судовая котельная установка?
2. Перечислить потребители пара в котельном отделении.
3. Охарактеризовать основные характеристики питательных насосов котельного отделения.
4. Охарактеризовать основные характеристики топливных насосов.
5. Какое назначение парового водоподогревателя?
6. Какое назначение парового топливоподогревателя?
7. Охарактеризовать движение продуктов сгорания через котлы.
8. Каким образом регулируется подача в котлы воздуха для горения?
9. Каким образом регулируется подача в котлы топлива?
10. Каким образом осуществляется визуальное наблюдение за процессом горения топлива в котле?
11. Каким образом осуществляется доступ персонала в топку котла?
12. Каким образом осуществляется доступ персонала в водяные коллектора?
13. Каким образом осуществляется доступ персонала в пароводяной коллектор?
14. Выполнить продувку водоуказателя котла КВЦ-15/8.
15. Выполнить продувку водоуказателя котла КВС-68.
16. Указать расположение на котлах арматуры продувания.
17. Указать расположение на котлах питательной арматуры.
18. Указать расположение на котлах воздушного крана (клапана).
19. Указать расположение на котле КВС-68 средств удаления сажи с поверхностей нагрева.
20. Обосновать применение в котельной установке трехходовых кранов.
21. Как работает топливная система котла КВС-68 и котла КВЦ-15/8.

22. По сформированной комплексной схеме котельного отделения указать движение топлива и показать аналогичные элементы в лаборатории.

23. По сформированной комплексной схеме котельного отделения указать движение питательной воды и показать аналогичные элементы в лаборатории.

24. По сформированной комплексной схеме котельного отделения указать движение пара и показать аналогичные элементы в лаборатории.

25. По сформированной комплексной схеме котельного отделения указать движение сжатого воздуха и показать аналогичные элементы в лаборатории.

26. По сформированной комплексной схеме котельного отделения указать движение воздуха для горения и показать аналогичные элементы в лаборатории.

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 основная арматура:

- а) главный стопорный клапан;
- б) вспомогательный стопорный клапан;
- в) питательный клапан (два клапана);
- г) предохранительный клапан (два клапана);
- д) клапан верхнего продувания;
- е) клапан нижнего продувания;
- ж) клапан для удаления воздуха;
- и) клапан отбора проб;
- к) клапан 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, вхо-

38

дящих 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. Обычно они регулирующие невозвратно-запорные и имеют дистанционный привод. 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 рисунке 2.1.

Он имеет стальной корпус 3, который фланцем 1 крепится к приварышу на котле. У крышки 9, установленной на прокладке 10, имеется сальник с нажимной втулкой 8 и кронштейн (стойка) с резьбовой втулкой 7. На нижнем конце штока 5 свободно закреплена тарелка клапана 4, а на верхнем, на удлиненном квадрате – маховик 6.

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 корпусе.

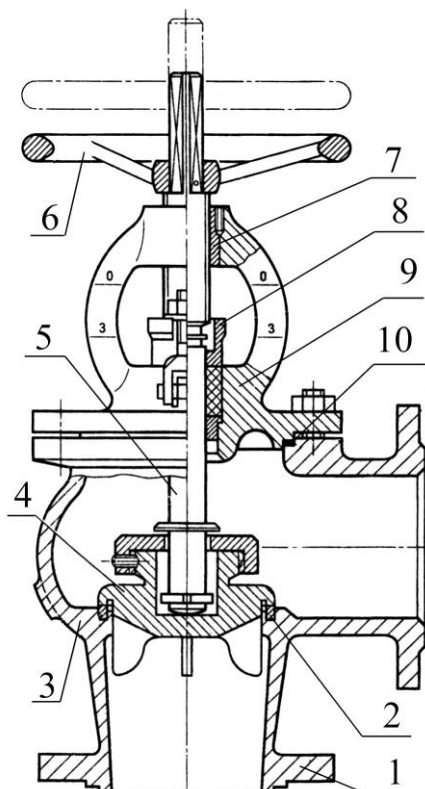


Рисунок 2.1 – Стопорный клапан:

- 1 – фланец; 2 – седло; 3 – корпус;
- 4 – тарелка; 5 – шпindel (шток);
- 6 – маховик; 7 – ходовая гайка; 8 – нажимная втулка; 9 – крышка; 10 – прокладка



Рисунок 2.2 – Стопорный клапан котла КВС-68

На рисунке 2.2 представлен стопорный клапан котла КВС-68. Как видно из рисунка, клапан угловой, непосредственный привод расположен горизонтально для уменьшения габаритов котла. Клапан имеет дистанционный привод, на колене установлен воздушный кран. В нижней части корпуса над тарелкой установлен дренажный клапан отводящего паропровода.

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 (регулирующий запорный). Невозвратный и разобщительный клапаны могут устанавливаться в одном корпусе.

На рисунке 2.3 изображен продольный разрез питательного клапана.

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.

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 разобщительными клапанами.

На рисунке 2.4 представлен питательный клапан котла КВС-68.

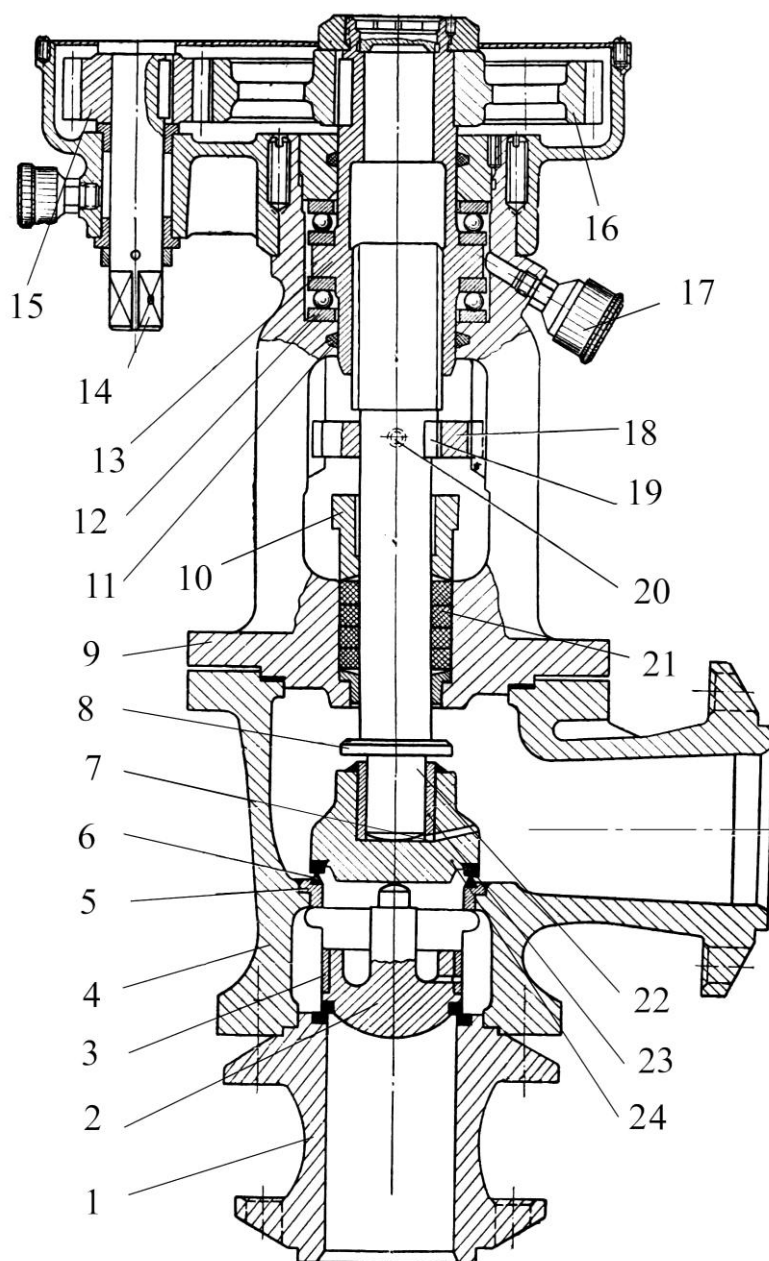


Рисунок 2.3 – Питательный клапан:

- 1, 4 – корпус; 2, 24 – тарелка; 3, 5, 23 – втулка;
 6 – седло; 7 – разгружающее отверстие; 8 – упорный буртик; 9 – крышка; 10 – нажимная втулка;
 11 – уплотнение; 12 – подшипник; 13 – резьбовая втулка; 14 – приводной вал; 15, 16 – шестерня; 17 – масленка; 18, 19 – стопор-указатель; 20 – штифт;
 21 – сальник; 22 – шпindel (шток)



Рисунок 2.4 – Питательный клапан котла КВС-68

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 водоуказательных колонок.

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 (рисунок 2.5), размеры, количество, расположение и освещенность водоуказателей должны обеспечивать хорошую видимость и надежный контроль за уровнем воды в котле.

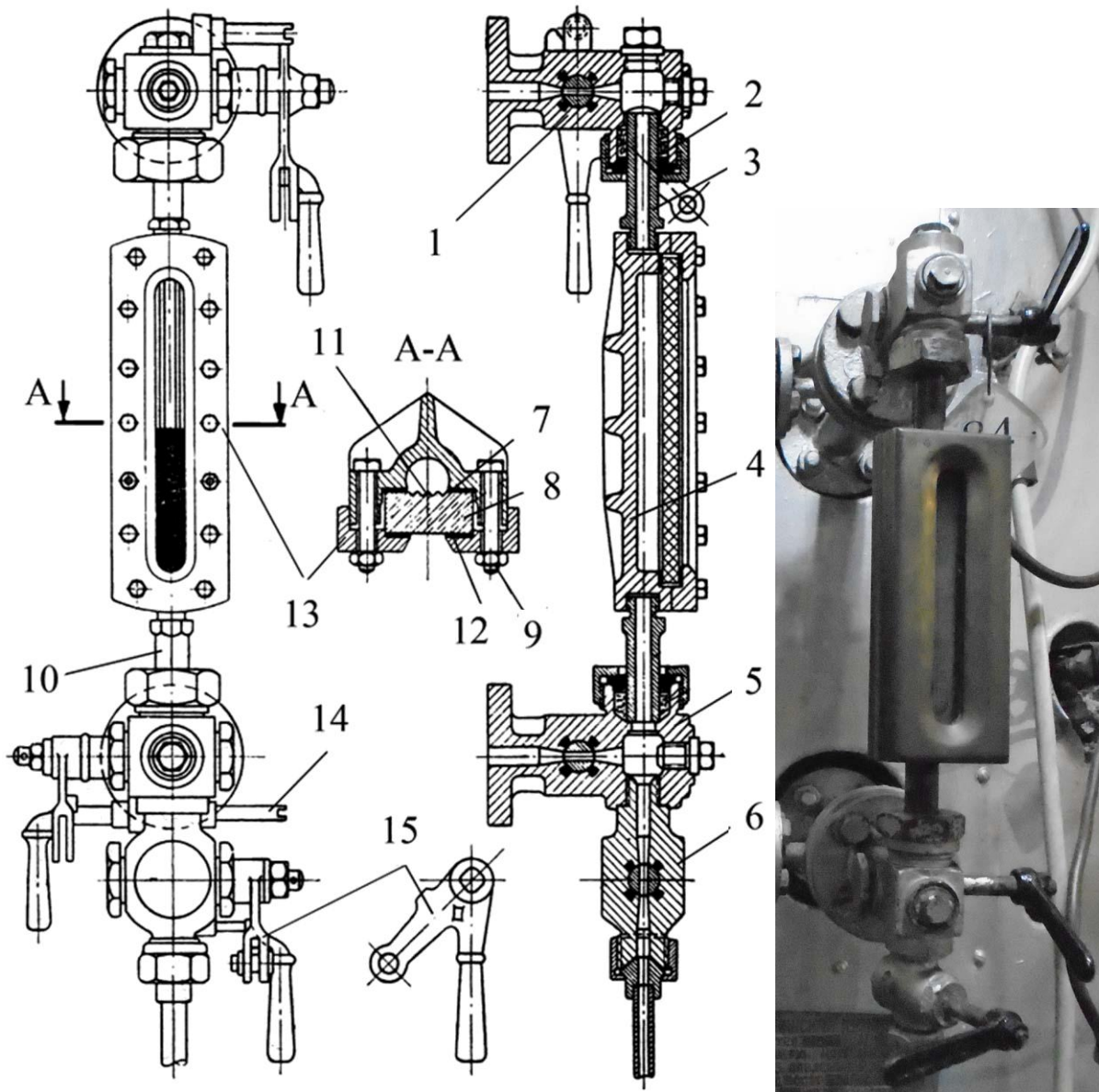


Рисунок 2.5 – Водоуказательный прибор:

- 1, 5 – паровой и водяной краны (корпуса); 2 – накидная гайка с уплотнением;
 3, 10 – штуцер; 4 – рамка; 6 – кран продувания
 (корпус); 7, 12 – прокладки; 8 – боросиликатное стекло; 9 – болт; 11 – канавки;
 13 – крышка; 14 – упор для ограничения поворота крана; 15 – рукоятка

Водоуказательный прибор состоит из бронзовой рамки 4, в гнездо которой вставляется на тонкой прокладке 7 плоское стекло 8. Стекло плотно прижимается к рамке бронзовой крышкой 13 и болтами 9. Между крышкой и стеклом ставится прокладка 12. Снизу и сверху рамки ввинчиваются два штуцера 3 и 9, которыми она вставляется в верхнюю и нижнюю оправы. Между оправой и штуцером ставится сальниковое уплотнение 2, 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 11.

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 кг/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.

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 укрепляются планки с

рисками, показывающими положение низшего, среднего и верхнего уровней воды в котле.

Должна быть возможность проверки правильности расположения водоуказателей по рискам.

На рисунке 2.6 представлена водоуказательная колонка котла КВС-68. Колонка содержит пять запорных органов: два паровых клапана (один разобщительный запорный, второй быстродействующий с дистанционным приводом); два водяных (один разобщительный запорный, второй быстродействующий с дистанционным приводом); один кран продувания. Быстродействующие клапаны с дистанционным приводом связаны единой тягой с пружинным компенсатором. Они могут приведены в действие непосредственно на месте установки или с палубы расположения котла. Собственно колонка (рамка с крышкой и установленным стеклом) со штуцерами может снята (для замены стекла) с прибора путем отдачи двух выжимных винтов. Быстродействующие клапаны приводятся в действие для моментального отключения прибора при разрыве стекла. Кран продувания имеет упорные штифты для выхода в требуемое положение (открыто – закрыто).

Колонка, представленная на рисунке 2.7, состоит из разобщительного клапана 7 паровой части; разобщительного клапана 8 водяной части; быстродействующего клапана 9 паровой части; быстродействующего клапана 10 водяной части; крана 11 продувания. Быстродействующие клапана связаны шарнирно тягой 12. Разобщительные клапана паровой 9 и водяной 10 первые по ходу движения сред из пароводяного коллектора. Собственно колонка состоит из рамки 1 с установленным в нем стеклом Клингера 2. Стекло установлено в уплотнениях на упорной планке 3 и обжато крышкой 4 винтами 5. Планка с двух сторон содержит фигурные втулки 6 и 14.

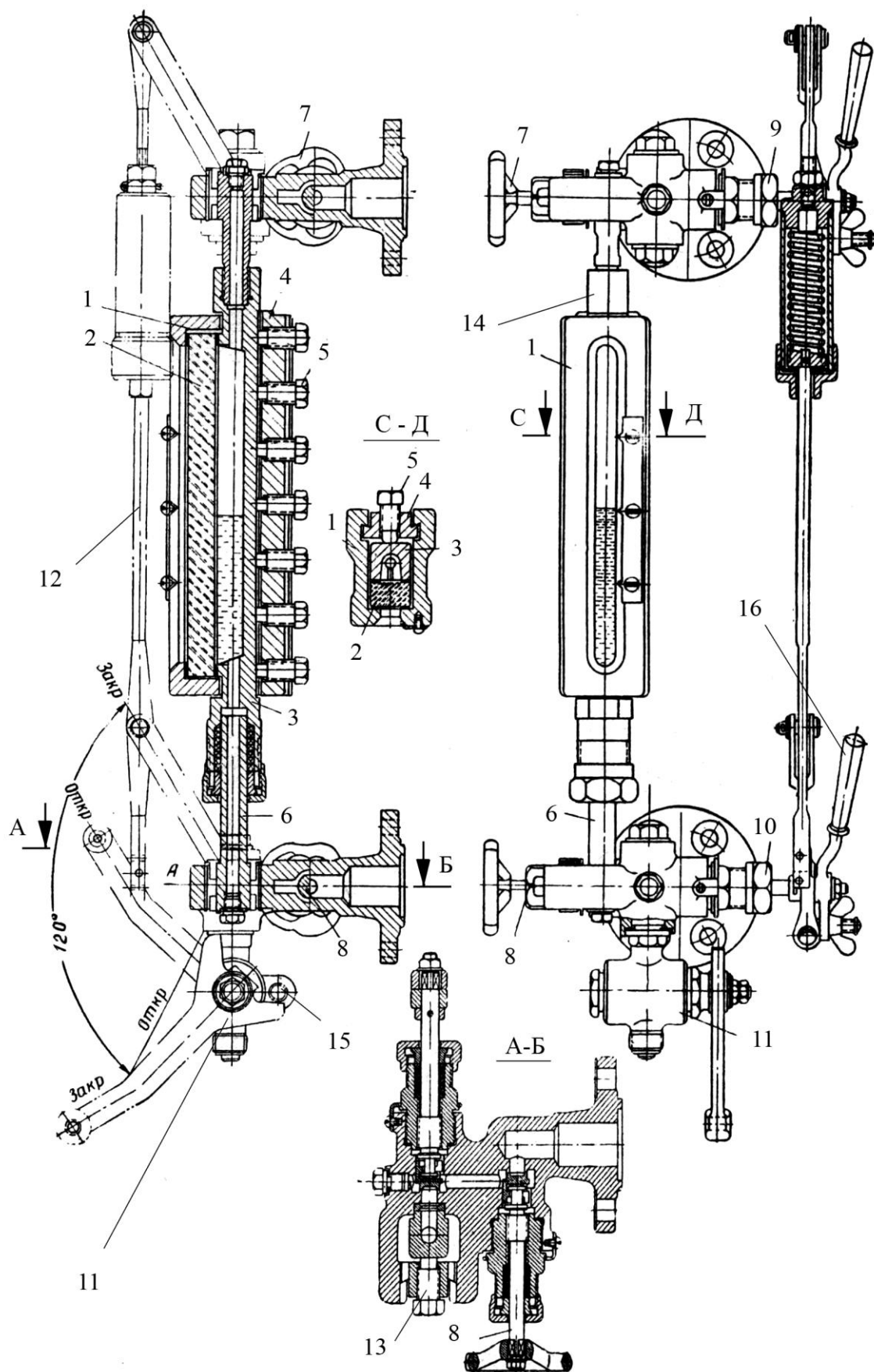


Рисунок 2.6 – Устройство водоуказательного прибора котла КВС-68

Элементы (позиции 1, 2, 3, 4, 5, 6, 14) установлены на корпусах клапанов посредством выжимных винтов 13. Упоры 15 обеспечивают требуемый поворот крана продувания. Рукоятки 16 обеспечивают управление быстродействующей арматуры колонки.

2.4. Предохранительные клапаны

Каждый котел должен иметь не менее двух предохранительных клапанов устанавливаемых на барабане, на общем патрубке, и один клапан, устанавливаемый на выходном коллекторе пароперегревателя.

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

Типовой предохранительный клапан представлен на рисунке 2.7.

В клапане давление пара воздействует непосредственно на тарелку 1 клапана. Тарелка 1 прижата к седлу 14 пружиной 5 через шток 7 пружиной 5 посредством тарелку 13. Пружина сжата с помощью нажимной втулки 8, ввернутой в крышку 4 посредством тарелки 6. Пружину затягивают, закручивая нажимную втулку 8 при снятом колпаке 9. При превышении заданного давления пара в аппарате (котле) тарелка клапана, преодолевая натяжение пружины, под действием давления пара поднимается, и избыток пара выпускается через пароотводящий трубопровод в атмосферу. После снижения давления до заданного под действием пружины клапан закрывается. Для подрыва клапана вручную имеется привод с рычагом 12, который связан с колпаком; последний в свою очередь чекой 10 соединен со штоком 7. При повороте рычага колпак поднимется и, воздействуя через чеку на шток, поднимает тарелку клапана. Из-за наличия пломбы 11 исключается возможность дополнительной регулировки клапана. Нажимная втулка

фиксируется контргайкой 15. Для поднятия тарелки клапана на необходимую высоту установлено регулировочное резьбовое кольцо 2. Кольцо фиксируется винтом 3.

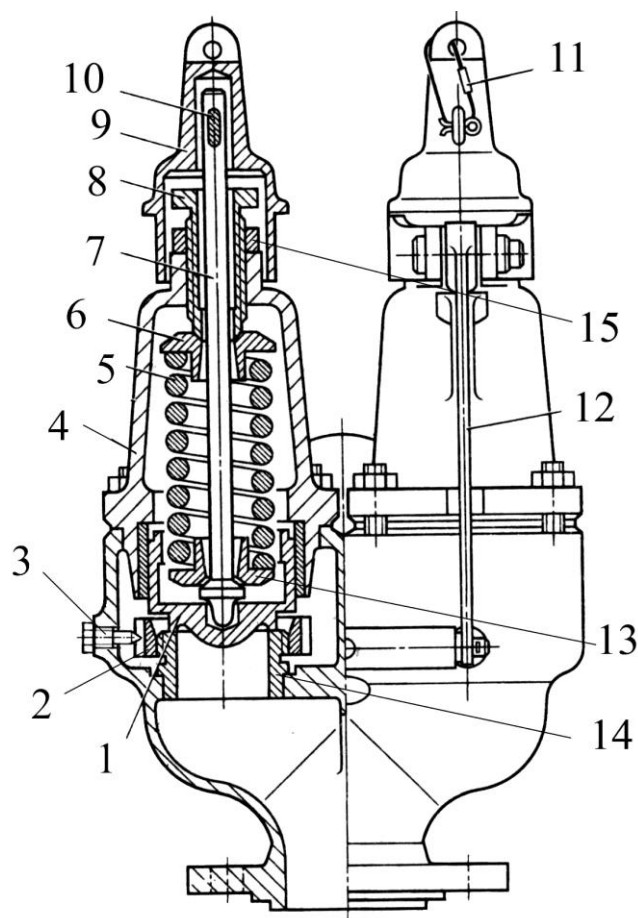


Рисунок 2.7 – Сдвоенный предохранительный клапан:

1, 6, 13 – тарелка; 2 – регулировочное кольцо; 3 – винт; 4 – крышка; 5 – пружина;
7 – шток; 8 – нажимная резьбовая втулка; 9 – колпак; 10 – чека; 11 – пломба;
12 – рычаг; 14 – седло; 15 – контргайка

Для паровых котлах с высоким рабочим давлением пара предохранительные клапаны должны быть импульсного действия. Эти клапана состоят из двух отдельных: главного и импульсного.

Главный и импульсный предохранительные клапаны выполняются сдвоенными и попарно соединенными импульсными трубками.

Главный предохранительный клапан (рисунок 2.8) состоит из двух клапанов, расположенных в общем корпусе 3. Шток клапана выполнен заодно с тарелкой 4. На свободном конце штока насажен поршень 5, который пере-

мещается 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.

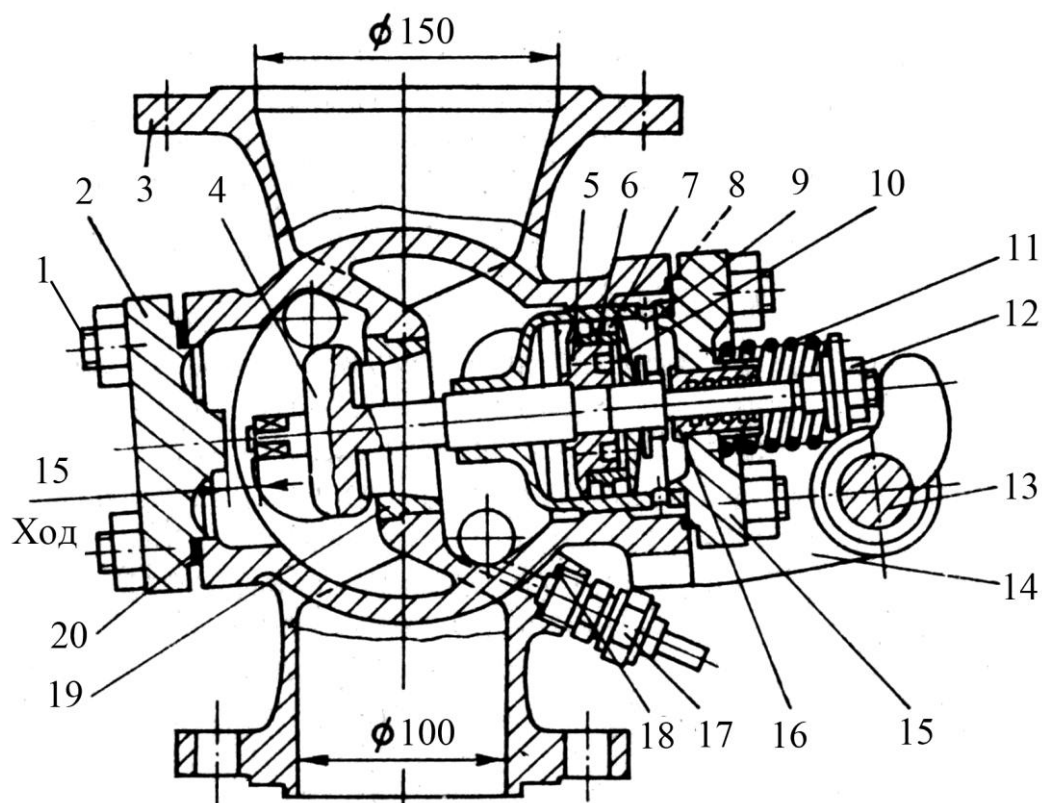


Рисунок 2.8 – Главный предохранительный клапан:

- 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

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.

На рисунке 2.9 представлен общий вид предохранительных клапанов котла КВС-68.

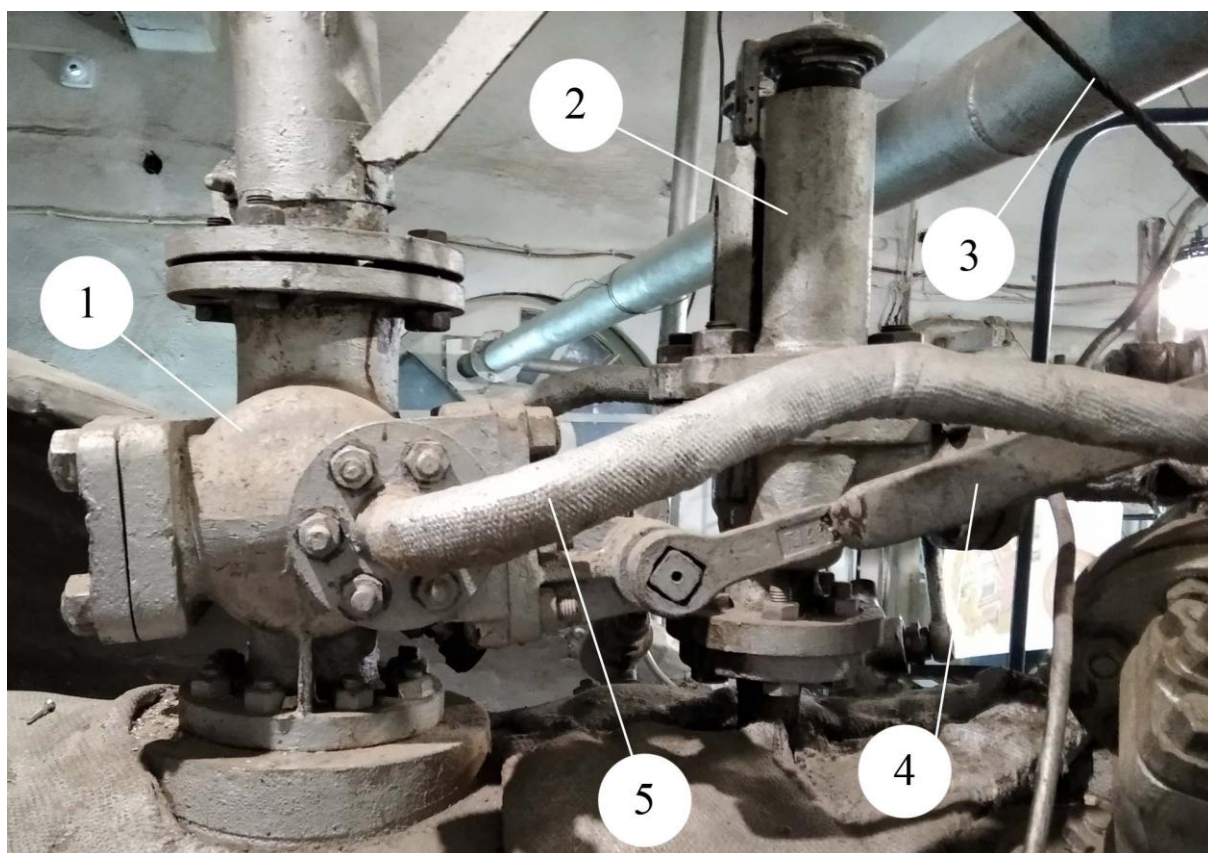


Рисунок 2.9 – Предохранительный клапан котла КВС-68:
1 – главный предохранительный клапан; 2 – импульсный
предохранительный клапан; 3 – тросик для ручного открытия главного клапана;
4 – рычаг управления кулачковым валом

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 на-

жимают на торцы штоков и перемещают их. Возврат штоков в начальное положение осуществляется пружиной 11.

Пароотводящая 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 открывать 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 пароотводящей 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 таблице 2.1.

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.

Т а б л и ц а 2.1

Параметры настройки предохранительных клапанов

Расчётное давление $P_{\text{раб}}$, МПа (кг/см ²)	Наибольшее давление, при котором предохранительные клапаны должны открываться, МПа(кг/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 Для водотрубных котлов	$P_{\text{раб}} \cdot 1,05$ $P_{\text{раб}} \cdot 1,08$	$P_{\text{раб}} \cdot 1,03$ $P_{\text{раб}} \cdot 1,05$

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 (рисунок 2.10) и верхнего продувания и спуска воды должны устанавливаться непосредственно на котлах. На котлах с давлением пара до 1,6 МПа (16 кг/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 кг/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.

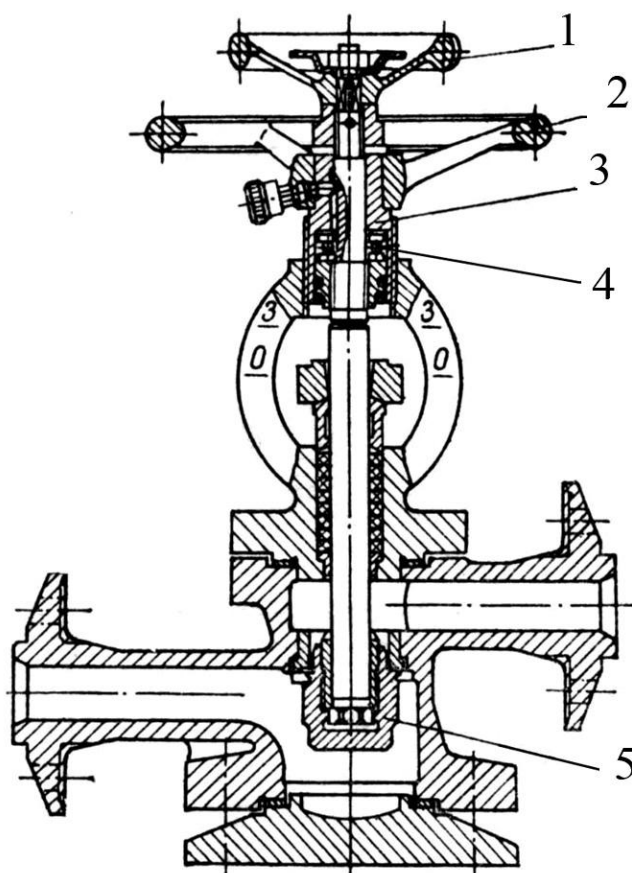


Рисунок 2.10 – Клапан нижнего продувания:
1 – малый маховик; 2 – большой маховик; 3 – втулка; 4 – подшипник; 5 – тарелка

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. Топочные устройства

Топочные устройства предназначены для осуществления факельного процесса, образования и подачи топливовоздушной смеси в топку котла.

Основные элементы топочного устройства – воздухонаправляющее устройство и форсунка. Вид на передний фронт котла КВС-68, содержащий форсунку, средства ее установки; элементы управления воздухонаправляющим устройством представлен на рисунке 2.11. На рисунке 2.12 представлен общий вид воздухонаправляющего устройства, расположенного в межобшивочном пространстве котла.

Назначение ВНУ – подача воздуха в топку и образование топливовоздушной смеси; создание турбулентного потока горячей смеси и топочных газов; непрерывное поджигание горючей смеси.

Назначение форсунки – распыливание и подача жидкого топлива в топку. На котле КВС-68 установлены две механические нерегулируемые форсунки. Изменение подачи топлива обеспечивается при запуске котла – установкой растопочных форсунок, при работе котла – изменением рабочего давления топлива.

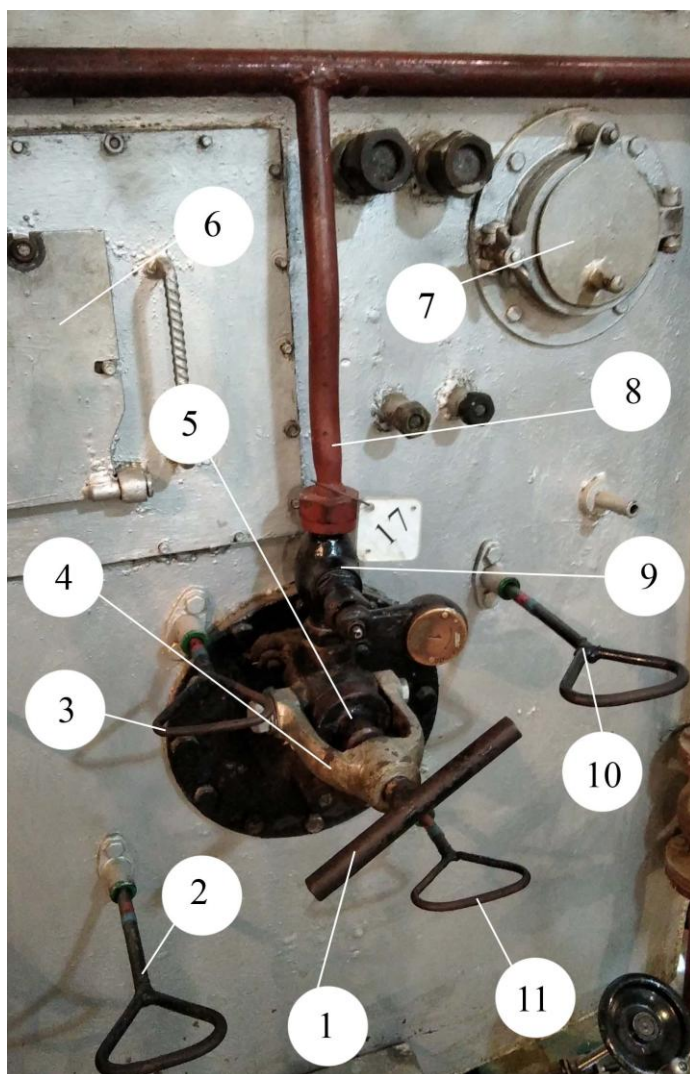


Рисунок 2.11 – Вид на топочное устройство котла КВС-68:
 1 – выжимной винт; 2, 10 – тяги управления внешним шибером;
 3, 11 – тяги управления внутренним шибером; 4 – прижимная скоба;
 5 – башмак форсунки; 6 – люк для осмотра воздухонаправляющего устройства;
 7 – окошко для наблюдения за процессом горения; 8 – топливный трубопровод;
 9 – форсуночный клапан

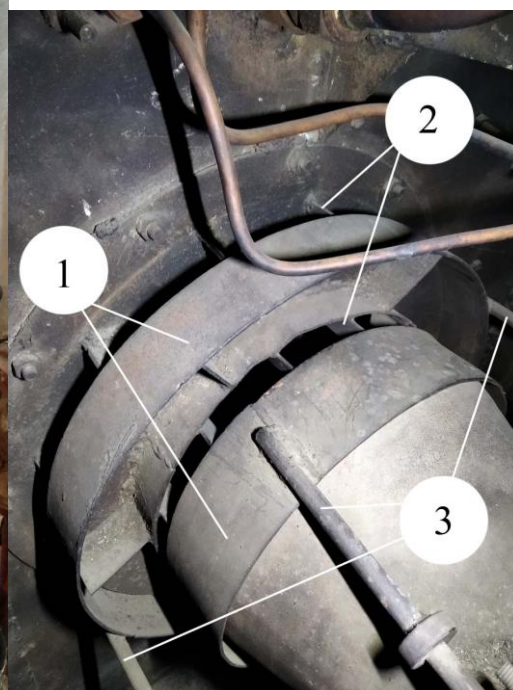


Рисунок 2.12 – Воздухонаправляющее устройство:
 1 – шиберы; 2 – завихряющие лопасти воздухонаправляющего устройства;
 3 – тяги шиберов

На рисунке 2.13 представлено устройство механической нерегулируемой форсунки котла КВС-68.

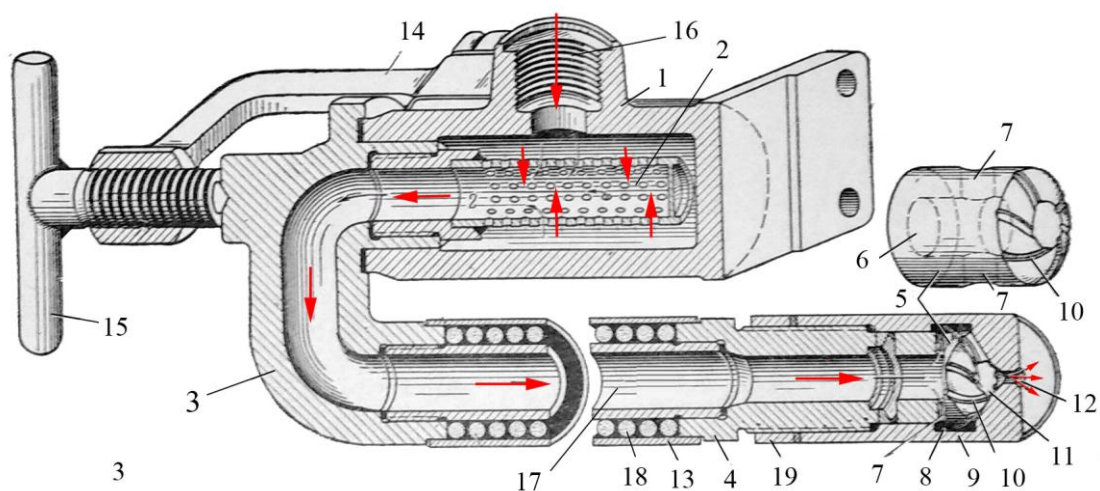


Рисунок 2.13 – Устройство механической форсунки:

1 – башмак; 2 – фильтр; 3 – колено; 4 – штуцер; 5 – завихритель; 6 – полость;
7 – радиальные отверстия; 8 – кольцевое пространство; 9 – стакан-распылитель;
10 – тангенциальные каналы; 11 – вихревая конусообразная камера; 12 – отверстие;
13 – соединительная труба; 14 – скоба; 15 – выжимной винт; 16 – подвод топлива;
17 – ствол; 18 – изоляция

Стакан-распылитель с калиброванным отверстием на определенный расход топлива представлен на рисунке 2.14. Завихритель, вкладываемый в стакан, представлен на рисунке 2.15.



Рисунок 2.14 – Стакан



Рисунок 2.15 – Завихритель

На рисунке 2.16 представлен современный типовой форсуночный агрегат, установленный на паровом котле. Данные агрегаты, включающие в своем составе вентилятор для подачи воздуха, топливный насос, систему топливоподогрева, форсунку, систему регулирования коэффициента из-

бытка воздуха широко используются в судовых котельных установках. Общий вид форсуночного агрегата представлен на рисунке 2.17.



Рисунок 2.16 – Форсуночный агрегат, установленный на котле



Рисунок 2.17 – Общий вид форсуночного агрегата

Управление такими форсуночными агрегатами полностью автоматизировано. Работают они в позиционном режиме «Включено-выключено». К таким агрегатам относятся агрегаты типа «Монарх», «Ойлон», «Сааке».

Данные форсуночные агрегаты предназначены для работы на высоковязком топливе. Управление осуществляется от электросистемы программного механизма, обеспечивающего последовательное выполнение операций в зависимости от сигналов реле давлений, установленных на котле.

Агрегат (рисунок 2.18) может быть оборудован одной, двумя или тремя форсунками в одном корпусе, скомпонованными в головке 12. Топливный насос 1 и вентилятор 8 приводятся в действие от электродвигателя 9. Из расходной цистерны топливо по приёмной трубе 2 поступает к насосу 1, а затем через электрический топливоподогреватель 4 к электромагнитным клапанам 5. Топливоподогреватель включается одновременно с насосом и вентилятором и подогревает мазут до температуры около 95 °С. От электромагнитных клапанов топливо направляется по трубопроводам 15 к соплу распыливающей головки 12. Перед подачей мазута в топку производится её вентилирование в течение 20...30 с (в зависимости от настройки системы). На всасывающем патрубке вентилятора установлена заслонка, управляемая сервомотором. По обе стороны сопла расположены электроды зажигания 14. Для контроля включения форсунки служит фотоэлемент 10. Если зажигания не происходит, то по сигналу от фотоэлемента прекращается подача топлива и включается световая сигнализация. Программное управление предусматривает повторное включение форсунки только после вентилирования топки.

В состав топчного устройства входят электрозапальное устройство 16 (для зажигания топлива от вольтовой дуги, образуемой электродами 14), перепускной топливный клапан, реле давления 6, топливный фильтр 7 и

диффузор 11. Общий корпус 3 топочного устройства может поворачиваться на оси фланца 13.

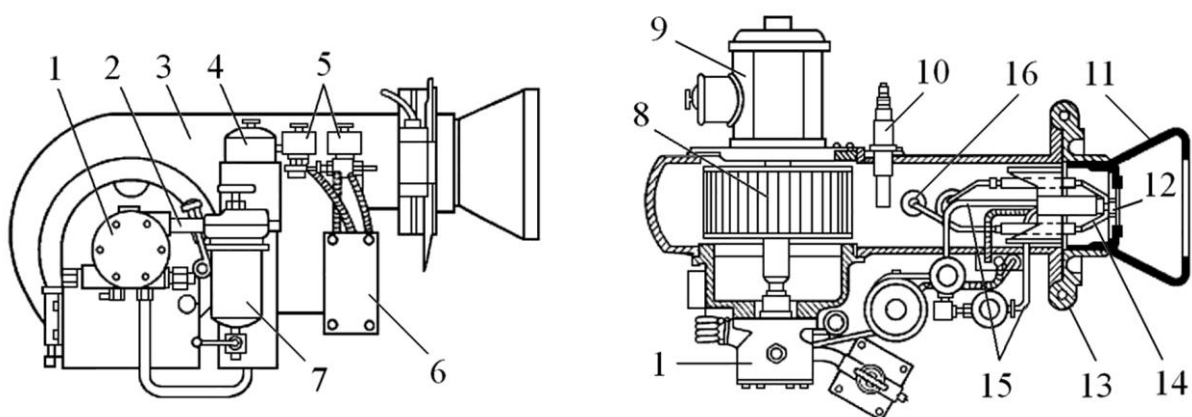


Рисунок 2.18 – Форсуночный агрегат:

1 – топливный насос; 2 – входной топливный патрубок; 3 – корпус агрегата;
4 – топливоподогреватель; 5 – электромагнитные клапана; 6 – реле давления;
7 – фильтр; 8 – вентилятор; 9 – электродвигатель; 10 – фотоэлемент; 11 – диффузор;
12 – распыливающая головка; 13 – фланец агрегата

На рисунке 2.19 представлено устройство типовой форсунки форсуночного агрегата.

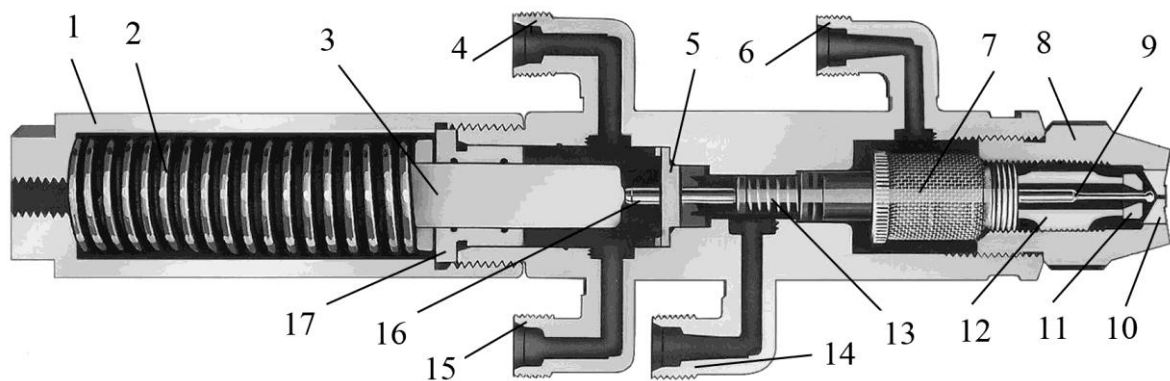


Рисунок 2.19 – Форсунка:

1 – стакан; 2, 13 – пружина; 3 – запирающий поршень; 4, 15 – штуцера подвода и отвода топлива на запирающий поршень; 5, 12, 17 – направляющая втулка; 6 – штуцер подвода топлива к распылителю; 7 – фильтр; 8 – наконечник; 9 – запорная игла; 10 – шайба распыливающая; 11 – завихритель; 14 – штуцер отвода топлива от распылителя; 16 – направляющий стержень

Форсунка имеет четыре штуцера для подвода и отвода топлива. При подаче топлива к штуцеру 4 (при закрытом отводе от штуцера 15) посредством поршня 3 сжимается пружина 2, усилие на стержне 16 снижается.

Тогда топливо поступающее к штуцеру 6 отжимает запорную иглу 9, формируя характерную кольцевую щель между соплом и запорной иглой.

В рассматриваемой механической регулируемой форсунке присутствует несколько пар скольжения, которые должны обеспечивать линейное перемещение ответственных узлов. При этом эти сопряжения должны обеспечивать работоспособность при переходе из холодного состояния в рабочее при подаче подогретого топлива до 140 °С. Запорная игла (ее конечный участок) имеет характерный (нелинейный) профиль для обеспечения требуемой подачи топлива и минимальных гидродинамических сопротивлений.

На рисунке 2.20 представлены основные элементы форсунки. Видны: распыливающая шайба 1, имеющая пять тангенциальных каналов прямоугольного сечения и камеру смещения; сопло 4, плотно прилегающая к распыливающей шайбе 4; собственно основной и подвижный, относительно направляющей втулки (2) элемент – запорная игла (3).

На рисунке 2.21 представлены электроды зажигания, расположенные над форсункой.

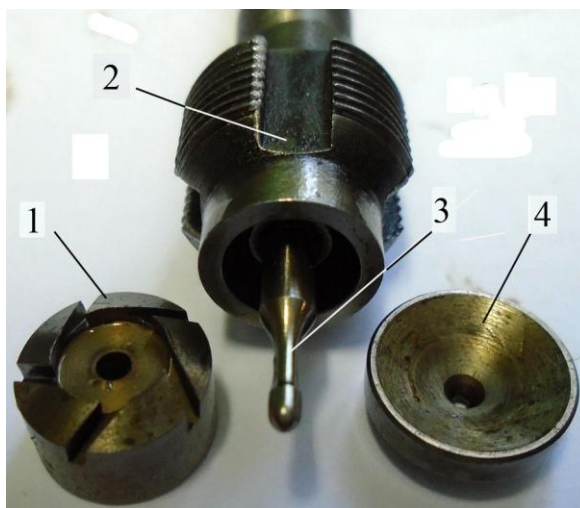


Рисунок 2.20 – Основные элементы форсунки:

1 – распылитель; 2 – направляющая втулка;
3 – запорная игла; 4 – сопло



Рисунок 2.21 – Электроды

2.10. Оформление отчета

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

2.11. 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 КГА-1-1 (Орса-Фишера) и определение состава продуктов сгорания при помощи этого газоанализатора.

Принцип действия газоанализатора основан на избирательном поглощении поглотительными растворами кислотообразующих газов и кислорода.

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

Сгорание называется полным, если горючие элементы топлива окисляются полностью. Горючими элементами топлива являются углерод, водород и сера. При полном сгорании образуются углекислый газ CO_2 , водяные пары H_2O и сернистый газ SO_2 . В продуктах полного сгорания будут присутствовать также азот (атмосферный и азот топлива) и избыточный кислород. Это объясняется тем, что вследствие несовершенства процесса перемешивания топлива с воздухом в топку подается избыточный воздух, в результате чего не весь кислород расходуется на горение.

При неполном сгорании топлива в продуктах сгорания наряду с перечисленными выше соединениями находятся оксид углерода (угарный газ) CO , водород H_2 , метан CH_4 и другие газообразные углеводороды. При сжигании жидких топлив эти продукты неполного сгорания (кроме CO) содержатся в очень незначительных количествах, и их не учитывают. Поэтому за показатель неполноты сгорания топлива принимают содержание в газах только CO .

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 (рисунок 3.1) из измерительной бюретки 1, в которую отбирают 100 см^3 дымовых газов для анализа. Газы отбирают при помощи уравнительной фляги 8 и резиновой груши 9. Отобранные горячие газы проходят фильтр 10 со стеклянной ватой, 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 6, в котором находится водный раствор щелочи (KOH или NaOH) для поглощения диоксидов серы и углерода.

Для поглощения кислорода O_2 , используется сосуд 5, в котором находится водный раствор пирогаллола "А".

Возможна установка третьего поглотительного сосуда для поглощения монооксида углерода, в котором находится суспензия CuO в H_2SO_4 (с бетанафтолом) или полухлористая медь (в $\text{NH}_3(\text{OH})$).

Устройство поглотительного сосуда представлено на рисунке 3.2.

Уравнительный сосуд 8 наполняют запирающей жидкостью, обычно подкисленным насыщенным раствором NaCl (pH понижают при помощи HCl или H_2SO_4). Для лучшей визуализации его подкрашивают метилоранжем.

Измерительная бюретка, которая представляет собой стеклянную трубку со шкалой. С одной стороны трубка утолщена, шкала деления $1,0\text{ см}^3$, с другой – тонкая, со шкалой $0,2\text{ см}^3$. Общий объем бюретки 100 см^3 .

Устройство измерительной бюретки представлено на рисунке 3.3.

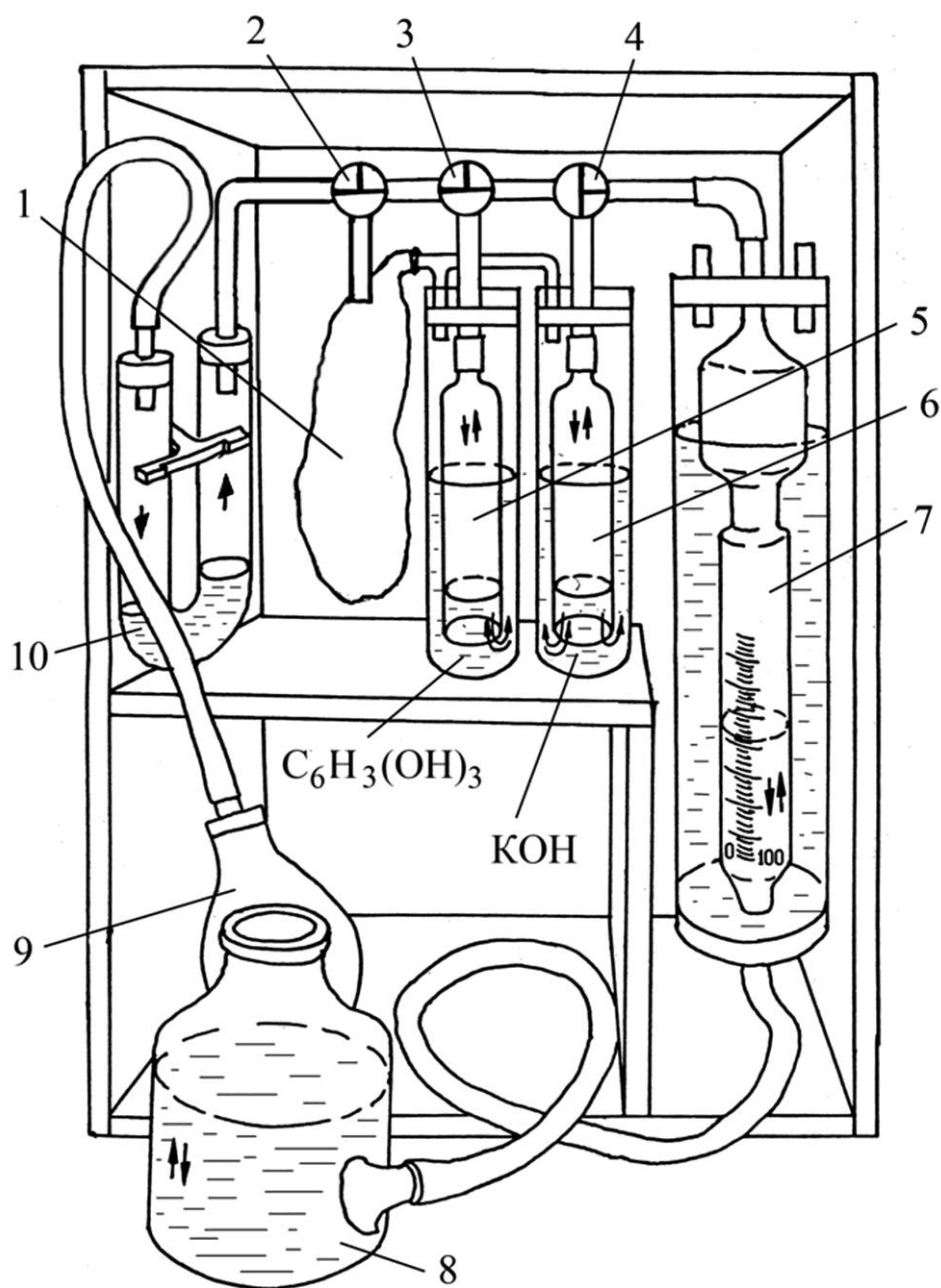


Рисунок 3.1 – Газоанализатор КГА-1-1:

- 1 – резиновый мешочек; 2, 3, 4 – краны трехходовые;
 5, 6 – поглотительные сосуды; 7 – измерительная бюретка;
 8 – уравнивающая фляга; 9 – груша (ручной насос); 10 – фильтр

Измерительная бюретка с поглотительными сосудами и фильтром соединяется при помощи соединительной гребёнки и краников 2, 3, 4. От ат-

мосферы поглотительные сосуды отключены при помощи резинового мешочка 1.

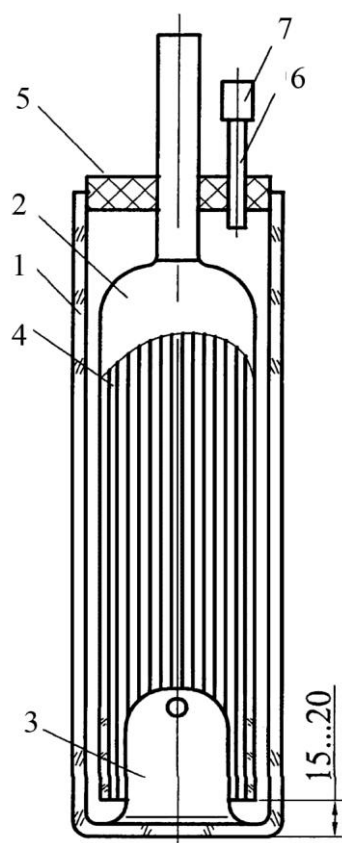


Рисунок 3.2 – Поглотительный сосуд:
1 – стакан; 2 – колокол; 3 – колпачок;
4 – тонкостенные стеклянные трубки
(45 шт.); 5 – пробка; 6 – трубка;
7 – силиконовая трубка

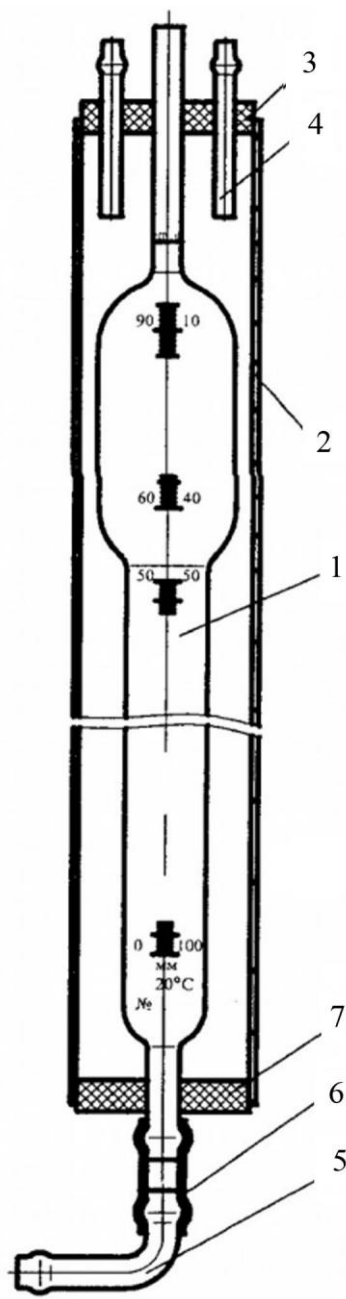


Рисунок 3.3 – Измерительная бюретка:
1 – бюретка; 2 – цилиндр; 3, 7 – пробка;
4 – стеклянные трубки; 5 – отвод;
6 – силиконовая трубка



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 уравнильной фляги 8 и крана 2 отобрать 100 см^3 испытываемого газа. Для этого надо предварительно отобрать газа больше, чем 100 см^3 . Закрыть кран 2 и, поднимая уравнильную 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 уравнильной 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

$$\alpha = \frac{1}{1 - 3,76 \cdot \frac{O_2}{100 - (RO_2 + O_2)}}. \quad (3.1)$$

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

$$\alpha = \frac{15}{RO_2} + 0,06. \quad (3.2)$$

Коэффициент избытка воздуха можно выразить и как отношение объема кислорода (21 %), вводимого в топку к теоретический необходимому количеству кислорода $(21 - O_2)$ %, т.е.:

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2}. \quad (3.3)$$

В качестве справочного материала на рисунке 3.4 представлена зависимость содержания трехатомных газов и кислорода в продуктах полного сгорания мазута от коэффициента избытка воздуха.

3.3. Схема установки прибора КГА-1-1

Важным условием надежного определения состава дымовых газов является непрерывный подвод свежих порций газа к прибору. В схеме установки для газового анализа (рисунок 3.5) 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.

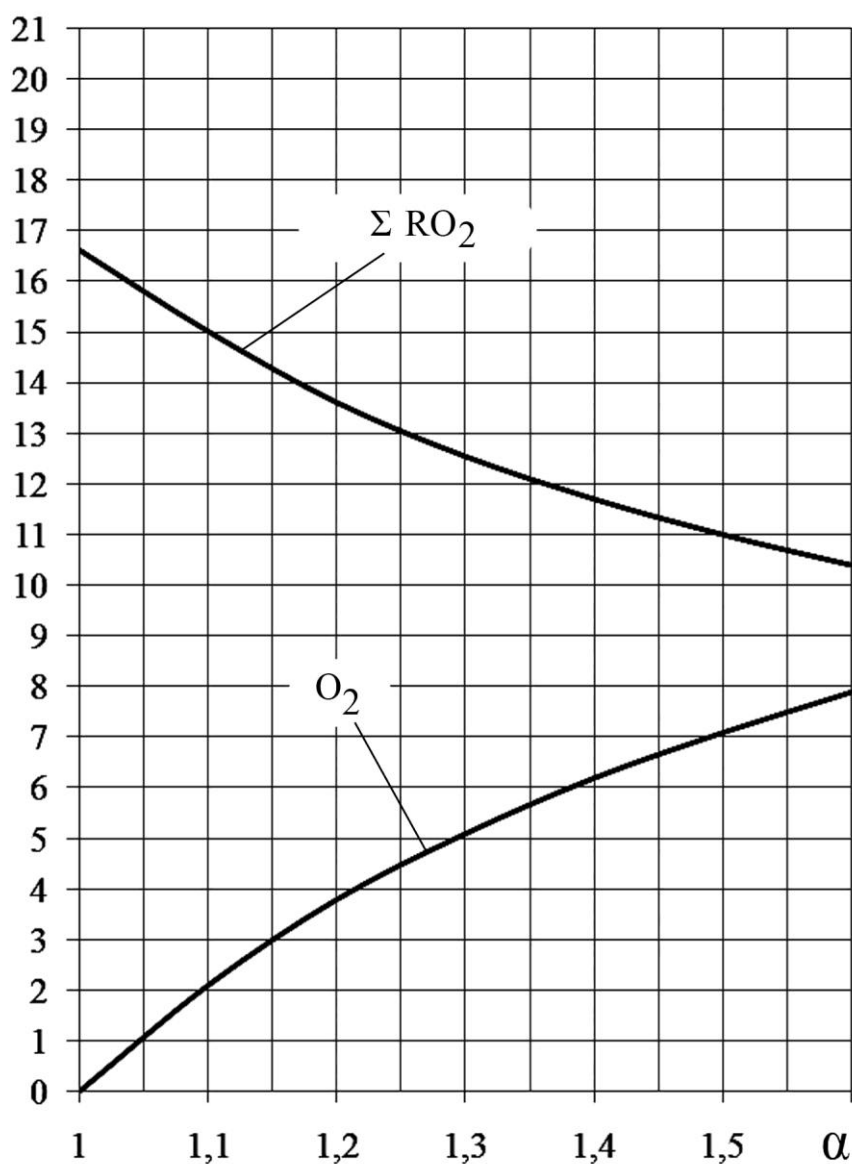


Рисунок 3.4 – Зависимость содержания трехатомных газов и кислорода в продуктах полного сгорания мазута от коэффициента избытка воздуха

Подвод газа в дренсельную банку производится под уровень воды, а отбор над уровнем воды, т.е. из газового объема. Вода в дренсельной 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 9 (рисунок 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.

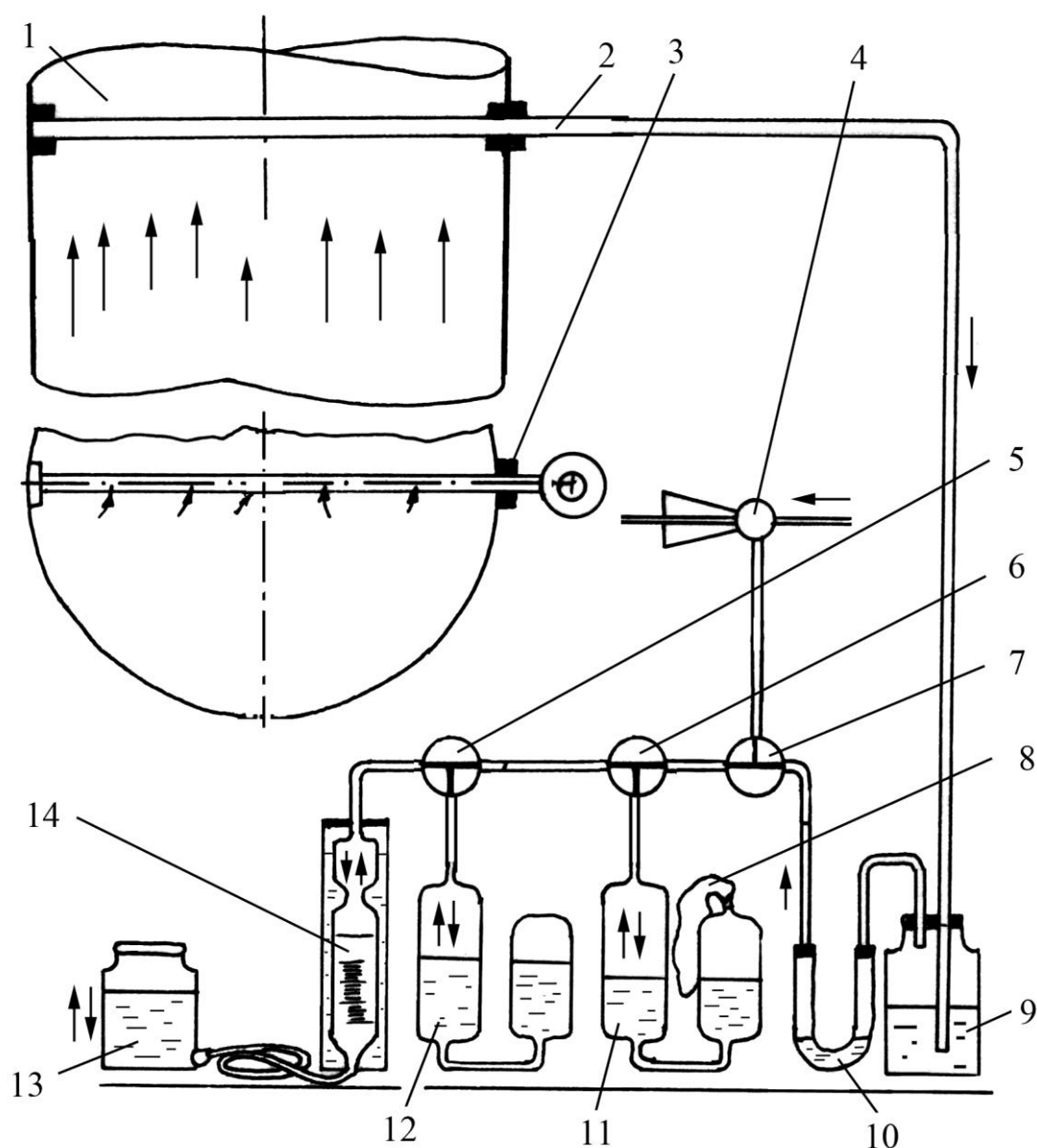


Рисунок 3.5 – Схема установки для газового анализа:

- 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

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.

Раствор для CO_2 проверяют на изменение внешнего вида – он должен быть прозрачным, без осадка и изменения цвета. Из второго поглотительного сосуда (для O_2) раствор проверяют через каждые 20 - 25 определений. Для этого пропускают 50 см^3 воздуха 10 раз в сосуд из бюретки. Воздух для проверки берут наружный. Должен получиться результат – 20 % или более O_2 в воздухе. Важно учитывать, что пирогаллол нестойкий при низких температурах (ниже $+15^\circ\text{C}$). Если скорость поглощения реактивов уменьшается, приходится делать больше повторений, то следует заменить наполнители. Обычно раствора пирогаллола А хватает на 300 определений, если O_2 в образцах до 2 % или 50, если его до 20 %.

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. Устройство газоанализатора.
2. Указать критерии эффективной работы судового котла.
3. Указать влияние коэффициента избытка воздуха на работу котла.
4. Указать пути снижения коэффициента избытка воздуха в котле.
5. Устройство поглотительного сосуда.
6. Устройство измерительной бюретки.

7. Зачем нужен резиновый мешочек на поглотительных сосудах?
8. Зачем залита вода снаружи измерительной бюретки?
9. Как проверить герметичность прибора?
10. Как определить пригодность к работе раствора пирогаллола в поглотительном сосуде для поглощения O_2 ?
11. Как определить количество азота в продуктах сгорания?
12. Как проверить, что все количество RO_2 и O_2 поглощено в поглотительных сосудах?
13. В какой последовательности проводят испытания?
14. Зачем определяют состав продуктов сгорания?
15. Как подготовить к измерениям поглотительные сосуды?
16. Как проверить плотность краников установки?

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.
- 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.

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

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

С помощью колориметрического анализа определяется количество фосфатов в котловой воде.

Весовым анализом определяется количество взвешенных веществ.

Объемный анализ использует различные методы для анализа.

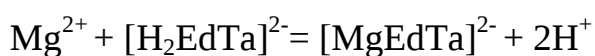
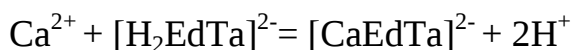
При определении общей жесткости воды применяется комплексометрия. Здесь для определения объемных величин катионов применяют органические реактивы – комплексоны. Наиболее часто применяют комплексон III (синонимы: трилон-Б, хелатон III, ЭДТА).

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

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: $C_{18}H_{12}N_2O_6S_2$.

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: $C_{14}H_{14}N_3O_3SNa$.

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: $C_{20}H_{14}O_4$.

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 560х360х200 мм (рисунок 4.1).

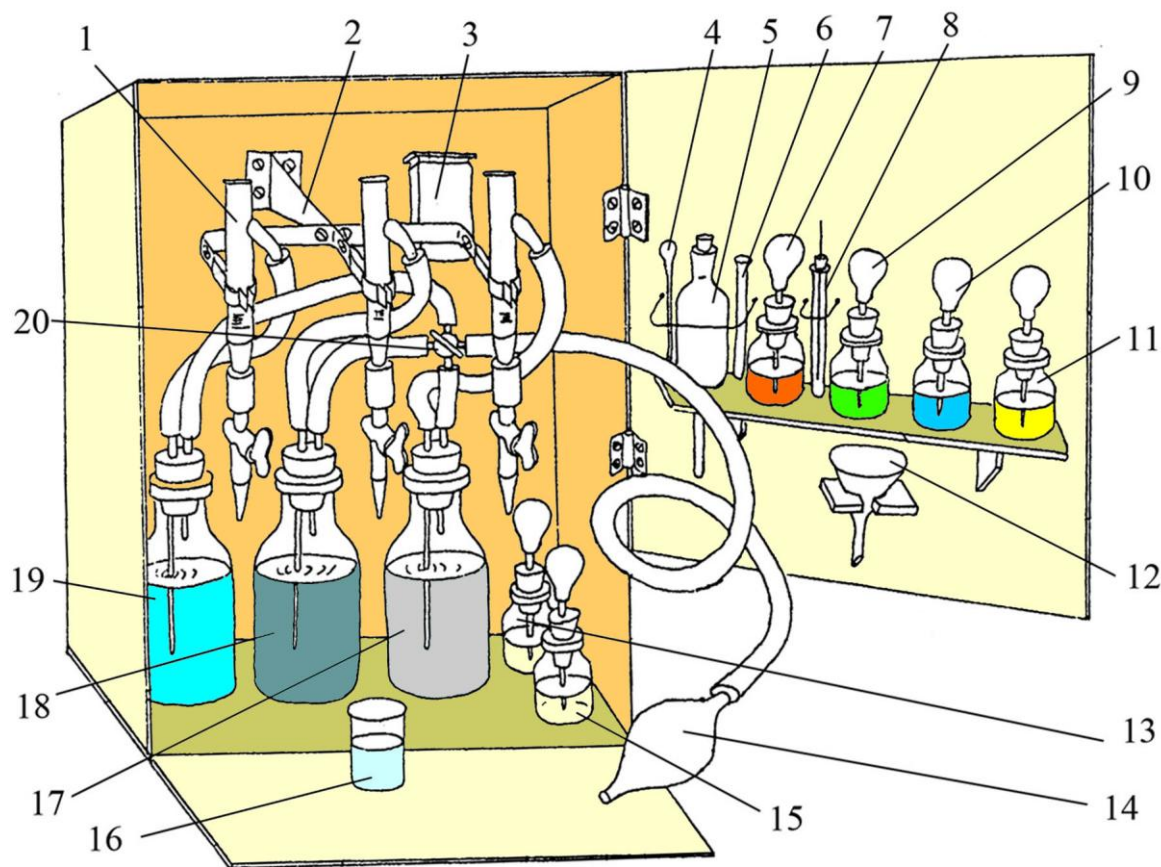


Рисунок 4.1 – Общий вид лаборатории ЛВК-4:

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 с приспособлением для автоматической установки уровня растворов на нулевое деление смонтированы на общем выдвижном штативе 2. Каждая бюретка соединена резиновой трубкой с 500 мл емкостями 17, 18, 19, содержащих титрованный раствор.

Склянки 17, 18, 19 закрыты резиновыми пробками со вставленными в каждую двумя стеклянными трубочками, соединенными посредством резиновых трубок: одна из которых – с бюреткой, другая – с краном – манипулятором 20. Кран имеет четыре отростка, из которых три присоединены к трубкам от склянок, а на четвертый надета нагнетательная груша (насос) - 14. 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 вытянутым наконечником - пипеткой. При пользовании бюреткой во время анализа трубку около шарика вытягивают большим и указательным пальцами левой руки, при этом между стенкой резиновой трубки и бусинкой образуется узкий канал, через который проходит раствор.

Внизу расположены:

- мензурка 16 на 100 мл для отмеривания требуемого для анализа объема воды;

- склянка 13 с сульфомолибдатным и склянка 15 с аммиачно-буферным растворами, имеющая пробку, в которую вставлена пипетка на 5 мл с резиновым баллончиком.

Справа на панели закреплен пенал 3 с коллориметрической шкалой для определения фосфатов.

На полочке дверцы в гнездах установлены:

- четыре склянки 7, 9, 10, 11 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 5 на 250 мл для определения взвешенных веществ;

- стеклянная палочка 4 для размешивания воды;

- мерная пробирка 6;

- мерная пробирка 8 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.

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.

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

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 ве-

ществами. 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 (рисунок 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).

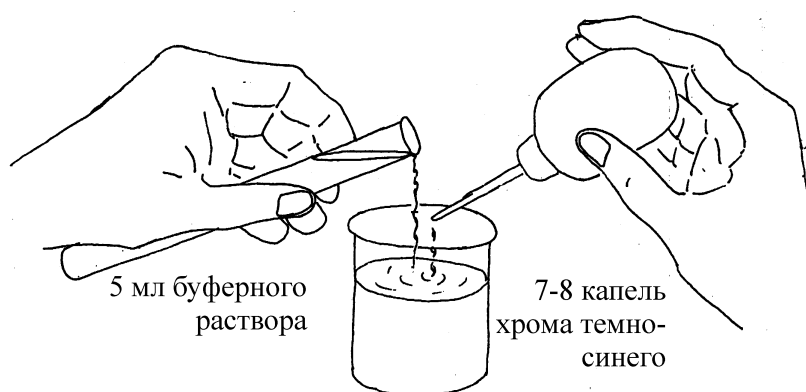


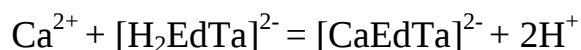
Рисунок 4.2 – К определению общей жесткости воды. Фаза 1

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 (рисунок 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



Рисунок 4.3 – К определению общей жесткости воды. Фаза 2

«метилоранжа», 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.

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 (рисунок 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 милли-

литров 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.

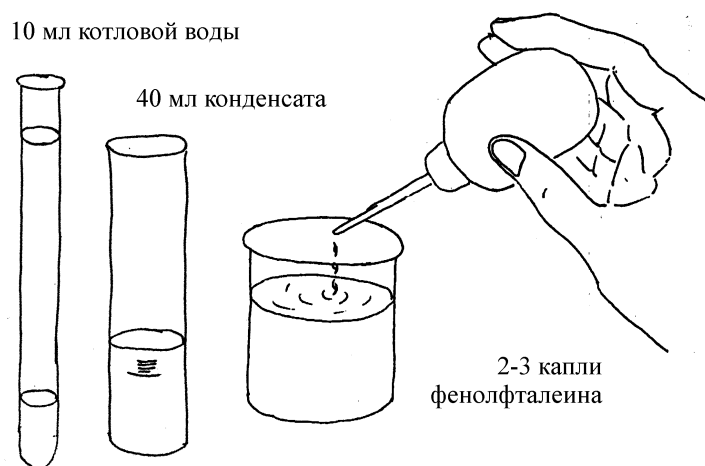
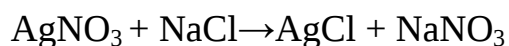
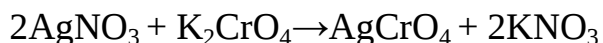


Рис. 4.4 – К определению хлоридов в котловой воде

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).

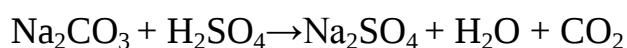
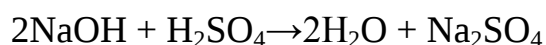
Один градус Брандта соответствует 10 мл/л хлорида натрия и 6,07 мл/л хлориона.

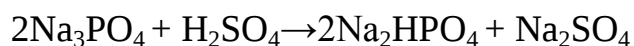
4.3.6. Определение щелочности котловой воды

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 $5,3 \cdot 40 = 212$ мг/литр.

4.3.7. Определение фосфатов в котловой воде колориметрическим 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 (рисунок 4.5). Затем доводят объем жидкости сульфомолибдатным раствором до 10 мл. Далее в раствор опускают очищенную наждачной бумагой и ополоснутую дистиллированной водой оловянную палочку.

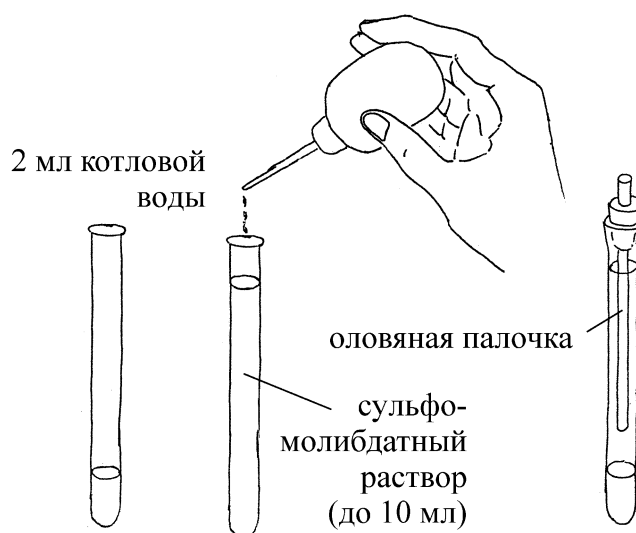


Рисунок 4.5 – К определению фосфатного числа. Фаза 1

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 (рисунок 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 коллориметрирования.

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 солёности, который предварительно хорошо продуть, охлаждают до комнатной температуры, затем тщательно взбалтывают и переливают в специальный отстойник, наполняя его до метки 250 мл (рисунок 4.7).

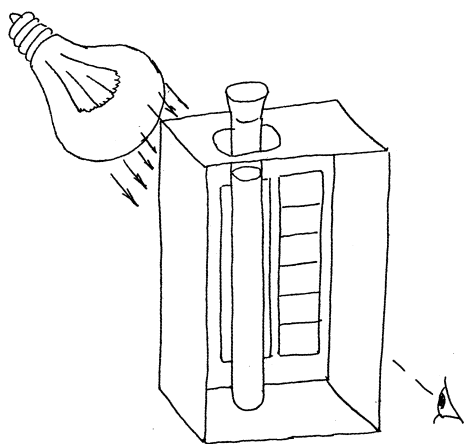


Рисунок 4.6 – К определению фосфатного числа. Фаза 2

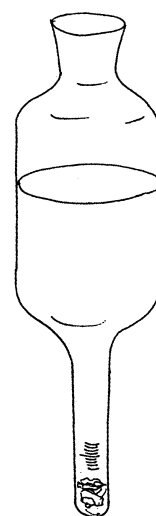


Рисунок 4.7- К определению количества взвешенных частиц

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 таблице 4.2. В таблице 4.2 А – давление в котле, МПа, Б – поправочный множитель.

Таблица 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 (рисунок 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.

Компания Unitor (Норвегия) разработала и поставляет различные комплекты реактивов в виде таблеток или порошков (испытательные комплекты химических реактивов типа "Спектрапак"), а также комплексы простой химической посуды, которые являются экономически целесообразными и доступными для морской практики.

В наиболее распространены экспресс-лаборатории (комплекты):

- "Spectrapak 310" (рисунок 4.8): для анализа котловой и питательной воды паровых котлов низкого давления, при использовании фосфатно-щелочного водного режима (определяется щелочность по фенолфталеину, хлориды и pH);

- " Spectrapak 315" (рисунок 4.9) для анализа котловой и питательной воды паровых котлов среднего и высокого давления (определяется щелочность по фенолфталеину, общая щелочность, фосфаты, нитраты, содержание гидразина, хлориды, общая жесткость, pH и солесодержание).

Все лаборатории, так же как и их элементы, имеют цифровые коды, которые позволяют оперативно произвести заказ необходимых изделий в представительствах фирмы Unitor базовых портпунктов.

Устройство экспресс-лаборатории представлено на рисунке 4.10. В портативном футляре, в ячейках подушки из эластичного пенополиуретана размещены детали из прозрачного пластика: мерный цилиндр на 100 мл с

пробкой; пенал с полосками индикаторной бумаги для определения pH воды; палочка для перемешивания. Здесь же в стеклянных бутылочках упакованы наборы таблеток для определения содержания в воде: хлоридов, 250 шт. таблеток, а также нитратов: – 100 шт. таблеток P-Alkalinity № 1 и – две склянки по 250 шт. таблеток № 2. На открывающейся крышке футляра установлена краткая инструкция с описанием методики проведения соответствующих анализов.



Рисунок 4.8 – Лаборатория
"Spectrapak 310"



Рисунок 4.9 – Лаборатория
"Spectrapak 315"

Методика отбора пробы воды.

Для качественного анализа должна отбираться представительная проба воды. Перед отбором пробы для анализа необходимо спустить воду из пробоотборного крана, чтобы убедиться в отсутствии осадка в трубопроводе. Прежде, чем проводить анализ отобранной пробы, необходимо охладить ее до комнатной температуры (20...25 °C).

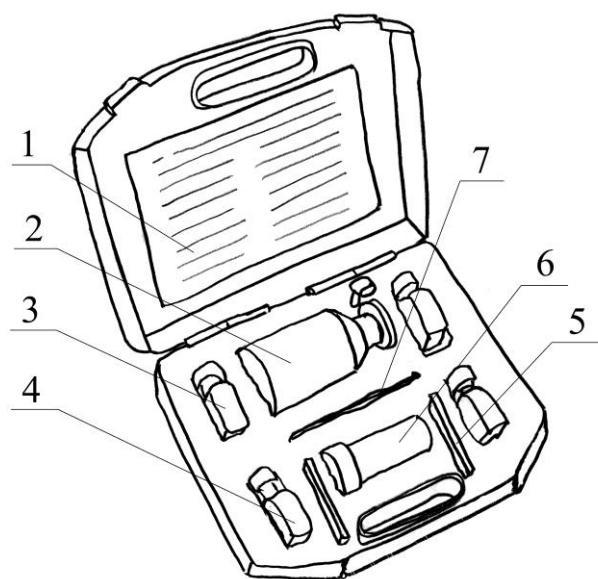


Рисунок 4.10 – Общий вид экспресс-лаборатории "Spectrapak 310":

- 1 - инструкция по применению; 2 - колба для смешивания;
 3, 4 - таблетки для определения щелочность по фенолфталеину, хлоридов;
 5 - пенал с полосками индикаторной бумаги; 6 - порошок
 для определения pH среды; солесодержания; 7 - смешивающая палочка

Определение щелочности по фенолфталеину (P-Alkalinity). Щелочность является более точным индикатором состояния котельной воды, чем pH. Щелочность по фенолфталеину измеряется, чтобы определить, существуют ли нормальные показатели щелочности в котле.

Отобрать в мерную емкость с крышкой 200 мл котловой воды. Добавить одну таблетку для определения щелочности (P-Alkalinity tablet). Плотнo закрыть мерную емкость и взболтать содержимое до растворения таблетки. Если среда щелочная присутствует, то проба воды станет синей. Добавлять таблетки до тех пор, пока синий цвет не изменится на постоянный желтый.

Расчёт: $P\text{-Alkalinity ppm (CaCO}_3\text{)} = (\text{число таблеток} \times 20) - 10$.

Например: Если использовано 8 таблеток, то

$P\text{-Alkalinity} = (8 \times 20) - 10 = 150 \text{ ppm}$.

Определение солесодержания (хлоридов). Значение хлоридов показывает любое присутствие растворенных солей в котле. Увеличение, по-

степенное или внезапное, в уровне хлоридов является показателем загрязнения морской водой. Также уровень хлоридов часто используется в качестве контрольной точки при продувке котла.

Методика проведения теста:

1. Для котлов с давлением до 30 бар (кг/см^2) отберите пробу котельной воды 50 мл в закупориваемую бутылку (входит в комплект).

2. Добавьте одну таблетку хлорида и взболтайте до растворения.

Проба воды пожелтеет, если хлориды присутствуют.

3. Добавляйте таблетки до тех пор, пока желтый цвет не изменится на оранжевый/коричневый.

Расчёт: Хлориды ppm = (число использованных таблеток $\times$ 20) – 20.

Например: Если использовано 4 таблетки хлоридов,

ppm = (4 $\times$ 20) — 20 = 60 ppm.

Если ожидается высокий уровень хлоридов, уменьшите количество пробы котельной воды до 25 мл. Тогда число таблеток умножьте на 40. Если ожидается низкий уровень содержания хлоридов, увеличьте отбираемую пробу воды до 100 мл, тогда надо число используемых таблеток умножить на 10.

Тест на pH.

Для судовых паровых котлов: рекомендуемые пределы pH 9,5 – 11,0.

Для конденсата и питательной воды, уровень pH конденсата должен быть между 8,3 – 9,0.

Методика проведения теста:

1. Отберите 50 мл воды для испытания в пластиковый контейнер (входит в комплект).

2. Возьмите входящую в комплект 0,6-граммовую лопаточку, отмерьте одну лопаточку pH реагента на отобранную пробу воды, дать раствориться (если нужно, то размешайте).

3. Отобрать нужную полоску для испытаний pH и погрузить ее на 10 секунд в отобранную пробу.

4. Выньте полоску из пробы воды и сравните цвет её (полученный) со шкалой цветов, расположенной на контейнере с pH-полосками.

5. Внесите полученный результат в программу WATERPROOF, напротив даты проведения теста.

На рисунках 4.1 представлены образец результатов определения хлоридов в котловой воде и внешний вид полосок для определения pH среды.

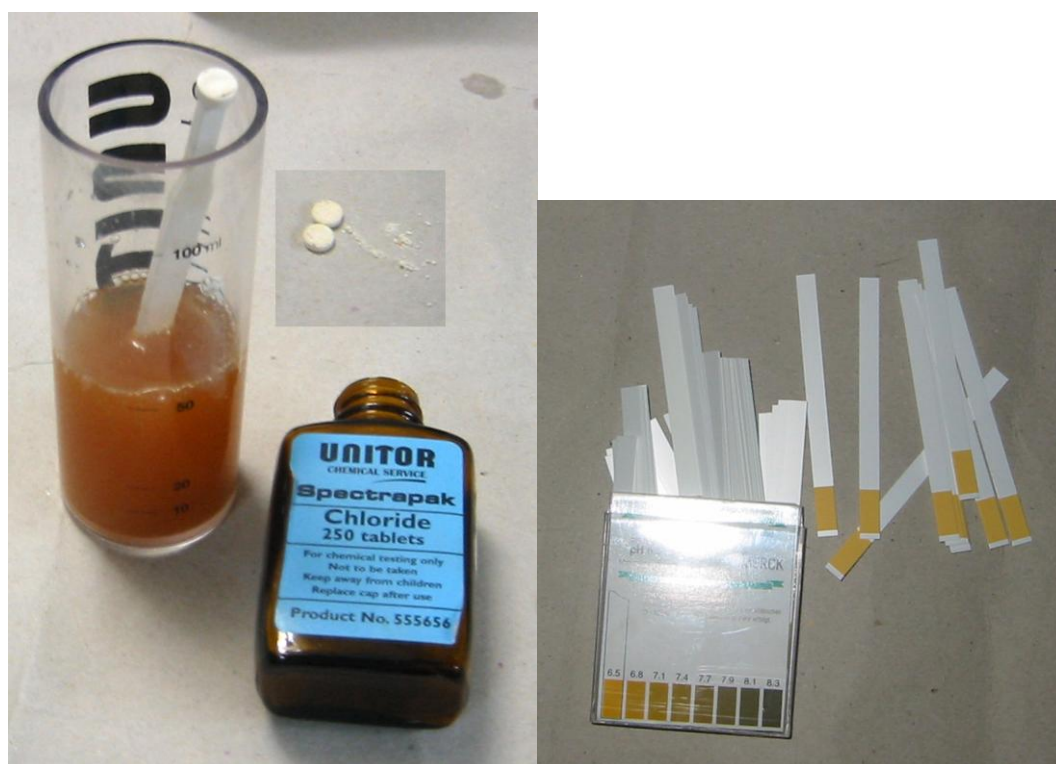


Рисунок 4.10 – Элементы выполнения анализа котловой воды

4.6. Оформление протокола

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

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. *Волков Д.И.* Судовые паровые котлы/ Д.И. Волков, Б.В. Сударев. - Л.: Судостроение, 1988. – 135 с.
4. 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.
5. *Пененжик Я.В.* Обработка питательной воды для судовых котлов/ Я.В. Пененжик. – М.: Транспорт, 1965. - 172 с., 2000 экз.
6. *Бабаджанян Л.А.* Методика испытаний судовых котлов/ Л.А. Бабаджанян, А.К. Гольденфон. – Л.: Судостроение, 1965. - 214 с.
7. *Хряпченков А.С.* Судовые вспомогательные и утилизационные котлы/А.С. Хряпченков. – Л.: Судостроение, 1988. – 296 с.
8. *Бузник В.М.* Судовые парогенераторы/ В.М. Бузник. - Л.: Судостроение, 1970. - 480 с.

У ч е б н о е и з д а н и е

**Очеретяный Владимир Анатольевич
Егоров Владимир Рудольфович**

СУДОВЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ И ПАРПРОИЗВОДЯЩИЕ УСТАНОВКИ. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Изд. № 7/2022. Объем 6 п.л. Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 5,88.
РИИЦМ ФГАОУВО «Севастопольский государственный университет»