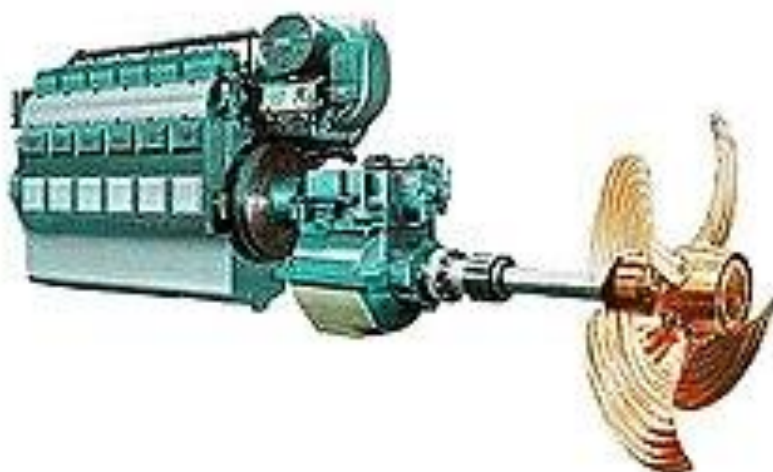


С.Е. Тверская

С У Д О В Ы Е ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

**Учебно-методическое пособие
по проведению лабораторного практикума**



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра "Энергоустановки морских судов и сооружений"

С.Е. Тверская

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Учебно-методическое пособие
по проведению лабораторного практикума

Севастополь
СевГУ
2025

УДК 621.431.74(076.5)

ББК 39.455.5-5*я73

T26

Р е ц е н з е н т :

А.Ю. Гаршин - канд. техн. наук, доцент кафедры ЭМСС

Тверская, С.Е.

T26 Судовые энергетические установки: учебно-методическое пособие по проведению лабораторного практикума для студентов специальности 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» / С.Е. Тверская; Севастопольский государственный университет, Морской институт, кафедра "Энергоустановки морских судов и сооружений". – Севастополь : СевГУ, 2025. – 63 с. – Текст : электронный.

Целью учебно-методического пособия является закрепление студентами теоретических знаний по дисциплине «Судовые энергетические установки», изучение состава, конструкции, принципа действия главных и вспомогательных двигателей, входящих в состав СЭУ, а также обслуживающих их систем.

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения Севастопольского государственного университета, Морского института, специальности 26.05.07 – Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики.

УДК 621.431.74(076.5)

ББК 39.455.5-5*я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Энергоустановки морских судов и сооружений» Морского института Севастопольского государственного университета в качестве учебно-методического пособия по проведению лабораторного практикума по дисциплине «Судовые энергетические установки» для студентов специальности 26.05.07 – Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики, протокол № 6 от 5 февраля 2025 г.

© Тверская С.Е., 2025

© ФГАОУВО «Севастопольский
государственный университет», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Лабораторная работа № 1 Изучение состава, конструкции, основ технического обслуживания судового парового котла на базе КВС-68, КВЦ-15/8 и их систем.....	6
1.1. Состав котельного отделения.....	6
1.2. Конструкция котла КВС-68.....	7
1.3. Конструкция котла КВЦ-15/8.....	8
1.4. Оборудование котельного отделения.....	9
1.5. Трубопроводы и арматура.....	10
1.6. Условные обозначения элементов котельного отделения на функциональных схемах.....	11
1.7. Работа котельного отделения.....	13
1.8. Арматура систем котельного отделения.....	14
1.9. Основы технического обслуживания и эксплуатации вспомогательных котельных установок.....	16
1.9.1. Обслуживание действующей установки.....	17
1.9.2. Надзор за техническим состоянием судовых вспомогательных котельных установок и их освидетельствование.....	18
1.10. Порядок выполнения работы и оформления отчета.....	18
1.11. Примеры контрольных вопросов.....	19
Лабораторная работа № 2 Изучение состава, конструкции, основ технического обслуживания судового паротурбогенератора и его систем.....	20
2.1. Описание установки	20
2.2. Назначение и характеристика элементов установки.....	20
2.3. Схема установки. Трубопроводы.....	21
2.4. Конструкции паровой турбины.....	22
2.5. Основы технического обслуживания и эксплуатации паротурбогенератора.....	25
2.6. Порядок выполнения работы и оформления отчета.....	28
2.7. Примеры контрольных вопросов.....	28
Лабораторная работа № 3 Анализ цикла, режимов работы газотурбинного двигателя (ГТД) ВК-1 на основе изучения конструкции и принципа действия его элементов и систем.....	29
3.1. Краткий анализ циклов и схем компоновки ГТД	29
3.2. Краткое описание конструкции двигателя ВК-1 и его элементов..	30

3.3. Состав систем, обеспечивающих работу ГТД ВК-1.....	33
3.4. Режимы работы турбоагрегата и судна.....	36
3.5. Порядок выполнения работы и оформления отчета.....	37
3.6. Примеры контрольных вопросов.....	37
Лабораторная работа № 4 Изучение состава, конструкции, основ технического обслуживания газотурбогенератора на базе ГТД-3Ф и его систем.....	38
4.1. Судовые газотурбогенераторы. Общие сведения.....	38
4.2. Назначение и состав газотурбогенераторной установки.....	39
4.3. Конструкция газотурбинного двигателя и его элементов.....	40
4.4. Системы двигателя ГТД -3Ф.....	43
4.5. Основы технического обслуживания и эксплуатации ГТД-3Ф.....	45
4.6. Порядок выполнения работы и оформления отчета.....	47
4.7. Примеры контрольных вопросов.....	47
Лабораторная работа № 5 Изучение состава, конструкции судового дизель-генератора на базе ДГ 50-1.....	48
5.1. Основные технические характеристики дизель-генератора ДГ 50-1.....	48
5.2. Основные технические характеристики дизеля К-457.....	49
5.3. Конструкция дизеля К-457.....	49
5.4. Основы технического обслуживания судового дизель-генератора ДГ 50-1.....	52
5.5. Порядок выполнения работы и оформления отчета.....	54
5.6. Примеры контрольных вопросов.....	55
Лабораторная работа № 6 Изучение состава, принципа действия систем, обслуживающих судовой дизель-генератор ДГ 50-1.....	56
6.1. Топливная система дизеля.....	56
6.2. Система смазки дизеля.....	57
6.3. Система охлаждения дизеля.....	58
6.4. Система запуска дизеля.....	59
6.5. Основы техобслуживания	59
6.6. Порядок выполнения работы и оформления отчета.....	62
6.7. Примеры контрольных вопросов.....	62
ЛИТЕРАТУРА	63

ВВЕДЕНИЕ

Целью лабораторных работ по дисциплине «Судовые энергетические установки» студентами является получение необходимых теоретических знаний и практических навыков в области устройства и основ эксплуатации судовых энергетических установок в рамках профессиональной подготовки судовых инженеров-электромехаников.

Судовой энергетической установкой (СЭУ) называется комплекс технических средств, предназначенный для выработки, преобразования, передачи и использования различных видов энергии для безопасного и эффективного функционирования судна в соответствии с его типом, назначением и нормальными условиями жизнедеятельности экипажа и пассажиров.

СЭУ состоит из главной энергетической установки (ГЭУ), вспомогательной энергетической установки (ВЭУ) и электроэнергетической установки (ЭЭУ).

Материалы, изложенные в учебно-методическом пособии, знакомят с конструкциями реальных установок (газовых, паровых турбин; двигателей внутреннего сгорания, паровых котлов), входящих в состав СЭУ, системами, обслуживающими эти установки, а также специальными вопросами, связанными с циклами и режимами работы двигателей и основами их эксплуатации.

На выполнение одной работы отводится четыре академических часа. В течение этого времени студент получает допуск к проведению лабораторной работы, знакомится с лабораторной установкой, оформляет отчет и защищает полученные результаты.

К лабораторным работам допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности в лабораториях кафедры ЭМСС.

Для получения допуска к проведению лабораторной работы необходимо:

- иметь подготовленный отчет к выполняемой работе, включающий ее название, цель, краткие теоретические сведения и схему лабораторной установки;

- знать теоретические основы по теме выполняемой работы.

Во время защиты лабораторных работ преподаватель проверяет полученные студентом теоретические знания и умение применять их на практике.

Контрольные вопросы, приведенные в конце каждого раздела, должны являться основой при подготовке к защите лабораторных работ.

Оформление отчетов и подготовка к их защите студентами осуществляется в отведенное для самостоятельной работы время.

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА, КОНСТРУКЦИИ, ОСНОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СУДОВОГО ПАРОВОГО КОТЛА НА БАЗЕ КВС-68, КВЦ-15/8 И ИХ СИСТЕМ

Цель работы: изучение конструкции судовых паровых котлов на базе вспомогательных котлов КВС-68 и КВЦ-15/8, их узлов и деталей, а также овладение основами технического обслуживания и эксплуатации котельных установок.

1.1. Состав котельного отделения

Назначение котельного отделения – подача пара заданных параметров в необходимом количестве в турбинное отделение.

Состав котельного отделения представлен на рисунке 1.1.

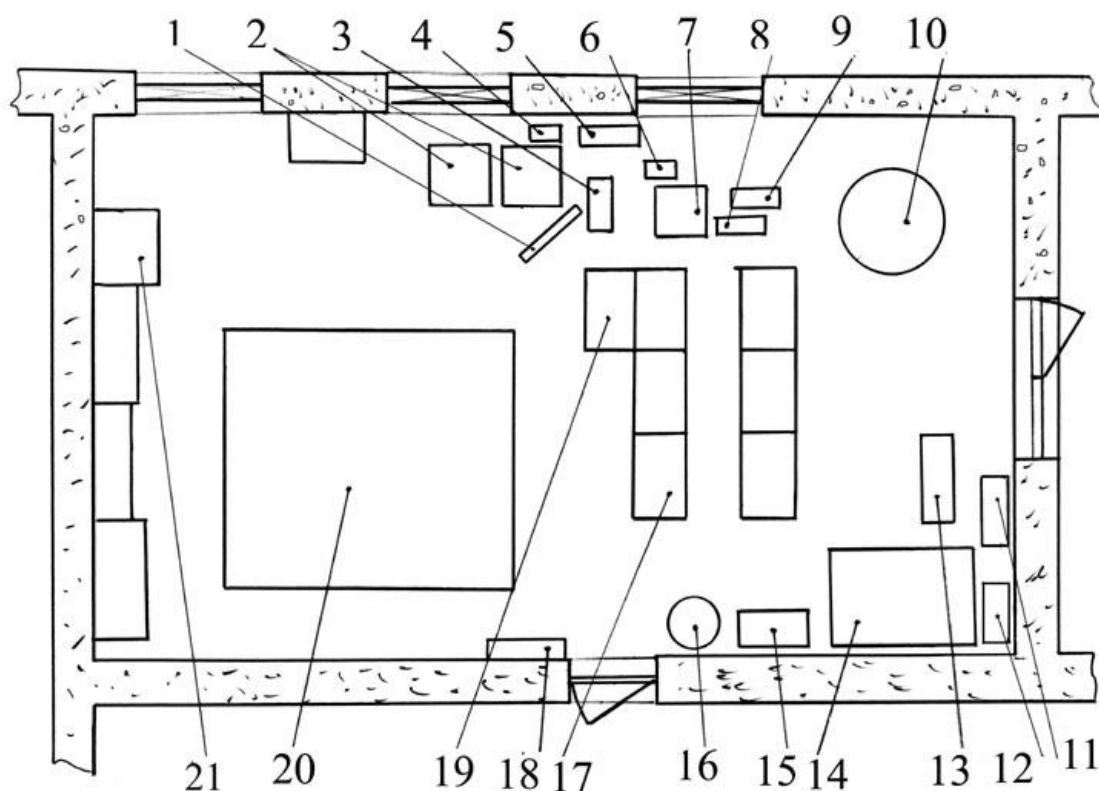


Рисунок 1.1 – Расположение оборудования в лаборатории котлов:

- 1 – щит управления, индикации и сигнализации; 2 – вентиляторы; 3 – насос топливный винтовой; 4 – фильтр тонкой очистки; 5 – подогреватель топлива; 6 – насос топливный пусковой; 7 – главный топливный паровой насос; 8 – насос дозерный; 9 – фильтр грубой очистки; 10 – котел КВЦ-15-8; 11 – паровой питательный насос (два насоса); 12 – расходная цистерна; 13 – питательный центробежный насос главного котла; 14 – теплый ящик; 15 – главный питательный паровой насос; 16 – водоподогреватель; 17, 19 – столы; 18 – манометрический щит; 20 – котел главный КВС-68; 21 – верстак

1.2. Конструкция котла КВС-68

Конструкция котла КВС-68 представлена на рисунке 1.2.

Котел является вертикальным, водотрубным, с естественной циркуляцией, шатрового типа с двухсторонним протоком дымовых газов. Паропроизводительность котла 10 т/ч, рабочее давление 2,5 МПа.

Корпус котла состоит из пароводяного коллектора диаметром 770 мм, соединенного симметричными конвективными пучками водогрейных трубок диаметром $29 \times 2,5$ мм с двумя водяными коллекторами диаметром 500 мм.

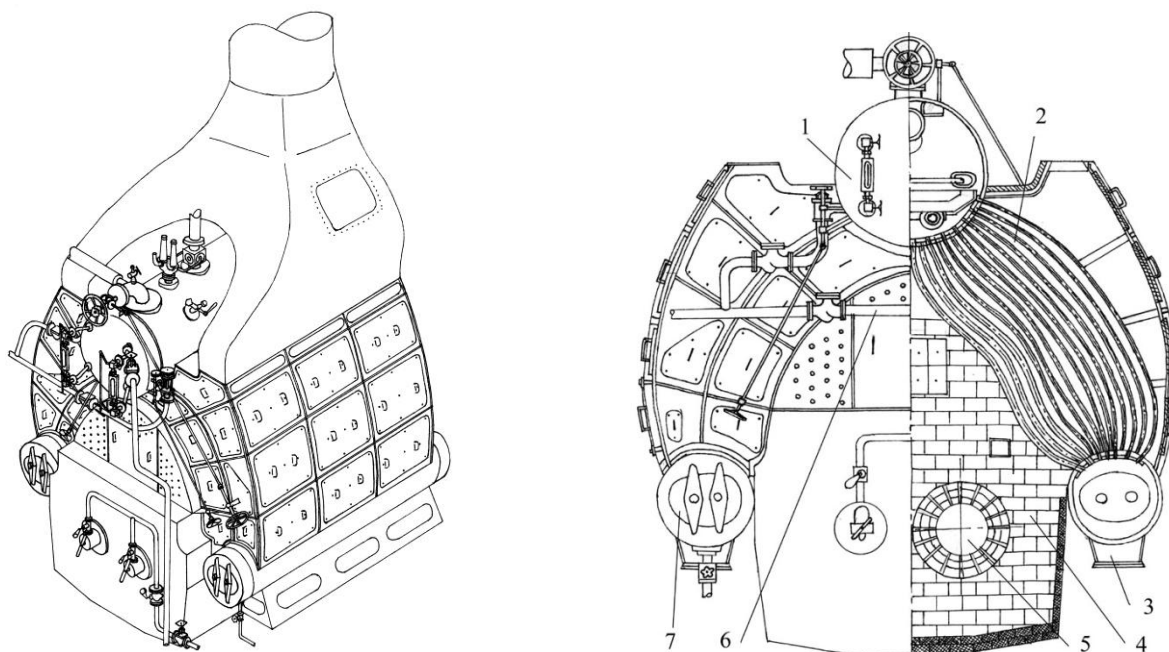


Рисунок 1.2 – Конструкция котла КВС-68:

- 1 – пароводяной коллектор; 2 – испарительный трубный пучок 3 – опора;
4 – кирпичная обмуровка переднего фронта; 5 – фурменное отверстие;
6 – питательный трубопровод; 7 – водяной коллектор

Каждый конвективный пучок состоит из 13 рядов водогрейных трубок. Расположение трубок в пучке – шахматное. Трубки крепятся к коллекторам вальцовкой. Для установки котла на фундамент к водяным коллекторам приварены стальные опоры по 2 штуки на каждый коллектор. Передние опоры крепятся к котельному фундаменту наглухо, а задние опоры свободно скользят по поверхности фундамента.

Каркас и обшивка котла крепятся к коллекторам. Каркас представляет решетку, сваренную из профильной и листовой стали. Щиты обшивки выполнены из стальных листов и крепятся на штырях к каркасу и коллекторам. Нижняя часть топки ограничена поддоном, который по длине котла примыкает к водяным коллекторам, а по фронтам сопрягается с фронтowymi стенками обшивки.

Фронтальные стенки обшивки топки и поддон изнутри облицованы огнеупорным шамотным кирпичом. Котел имеет одностороннее отопление. Топочное устройство парогенератора состоит из двух механических форсунок и двух воздухонаправляющих устройств. На котле в соответствии с Правилами Регистра России установлена необходимая арматура.

1.3. Конструкция котла КВЦ-15/8

Конструкция котла КВЦ-15/8 представлена на рисунке 1.3. Котел является вертикальным, цилиндрическим, состоящим из двух обечайек (внутренней и внешней) и двух днищ. Между обечайками находится вода, которая нагревается теплом газов, движущихся по внутренней обечайке снизу вверх. Во внутреннюю обечайку вварены трубы, в которых находится вода, обогреваемая уходящими газами.

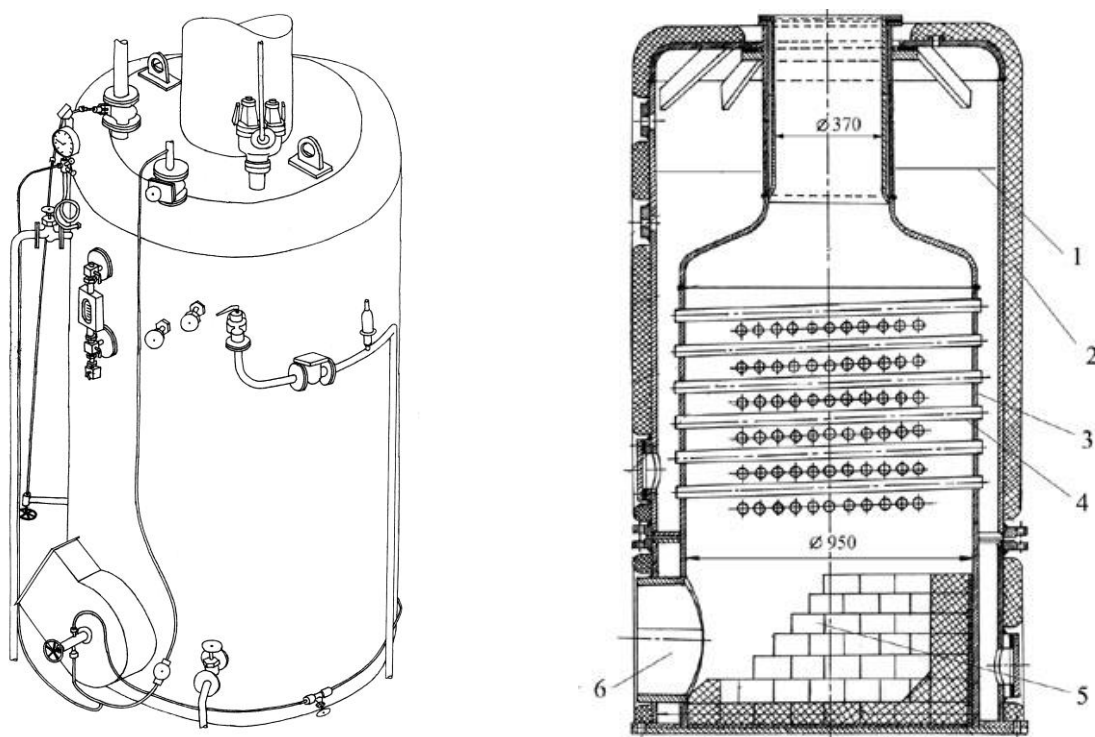


Рисунок 1.3 – Конструкция котла КВЦ 15/8:

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

Топка представляет собой жаровую трубу, соединяющую внешнюю и внутреннюю обечайку. Для подачи топлива в котел установлена паровоздушная форсунка. Необходимый для горения воздух поступает в топку за счет самотяги. Для обеспечения нормальной эксплуатации котел снабжен необходимым количеством арматуры.

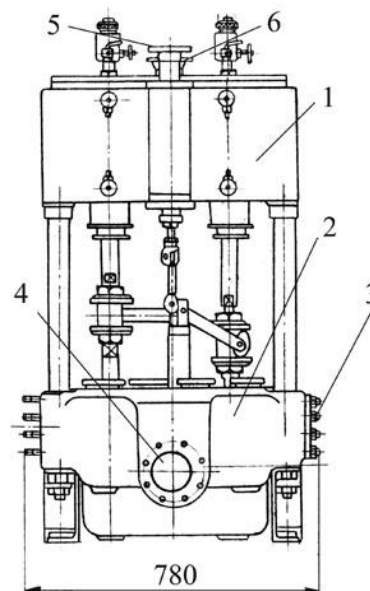
1.4. Оборудование котельного отделения

В лаборатории расположены четыре питательных насоса.

Питательный насос 13 (см. рисунок 1.1) – центробежный насос консольного типа, обеспечивающий котлы водой.

Главный питательный насос с паровым приводом (рисунок 1.4) – насос вертикальный поршневой прямодействующий (состоит из двух паровых и двух насосных цилиндров) служит для подачи питательной воды в котлы из тёплого ящика.

Рисунок 1.4 – Главный питательный насос:
1 – приводная часть (паровые цилиндры);
2 – насосная часть (водяные цилиндры); 3 – отвод питательной воды (нагнетательный фланец);
4 – подвод питательной воды (всасывающий фланец);
5 – подвод пара; 6 – отвод пара



Два питательных насоса 11 (см. рисунок 1.1), включенные параллельно, служат для подачи воды из цистерны питательной воды (или из теплового ящика) в котлы. Насосы паровые, прямодействующие, горизонтальные. Насосы приводятся паром или сжатым воздухом (при заполнении котлов водой).

Топливный насос 3 (см. рисунок 1.1) – винтовой с электрическим приводом, служит для подачи тяжелого топлива (мазута) в котел КВС-68.

Главный топливный насос 7 (см. рисунок 1.1) служит для подачи мазута к котлу КВС-68 в случае отсутствия электроэнергии. По конструкции является вертикальным паровым прямодействующим насосом, состоящим из парового и насосного цилиндров.

Пусковой топливный насос 6 (см. рисунок 1.1) служит для подачи дизельного топлива к котлу КВС-68. Насос является шестеренным с электроприводом.

Водоподогреватель 16 (см. 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.

Теплый ящик 14 (см. рисунок 1.1) служит для сбора и подогрева конденсата, для очистки конденсата от механических примесей и масла.

Топливоподогреватель (рисунок 1.5), типа «труба в трубе», служит для подогрева мазута отработанным паром. Конденсат греющего пара направляется в теплый ящик.

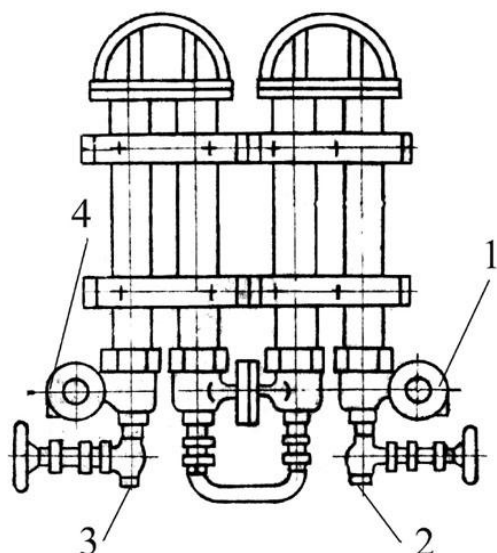


Рисунок 1.5 – Топливоподогреватель:
1 – подвод пара; 2 – подвод топлива; 3 – отвод
конденсата; 4 – отвод топлива

Топливные фильтры предназначены для удаления из топлива механических примесей. Установлены 3 фильтра: два фильтра грубой 9 и один фильтр тонкой очистки 4 (см. рисунок 1.1). Фильтры грубой очистки – сетчатые, тонкой очистки – пластинчатый.

Для обеспечения воздухом для горения котла КВС-68 установлены два вентилятора 2 (см. рисунок 1.1) центробежного типа с электроприводом, включенные параллельно.

Расходная цистерна 12 (см. рисунок 1.1) служит для сбора конденсата, поступающего в котельное отделение из турбинного отделения.

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

1.5. 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 мазута служит для подачи топлива к котлу КВС-68.

Трубопроводы дизельного топлива служат для подачи топлива к котлам КВС-68 и КВЦ-15/8.

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

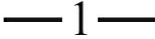
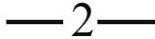
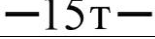
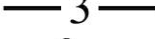
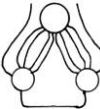
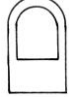
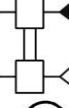
Трубопровод воздуха низкого давления служит для подачи воздуха от вентиляторов к котлу КВС-68.

Трубопроводы конденсата служат для подачи конденсата в теплый ящик.

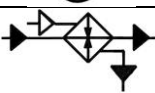
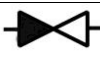
1.6. Условные обозначения элементов котельного отделения на функциональных схемах

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

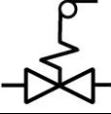
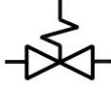
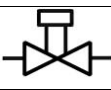
Таблица 1.1 – Условные обозначения элементов в судовых функциональных схемах

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

Продолжение таблицы 1.1

1	2
	Насос (без указания типа)
	Насос ручной
	Теплообменный аппарат (подогреватель) с указанием подвода и отвода греющей и обогреваемой сред
	Баллон под давлением
	Вентилятор
	Фильтр
	Цистерна
	Форсунка
	Насос винтовой
	Насос шестеренный
	Клапан проходной запорный
	Клапан угловой запорный
	Клапан невозвратный
	Клапан невозвратно-запорный
	Клапан быстродействующий
	Клапан регулирующий
	Клапан с дистанционным управлением
	Кран двухходовой
	Кран трехходовой
	Задвижка
	Заслонка
	Конденсатоотводчик

Продолжение таблицы 1.1

1	2
	Клапан предохранительный с тросиковым приводом
	Клапан предохранительный
	Клапан с электромагнитным приводом на закрытие
	Клапан для манометра
	Клапан дроссельный
	Клапан редукционный

1.7. 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, то есть. без воды.

Вспомогательный котел КВЦ 15/8 заполняется питательной водой одним из двух горизонтальных питательных паровых насосов 11 (см. рисунок 1.1). Насосы паровые, поэтому имеется внешний источник их привода – два баллона со сжатым воздухом (давление до 6 МПа). Объем баллонов хватает на заполнение котла КВЦ 15/8 водой и распыл топлива на паровоздушную форсунку котла КВЦ 15/8 для его запуска. Таким образом, из баллонов сжатый воздух подается на привод насоса 11, который подает воду в котел КВЦ 15/8 из питательной цистерны, расположенной в соседнем помещении.

После заполнения водой запускается вспомогательный котел КВЦ 15/8. Воздух подается 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 20 и в теплый ящик 14.

Для запуска главного котла КВС-68 вентиляторами 2 воздух подается в топку котла 20.

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

Пар от главного котла 20 подается на главный топливный насос 7 и питательный насос 15, отработанный пар - на топливоподогреватель 5, водоподогреватель 16 и в турбинное отделение на главный конденсатор.

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

Конденсат от подогревателей отводится через конденсатоотводчики в теплый ящик.

1.8. Арматура систем котельного отделения

В зависимости от назначения судовая арматура подразделяется на:

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

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

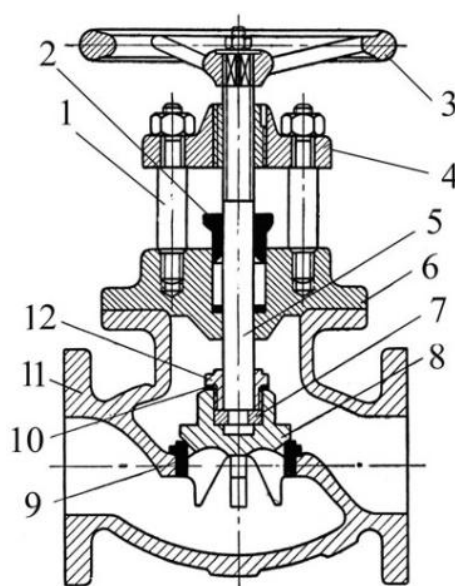
в) предохранительная и защитная – для предохранения отдельных участков трубопроводов и агрегатов (предохранительные, невозвратные);

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

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

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

Наибольший по представительству класс судовой арматуры – запорная арматура. Запорные клапана (рисунок 1.6) предназначены для разоб-



ращения и герметизации участков трубопроводов. Запорный орган – тарелки – соединен со штоком и перемещается с ним. Тарелка соединяется со штоком таким образом, который позволяет вращаться штоку относительно тарелки, что предохраняет уплотнительные поверхности от истирания.

Рисунок 1.6 – Клапан проходной запорный:

- 1 – колонка; 2 – нажимная втулка; 3 – маховик;
4 – поперечина; 5 – шток; 6 – крышка; 7 – кольцо;
8 – тарелка; 9 – седло; 10 – шайба; 11 – корпус;
12 – гайка

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

В судовых трубопроводах при условных проходах более 50 мм применяют задвижки, имеющие меньшее, чем клапаны гидравлическое сопротивление (рисунок 1.7, а). Для открытия задвижек требуется меньшее усилие, они допускают протекание среды в обоих направлениях, имеют меньшие размеры, особенно при больших условных проходах. Недостатки – уступают в плотности запираания трубопроводов, что объясняется сложностью пригонки уплотнительных поверхностей и деформацией корпуса от давления среды. Уплотнительные поверхности задвижек подвержены быстрому износу, для открытия задвижек требуется значительно большее время.

В судовых трубопроводах для условных проходов до 80 мм в качестве запорной арматуры применяют также краны (пробки). Краны представляют собой арматуру, в корпусе которой устанавливается коническая пробка (конусность 1:7), для создания герметичности пробка плотно притирается к корпусу. Открытие и закрытие крана выполняется рукояткой.

По конструкции краны делятся на проходные и трехходовые, которые различают с L-образной и с Т-образной пробками. Положение пробки кранов указывается рисками, нанесенными на ее торце. Краны отличаются от другой запорной арматуры быстротой переключения, меньшим по сравнению с клапанами гидравлическим сопротивлением. На рисунке 1.7, б, в, г приведены конструкции указанных кранов.

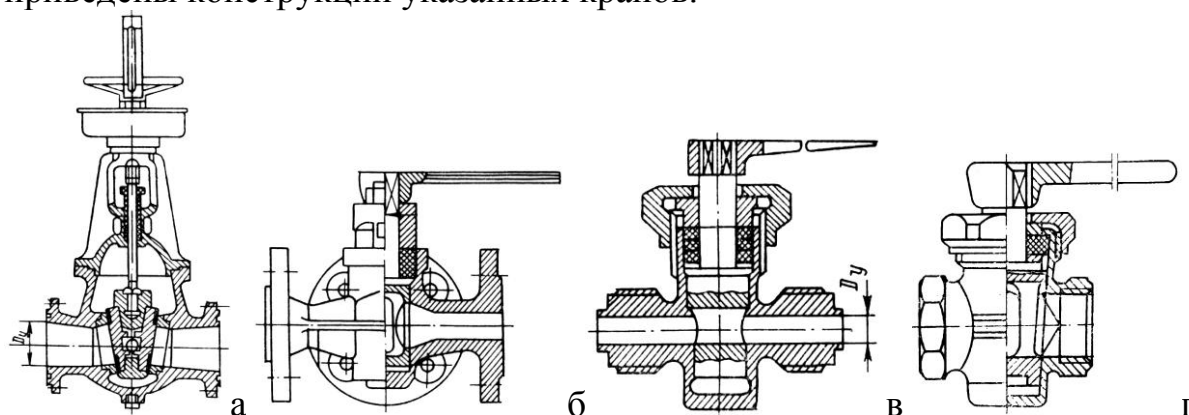


Рисунок 1.7 – Судовая арматура:

а – задвижка; б – кран трехходовой фланцевый;
в – кран проходной штуцерный; г – кран трехходовой муфтовый

В качестве предохранительной арматуры применяются невозвратные и невозвратно-запорные клапаны, которые открываются потоком среды и допускают ее движение только в одном направлении. В судовых трубопроводах такие клапаны устанавливаются в питательных трубопроводах кот-

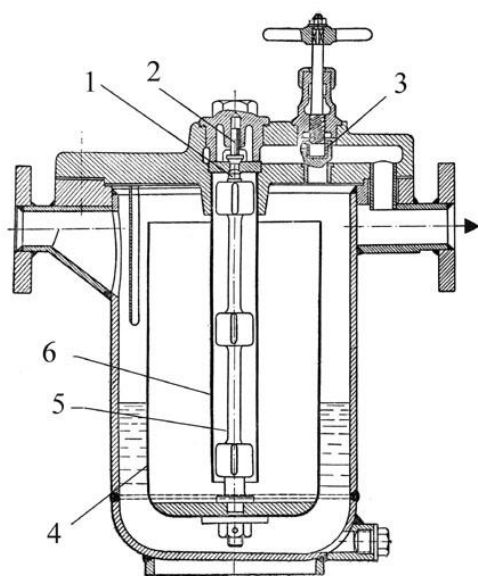
лов, во всасывающих и нагнетательных трубопроводах насосов, за конденсатоотводчиками и других трубопроводах, где не допускается течение среды в обратном направлении.

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

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

В судовых трубопроводах применяют пружинные предохранительные клапаны, регулирование которых осуществляется поджатием пружины. Для конденсации пара низких параметров и возврата его в систему трубопроводы оснащаются конденсатоотводчиками. Конденсатоотводчик представлен на рисунке 1.8. Конденсационная вода из трубопровода стекает в горшок, заполняет вначале кольцевое пространство вокруг поплавка 1, а потом переливается внутрь поплавка, вследствие чего он опускается. На



дне поплавка закреплен шток 2, верхний конец которого представляет собой игольчатый клапан 3. При опускании поплавка под тяжестью конденсата игольчатый клапан открывается, при этом давление пара выжимает конденсат из поплавка через направляющую трубку 4 и невозвратный клапан 5 и поплавок вновь всплывает, закрывая выход пару игольчатым клапаном. Таким образом, горшок выпускает воду, но не пропускает пар.

Рисунок 1.8 – Конденсационный горшок:

1, 3 – клапан; 2 – игольчатый клапан;
4 – поплавок; 5 – шток; 6 – втулка

Для установки манометров в системах используются клапаны для манометров.

1.9. Основы технического обслуживания и эксплуатации вспомогательных котельных установок

Для котельных установок в зависимости от их типа и назначения разработаны определенные правила по обслуживанию и ремонту. Инструкции

по эксплуатации установок содержат указания о вводе в действие и выводе их из действия, о порядке поддержания заданных параметров работы котлов, даются рекомендации по хранению котлов при кратковременных и продолжительных стоянках. Также приводятся сведения о регулировочных работах в процессе эксплуатации, об особенностях обслуживания котлов на ходовом и стояночных режимах. Особое место занимают требования к водному режиму котлов и очистке поверхности нагрева.

В процессе эксплуатации на наружной поверхности труб отлагается сажа, а на внутренней – накипь. Наличие сажи приводит к увеличению термического сопротивления при теплопередаче, снижению паропроизводительности котлов и уменьшению температуры перегрева пара. Накипь внутри труб вызывает их локальный перегрев и снижает скорость циркуляции воды. Для борьбы с образованием сажи производят чистку наружной поверхности труб при ремонтах, а также используют сажеобдувки. Для предотвращения накипи применяют щелочение котловой воды с добавлением в нее различных антинакипинов.

1.9.1. Обслуживание действующей установки

Во время работы котельной установки обслуживающий персонал периодически проводит наружный осмотр котла; проверяет исправность действия арматуры, герметичность фланцевых соединений паровых, топливных и водяных трубопроводов; следит за состоянием видимых поверхностей нагрева и уровнем воды в котле; осуществляет регулярную продувку котла; контролирует уровень топлива в расходных баках и качество горения по цвету пламени в топке. При полном сгорании топливный факел имеет светло-соломенный цвет, а при неполном – темно-красный.

При правильно настроенных средствах автоматизации обеспечивается устойчивая работа установок в течение длительного времени, и обслуживание их сводится к наблюдению за показателями КИП, смазке трущихся деталей, наружному осмотру и уборке машинного отделения при смене вахт.

В процессе эксплуатации установок производят их плановые технические осмотры. Через 500...600 ч работы тщательно проверяют исправность действия всех элементов установки и выполняют необходимые регулировочные операции. Через 2000...3000 ч работы наряду с вышеуказанными операциями очищают водяные и огневые поверхности нагрева котла от накипи и золы, притирают арматуру и ремонтируют изоляцию топок.

1.9.2. Надзор за техническим состоянием судовых вспомогательных котельных установок и их освидетельствование

Надзор за техническим состоянием котельных установок осуществляют классификационные общества, в частности Российский морской ре-

гистр судоходства [1]. Паровые котлы с давлением пара 0,07 МПа и выше подвергаются ежегодно наружному осмотру инспектором Регистра, внутреннему освидетельствованию один раз за два года. Наружное освидетельствование котельных установок является контрольным и заключается в проверке состояния котла, трубопроводов и всего котельного оборудования. Во время наружного освидетельствования проверяют правильность монтажа и исправность действия арматуры, регулируют и пломбируют предохранительные клапаны, которые должны срабатывать при давлении, превышающем рабочее не более чем на 3 %.

При внутреннем освидетельствовании тщательно проверяют состояние котла с наружной стороны, со стороны пароводяного и газового пространства, а также состояние трубопроводов, всей арматуры и КИП установок. После внутреннего освидетельствования через каждые восемь лет производят гидравлическое испытание котлов водой при температуре наружного воздуха не ниже 5⁰С и давлении, превышающем на 25% максимальное рабочее давление. Все дефекты, обнаруженные при освидетельствовании, отмечают в шнурованной книге с указанием перечня работ, требуемых для их устранения, а также сроков выполнения ремонта.

1.10. Порядок выполнения работы и оформления отчета

В процессе выполнения работы необходимо изучить и выполнить следующее.

1. Состав котельного отделения.
2. Состав, конструкцию вспомогательных котлов на базе тренажерных установок КВС-68 и КВЦ-15/8.
3. Ознакомиться с основами технического обслуживания и эксплуатации котельных установок.

Отчет оформляется в соответствии с правилами ЕСКД и должен содержать следующее.

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Конструктивную схему котла КВС-68 согласно таблице 1.1 с обозначением элементов, кратким описанием конструкции и принципа действия, расшифровкой аббревиатуры.
3. Схему котельного отделения, на которой должны быть показаны все элементы котельного отделения.
4. Краткое описание мероприятий по обслуживанию действующей котельной установки.
5. Порядок надзора и освидетельствования.
6. Правила безопасного обслуживания; в каких случаях котельная установка должна быть выведена из действия (осуществить поиск в литературных источниках самостоятельно).
7. Выводы.

1.11. Примеры контрольных вопросов

1. Каково назначение котельного отделения и его отдельных элементов?
2. Как устроен и как работает котел КВС-68?
3. Где установлены трехходовые краны?
4. Как работает топливная система котла КВС-68 и котла КВЦ-15/8?
5. Как обозначаются названные преподавателем элементы котельных установок в функциональных схемах?
6. Какие мероприятия во время работы котельной установки осуществляет обслуживающий ее персонал?
7. К каким последствиям приводит образование накипи внутри труб котельной установки?
8. В каких случаях котельная установка должна быть выведена из действия?

Лабораторная работа № 2

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА, КОНСТРУКЦИИ, ОСНОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СУДОВОГО ПАРОТУРБОГЕНЕРАТОРА И ЕГО СИСТЕМ

Цель работы: изучение конструкции судовой паровой турбогенераторной установки, назначения и взаимодействия ее элементов, ознакомление с основами ее технического обслуживания и эксплуатации.

2.1. Описание установки

Паротурбогенераторная установка служит для снабжения судовых механизмов и устройств электроэнергией и состоит из парового котла со вспомогательными котельными механизмами, турбогенератора и конденсатора со вспомогательными механизмами машинного отделения.

В лаборатории турбин и вспомогательных механизмов расположено следующее оборудование.

1. Турбогенератор, состоящий из паровой турбины, редуктора и электрогенератора.
2. Конденсационная установка, состоящая из конденсатора, эжектора, конденсационного насоса с электроприводом (циркуляционный насос с электроприводом находится возле брызгательного бассейна с охлаждающей водой).
3. Водоподогреватель.
4. Электрощит и нагрузочный реостат.

2.2. Назначение и характеристика элементов установки

Паротурбогенератор предназначен для преобразования кинетической энергии пара в механическую работу турбины с последующим ее преобразованием в электрическую.

Параметры установки:

номинальная мощность	150 кВт;
максимальная 2-часовая мощность	187 кВт;
температура свежего пара	476 К (203 °С);
давление свежего пара	1,6 МПа;
противодавление	0,016 МПа;
частота вращения ротора турбины	110 с ⁻¹ ;
род тока	постоянный;
напряжение	120/240 В;
частота вращения ротора генератора	20 с ⁻¹ .

При работе на вакуум при мощности 150 кВт расход пара 1500 кг/ч. Масса агрегата 6976 кг.

Конденсатор – служит для конденсации отработанного пара и создания разрежения за турбиной. Состоит из стального корпуса, чугунных водяных камер, латунных трубных досок, медноникелевых трубок и конденсатосборника с указанием уровня. Конденсатор одноходовой по пару и двухходовой по охлаждающей воде.

Эжектор – струйный аппарат, в котором происходит передача кинетической энергии от одной среды, движущейся с большей скоростью, к другой. В данной установке пароструйный воздушный насос служит для поддержания вакуума в конденсаторе путем отсоса воздуха, попадающего в конденсатор с паром или через неплотности установки. Работает на принципе подсоса воздуха к быстродвижущейся струе пара. Эжектор двухступенчатый, что позволяет создать большее разрежение: двухсекционный, что повышает надежность (каждая секция может работать самостоятельно). Пар, подаваемый в сопло эжектора, а также пар, частично увлеченный из конденсатора вместе с воздухом, конденсируется в эжекторе на трубах, через которые прокачивается конденсат главного пара. При этом конденсат подогревается, таким образом, теплообменник эжектора служит первой ступенью подогрева питательной воды.

Конденсатный насос центробежного типа приводится во вращение электродвигателем. Служит для откачивания конденсата из конденсатора.

Водоподогреватель служит для регенеративного подогрева питательной воды паром, отбираемым после одной из ступеней турбины. Вода проходит по u-образным трубам, концы которых развальцованы в трубной доске, пар – между трубок. Конденсат греющего пара направляется в конденсатор турбины.

2.3. Схема установки. Трубопроводы

Свежий пар от главного паропровода направляется к турбогенератору и эжектору (рисунок 2.1). Отработанный пар турбогенератора поступает в конденсатор. В конденсатор поступает также конденсат пара эжектора и греющего пара водоподогревателя. Из конденсатора вода откачивается конденсатным насосом и через теплообменник эжектора и водоподогревателя (или минуя его) направляется в котельное отделение. Напорная и всасывающая стороны конденсатного насоса соединены перемычкой с вентилем.

Открытием вентиля вручную регулируется уровень в конденсатосборнике.

Пар, отбираемый из турбины после двухвенечного регулировочного колеса, используется для подогрева воды в водоподогревателе.

Охлаждающая вода прокачивается через конденсатор циркуляционным насосом и затем охлаждается в брызгальном бассейне.

Расход пара на турбогенератор замеряется с помощью диафрагмы, установленной на паропроводе. Общий расход пара на установку (в том числе и на эжектор) может быть определен путем замера расхода питательной воды мерным баком, расположенном в котельном отделении.

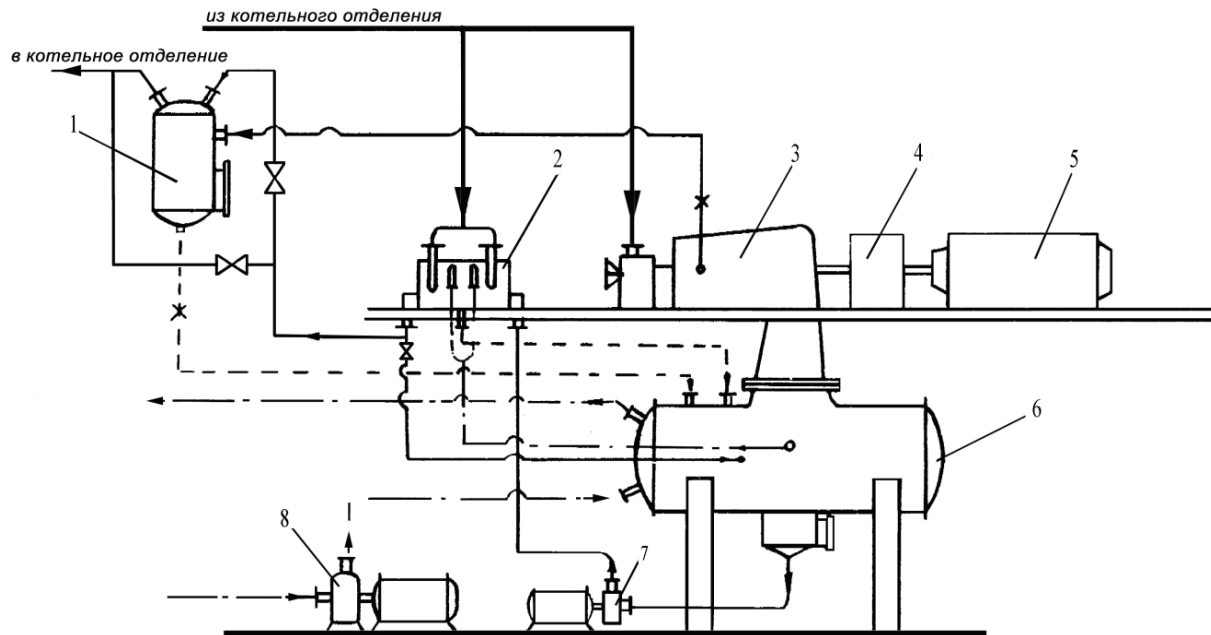


Рисунок 2.1 – Схема паровой турбогенераторной установки с электрическим приводом циркуляционного и конденсатного насоса:

- 1 – водоподогреватель; 2 – эжектор; 3 – паровая турбина; 4 – редуктор;
5 – электрогенератор; 6 – конденсатор; 7 – электроконденсатный насос;
8 – электроциркуляционный насос;

- свежий пар, пар отбора, конденсат;
- - - конденсат из воздухоподогревателя и эжектора;
- · - воздух, охлаждающая вода

2.4. Конструкция паровой турбины

Продольный разрез однокорпусной активной турбины представлен на рисунке 2.2. Корпус турбины отлит из стали и имеет горизонтальный разъем. Внутри корпуса имеется 2 прохода для пара дроссельного клапана к сопловому обводу: один – к регулирующим соплам, второй - к перегрузочному соплу.

Передняя опора корпуса гибкая, задняя - неподвижная.

Ротор состоит из вала, двух дисков ступени скорости и шести дисков ступеней давления. Каждый диск насажен в горячем состоянии и закреплен шпонкой на валу.

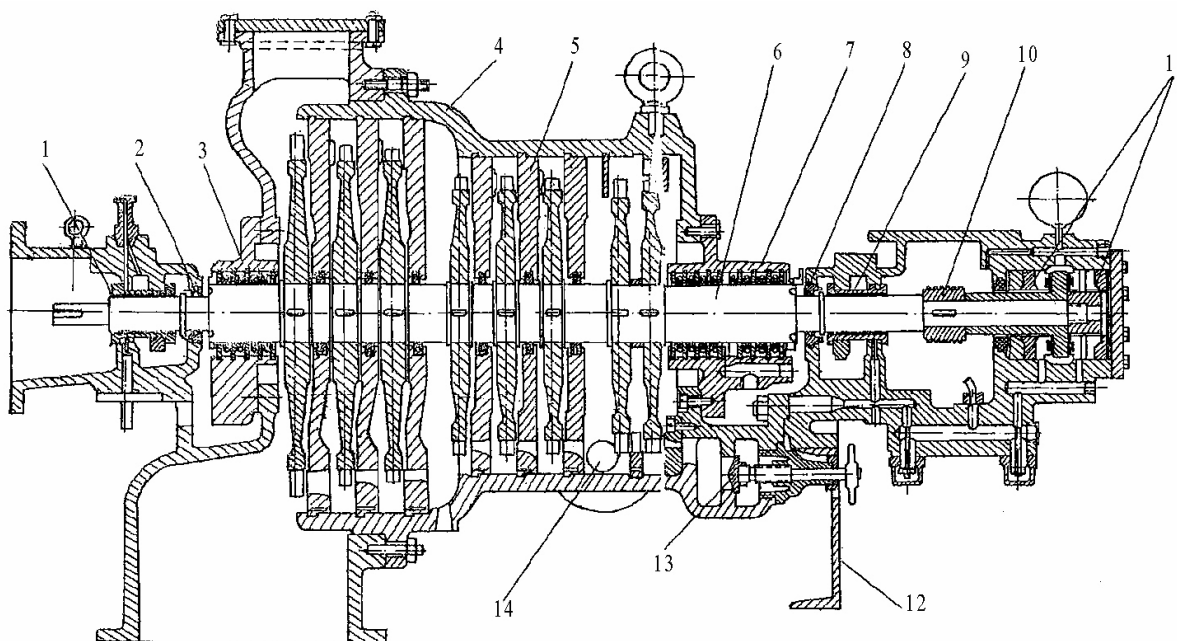


Рисунок 2.2 – Продольный разрез турбины:

1 – опорный подшипник; 2 – масляные уплотнения; 3 – коробка угольных уплотнений; 4 – корпус турбины; 5 – диафрагма; 6 – ротор турбины; 7 – коробка угольных уплотнений; 8 – масляные уплотнения; 9 – опорный подшипник; 10 – червяк привода регулятора скорости и масляного насоса; 11 – упорный подшипник; 12 – гибкая опора; 13 – перегрузочный клапан; 14 – отбор пара

Сопла первой ступени обработаны в сопловом ободу, который крепится винтами к корпусу турбины.

Диафрагмы с залитыми лопатками изготовлены разъемными по горизонтали. Наружная обойма диафрагмы имеет буртик, входящий в выточку корпуса. Центральное отверстие диафрагмы снабжено угольным уплотнительным кольцом.

Наружные уплотнения вала (угольные) предусмотрены там, где вал выступает из корпуса турбины. Уплотнительные коробки, где расположены угольные элементы колец, разъемные по горизонтали.

Подшипники скольжения, воспринимающие вес ротора (опорные), имеют бронзовые вкладыши; залитые внутри баббитом. Нижняя половина вкладыша входит своими заплеками в углубления корпуса подшипника, верхняя - в углубления крышки.

Упорный подшипник фиксирует ротор в осевом направлении. Состоит из двух пар упорных сегментов, размещенных с обеих сторон упорного гребня ротора, двух основных колец и двух упорных обойм.

Упорные сегменты фиксируются на основных кольцах с помощью штифтов, основные кольца передают осевое усилие через упорные обоймы корпусу турбины. Между упорными обоймами и выточками корпуса размещается набор стальных прокладок. Зазор регулируется добавлением или удалением этих прокладок с одного конца подшипника на другой. Масло

для смазки входит снизу, заполняет подшипник и выходит сверху, затем через углубления, сделанные в корпусе, спускается обратно в масляный бак.

Соединительная муфта, установленная между турбиной и редуктором, полужесткая, зубчатого типа.

Схема масляной системы изображенная на рисунке 2.3.

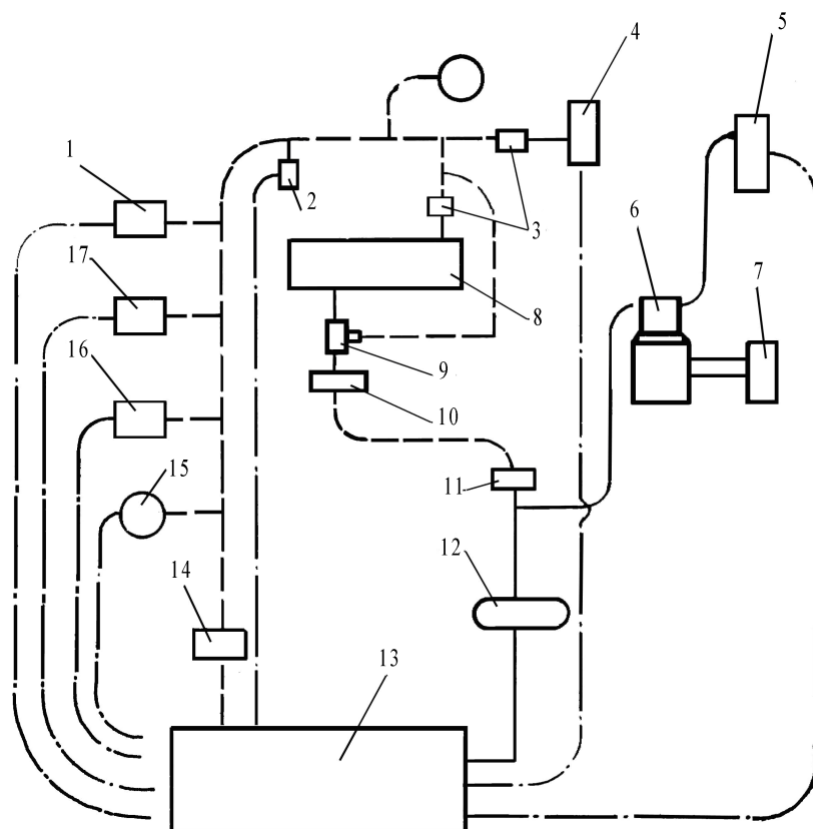


Рисунок 2.3 – Схема масляной системы:

- 1 – подшипник носовой; 2 – предохранительный клапан $P = 0,055$ МПа;
 3 – предохранительный клапан $P = 0,34$ МПа; 4 – ручной масляный насос; 5 – масляный паровыпускной клапан; 6 – выключающий клапан; 7 – силовой поршень;
 8 – маслоохладитель; 9 – трехходовой клапан; 10 – фильтр; 11 – редукционный клапан;
 12 – масляный насос; 13 – масляный бак; 14 – подшипник генератора; 15 – аварийный выключатель пониженного давления; 16 – подшипник редуктора зацепления;
 17 – подшипник кормовой

- маслопровод $P = 0,34$ МПа;
 - - - - - маслопровод $P = 0,055$ МПа;
 - . - . - трубопровод сливной

Масло в систему регулирования подается под давлением 0,34 МПа, в систему смазки – 0,042 - 0,055 МПа. Снижение давления до указанного осуществляется редукционным клапаном. На главной магистрали системы смазки установлен фильтр, имеющий 2 параллельные секции, из которых одна находится в работе, а вторая может быть заменена без остановки турбины.

Масляный насос шестеренчатого типа приводится в движение от вала турбины через червячную передачу. Для смазки подшипников перед пуском турбины используется ручной насос. Для охлаждения масла применяется двухоборотный маслоохладитель. Охлаждающая вода проходит через латунные трубки, а масло – между трубками. Резервуар для масла расположен на фундаментной плите, имеет вместимость 113 литров. Для контроля уровня масла используется масломерный щуп.

Регулирование турбины - дроссельное, предусматривает поддержание постоянного числа оборотов ротора при изменяющейся нагрузке и включает в себя:

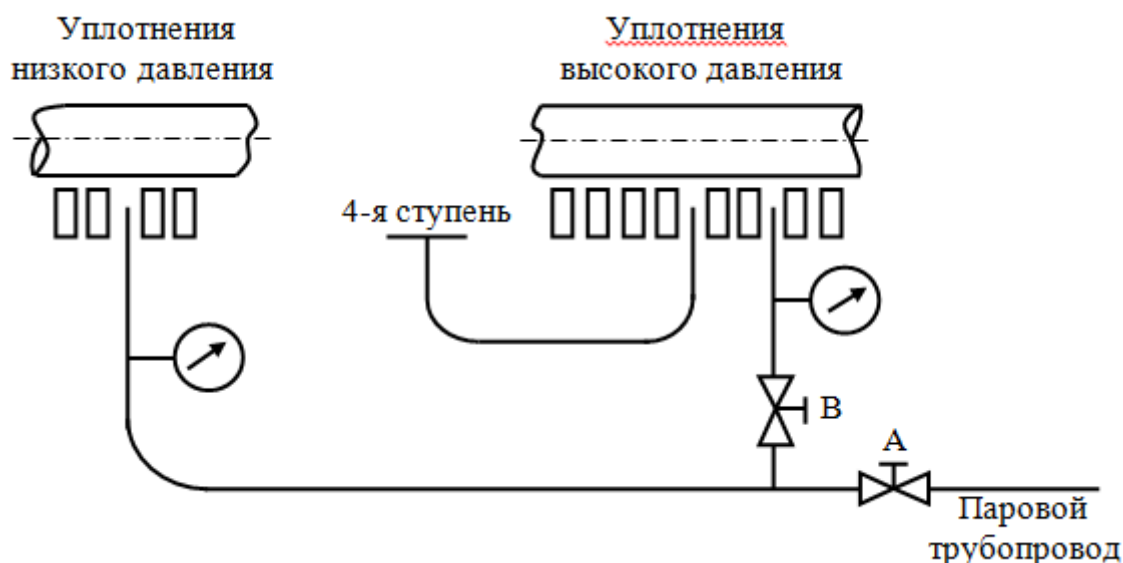
- регулятор центробежного типа, который приводится в действие через червячную передачу от вала турбины;
- золотник, направляющий силовое масло к той или другой стороне поршня сервомотора;
- рычажную передачу от регулятора к золотнику;
- сервомотор, перемещающий дроссельный клапан;
- дроссельный клапан, регулирующий подачу пара к соплам;
- выключающий механизм (свыше 0,14 МПа), состоящий из датчика мембранного типа и системы рычагов, освобождает быстрозапорный клапан.

2.5. Основы технического обслуживания и эксплуатации паротурбогенератора

Последовательность запуска следующая.

1. Проверить осевое положение ротора турбины путем замера щупом зазора между буртиком вала и выступом корпуса переднего подшипника. Зазор должен быть в пределах 0,8...1,6 мм [2].
2. Проверить уровень масла в резервуаре. Температура масла перед пуском должна быть не ниже 16 °С.
3. Открыть клапаны продувания на время, пока конденсат не будет продут.
4. Пустить в ход электроциркуляционный насос.
5. Пустить в ход конденсатный электронасос на рециркуляцию через эжектор.
6. Подать свежий пар на эжектор и довести вакуум до 380 мм ртутного столба.
7. Ручным насосом прокачать масло через маслопроводы до тех пор, пока основной масляный насос не обеспечит давления в системе смазки 0,55 атм (0,054 МПа).
8. Приоткрыть быстрозапорный клапан. Поднять пусковым рычагом дроссельный клапан на такую высоту, чтобы ротор начал медленно вращаться.

9. Прослушать, не возник ли посторонний шум в турбине и редукторе.
10. Пустить пар на уплотнительные коробки концов турбины согласно схеме (рисунок 2.4).



Режим	клапан А	клапан В	Показание манометра, МПа
Во время пуска	открыть	закрыть	0,008
Во время работы	закрыть	открыть	0,015

Рисунок 2.4 – Схема уплотнений турбины

11. После того, как турбина достаточно прогреется (температура масла на входе в подшипники достигает 38 °С), постепенно открыть быстрозапорный клапан. Одновременно переключить конденсат на питательную систему, при этом в конденсатосборнике поддерживать постоянный уровень.

12. После того, как будет достигнута нормальная частота вращения ротора турбины 6583 об/мин (110 с^{-1}), вала электрического генератора 1200 об/мин (20 с^{-1}), а регулятор скорости начнет автоматически поддерживать обороты постоянными, полностью открыть быстрозапорный клапан.

13. Когда температура масла, выходящего из подшипников, достигнет 50 °С, охлаждающую воду пустить в маслоохладитель.

Во время работы турбогенератора необходимо контролировать следующее.

1. Во время работы турбины давление масла в системе регулирования должно составлять 3,5 атм (0,34 МПа), в системе смазки – 0,55 атм (0,054 МПа).

2. Рабочая температура масла в подшипниках должна быть в пределах 55÷65 °С, максимальная – 80 °С.

3. Температура масла в резервуаре должна поддерживаться 45 °С (минимум 40 °С) регулировкой подачи воды в охладитель.

4. Необходимо следить за потоком масла через маслоуказательные стекла.

5. Необходимо следить за нормальной работой концевых уплотнений: а) должно почти отсутствовать парение из них; б) давление в уравнительном коллекторе должно составлять $0,04 \div 0,3$ атм ($0,0039 \div 0,029$ МПа) согласно показанию мановакуумметра, установленного на коллекторе.

Последовательность остановки турбогенератора следующая.

1. Постепенно уменьшить нагрузку до нуля.
2. Отключить посредством ручного выключающего рычага на разобщительном клапане регулятора быстрозапорный клапан.
3. Прокачать ручным насосом масло до полной остановки ротора турбины.
4. Переключить конденсатный электронасос на рециркуляцию конденсата через эжектор.
5. Прекратить подачу воды к маслоохладителю.
6. В случае остановки турбины на продолжительное время, в течение 20 минут поддерживать эжектором вакуум в конденсаторе в целях осушения.
7. Прекратить доступ пара в эжектор.
8. Остановить конденсатный и циркуляционный электронасосы.
9. Отключить подачу пара в паропроводы, открыть клапаны продувания.

Безопасность работы обеспечивается прекращением доступа пара в турбину быстрозапорным клапаном в следующих случаях:

а) при повышении частоты вращения сверх допустимой (в этом случае регулятор предельной частоты вращения бойкового типа, воздействуя через рычаги на масляный выключатель, закрывает дроссельный клапан);

б) при повышении величины противодавления:

– свыше 0,1 МПа подает сигнал предупредительный клапан,
– свыше 0,17 МПа предохранительный клапан стравливает в атмосферу отработанный пар;

в) масляный предохранительный клапан расположен в устройстве маслопровода и стравливает масло обратно в бак при превышении давления масла сверх 0,35 МПа;

г) сигнальный контактор мембранного типа вмонтирован в трубопровод смазки подшипников и при падении давления масла замыкает электрическую цепь к звуковому аварийному сигнализатору;

д) механизм, автоматически выключающий агрегат из действия в случае понижения давления масла, сильфонного типа, расположен со стороны паровпуска в турбину. При понижении давления масла до 0,02 МПа сильфон, перемещаясь, через систему рычагов освобождает масляный выключатель, что ведет к закрытию быстрозапорного и дроссельного клапанов.

2.6. Порядок выполнения работы и оформления отчета

В процессе выполнения работы необходимо изучить следующее.

1. Состав паротурбогенераторной установки.
2. Состав и конструкцию паровой турбины.
3. Конструкцию и принцип действия элементов установки (конденсатора, эжектора, подогревателя и др.).
4. Состав и назначение масляной системы.
5. Способ управления и регулирования паротурбогенератора.
6. Ознакомиться с основами эксплуатации и обслуживания.

Отчет оформляется в соответствии с правилами ЕСКД и должен содержать следующее.

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Схему паротурбогенераторной установки с обозначением элементов, кратким описанием конструкции и принципа действия.
3. Краткое описание конструкции паровой турбины.
4. Схему и описание масляной системы.
5. Мероприятия, проводимые при запуске установки.
6. Мероприятия, осуществляемые для обеспечения безопасности работы установки.
7. Выводы.

2.7. Примеры контрольных вопросов

1. Каково назначение элементов установки?
2. Каков путь рабочего тела от котла и до теплого ящика?
3. Каковы конструктивные особенности элементов паровой турбины?
4. Турбина является активной или реактивной, пояснить, что это означает?
5. Как работает система регулирования и защиты турбинного агрегата?
6. Каково назначение элементов масляной системы, путь масла?
7. Как обеспечивается безопасность работы ПТГ?
8. В каких случаях прекращается доступ пара в установку?

Лабораторная работа № 3

АНАЛИЗ ЦИКЛА, РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ (ГТД) ВК-1 НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ И СИСТЕМ

Цель работы: Изучение конструкции судового газотурбинного двигателя, его узлов и деталей, основных показателей и режимов работы.

3.1. Краткий анализ циклов и схем компоновки ГТД

Кинематические связи между элементами ГТД определяют его схему. Особенности преобразования тепловой энергии в механическую характеризуются циклом ГТД. Различают ГТД простого и сложного; открытого и закрытого циклов.

Наибольшее распространение получили ГТД, работающие по простому открытому циклу [3,4]. Они имеют меньшее количество элементов и выполняются прямоточной конструкции. В результате этого их габариты, масса и стоимость значительно меньше, обслуживание проще, а надежность выше. Структурные схемы ГТД, работающие по простому, открытому циклу, представлены на рисунке 3.1.

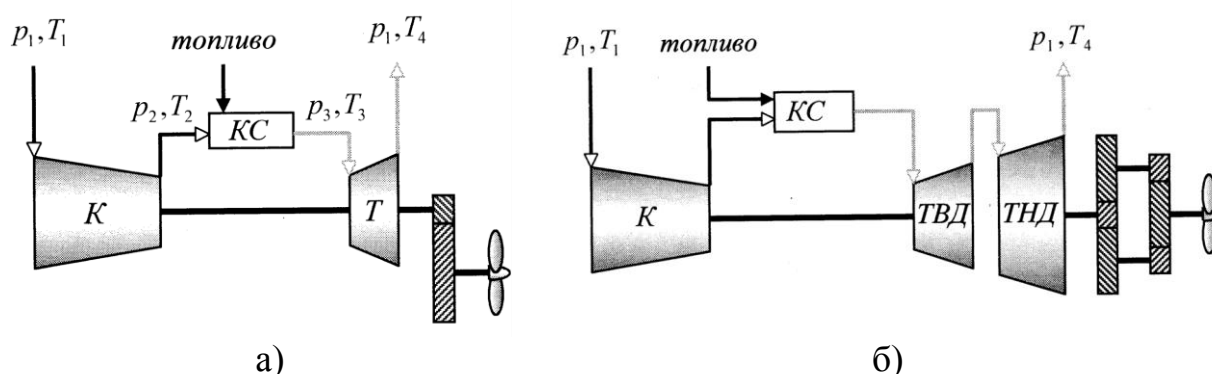


Рисунок 3.1 – Структурные схемы ГТД простого цикла:

а) ГТД с блокированной турбиной; б) ГТД со свободной турбиной;

K – компрессор; KC – камера сгорания; T – газовая турбина;

$ТВД$ – турбина высокого давления; $ТНД$ – турбина низкого давления

На движитель судна мощность передается через вал отбора мощности, связанный механически с одной из турбин. Турбина, передающая мощность на движитель, может одновременно использоваться для привода одного из компрессоров (рисунок 3.1, а), либо устанавливаться отдельно и не быть связанной механически с турбиной компрессора (рисунок 3.1, б).

ГТД сложного цикла выполняются с регенерацией теплоты уходящих газов и промежуточным охлаждением воздуха в процессе его сжатия (рисунок 3.2). Такие двигатели обладают более высоким КПД.

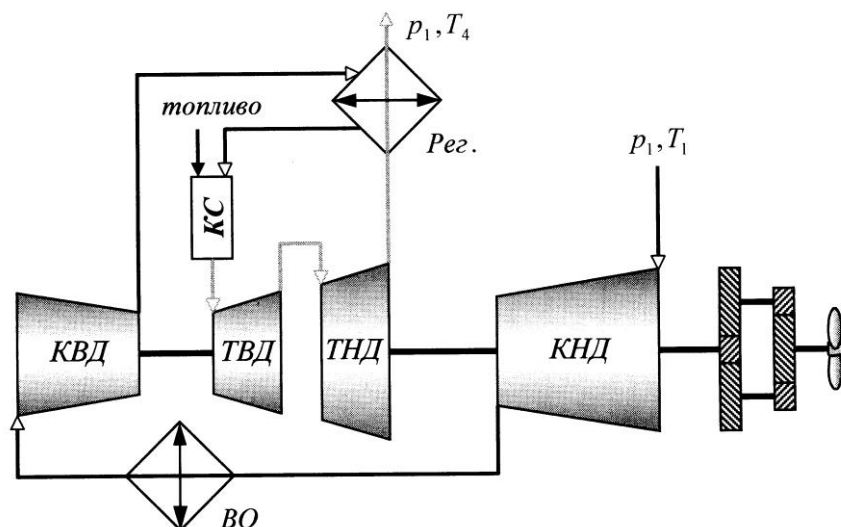


Рисунок 3.2. – Схема ГТУ с регенерацией теплоты и ступенчатым сжатием воздуха с его промежуточным охлаждением:
Рег – теплообменник-регенератор; ВО – воздухоохладитель

По конструктивным особенностям, массогабаритным показателям и ресурсу ГТД бывают легкого и тяжелого типов. На судах применяют ГТД как легкого, так и тяжелого типов. К легкому типу относятся двигатели как конвертированные из авиационных, так и специального морского исполнения. Такие двигатели работают по простому циклу.

К ГТД тяжелого типа относятся модификации двигателей, применяемых на газоперекачивающих станциях и двигатели, специально спроектированные для длительной работы в морских условиях. Как правило, такие ГТД работают по сложному циклу, используют низкосортное топливо и обладают ресурсом, который в несколько раз превышает ресурс установок легкого типа.

Выбор цикла, типа и схемы ГТД определяется требованиями, предъявляемыми к экономичности, массогабаритным показателям, условиям работы на переменных режимах, ресурсу, ремонтпригодности и т.д. Большинство судовых ГТД созданы конвертированием авиационных двигателей, при этом учитывались особенности их работы в морских условиях.

3.2. Краткое описание конструкции двигателя ВК-1, его элементов

Схема двигателя ВК-1 представлена на рисунке 3.3.

Двигатель ВК-1 является воздушно-реактивным компрессорным газотурбинным двигателем.

В состав двигателя входят следующие элементы.

1. Центробежный компрессор с двухсторонним входом воздуха.
2. Девять проточных камер сгорания, расположенных вокруг оси двигателя по образующим контура.

3. Одноступенчатая осевая газовая турбина.
4. Выхлопная реактивная труба с сопловым насадком.
5. Коробка приводов агрегатов двигателя и самолетных агрегатов.

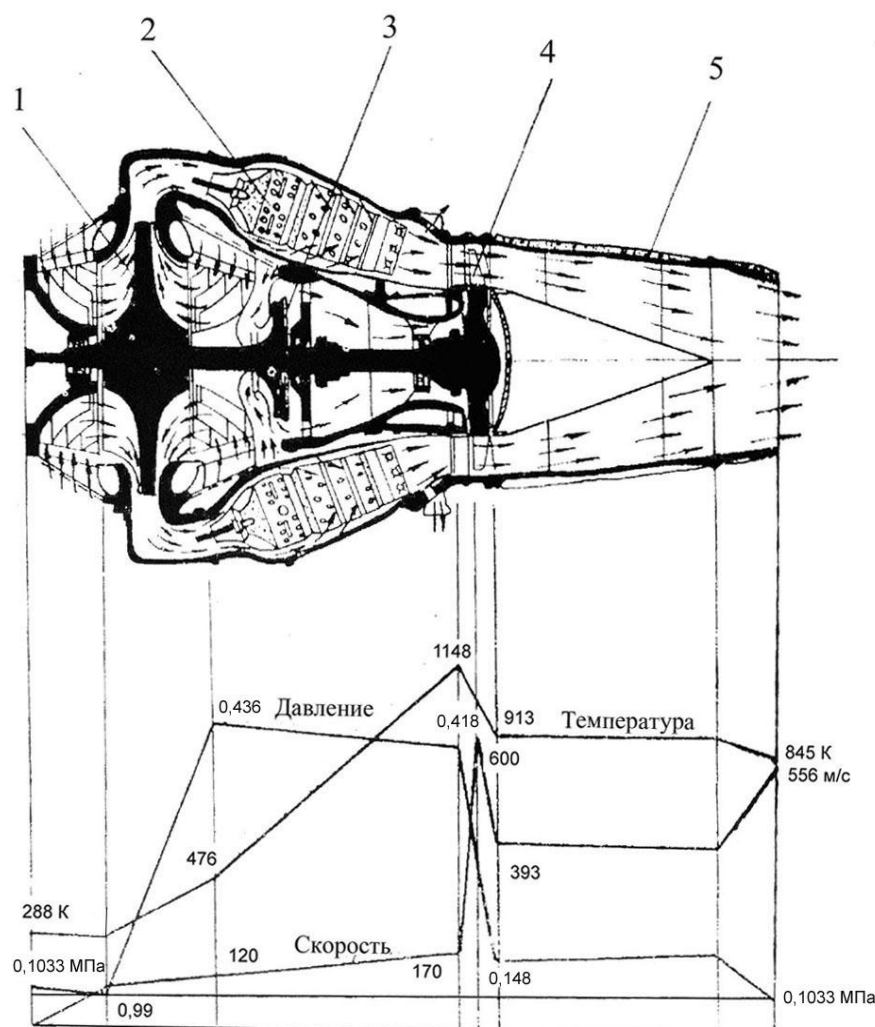


Рисунок 3.3 – Схема турбореактивного двигателя ВК-1:

- 1 – центробежный компрессор; 2 – камера сгорания;
3 – вентилятор охлаждения; 4 – турбина; 5 – реактивное сопло

Компрессор производительностью 48 кг/с сжимает воздух, поступающий в двигатель через передний и задний входные патрубки, и подает его в камеры сгорания. Степень повышения давления равна 4,2, температура воздуха за компрессором 203 °С.

В камерах сгорания воздух смешивается с распыленным топливом, поступающим через рабочие форсунки. Воспламенение смеси при запуске происходит вначале в двух из девяти камер от запальных устройств, состоящих из пусковой форсунки и электрической свечи. Пламя через соединительные патрубки камер быстро распространяется во все остальные камеры сгорания.

Энергия горячих газов используется для вращения турбины и связанных с ней при помощи трансмиссии крыльчатки компрессора, а также приводов дополнительных агрегатов двигателя и для создания реактивной тяги.

Образовавшиеся в камерах сгорания горячие газы с температурой 870°C и давлением $0,408\text{ МПа}$ поступают в патрубки газового сборника и проходят через сопловой направляющий аппарат на рабочие лопатки турбины, приводя ее во вращение. Затем горячие газы с температурой 640°C и давлением $0,148\text{ МПа}$ отводятся от турбины в реактивную трубу с сопловым насадком и со скоростью 556 м/с выбрасываются в атмосферу. Возникающая при этом реакция сил газового потока создает тягу двигателя.

Силовая несущая часть двигателя состоит из трех корпусов подшипников: переднего, среднего и заднего; корпуса компрессоров и двух ферм – передней и задней.

Большинство агрегатов двигателя смонтировано на коробке приводов, расположенной в его передней части и приводится во вращение через систему передач от переднего вала компрессора.

На рисунке 3.4. представлена конструкция двигателя.

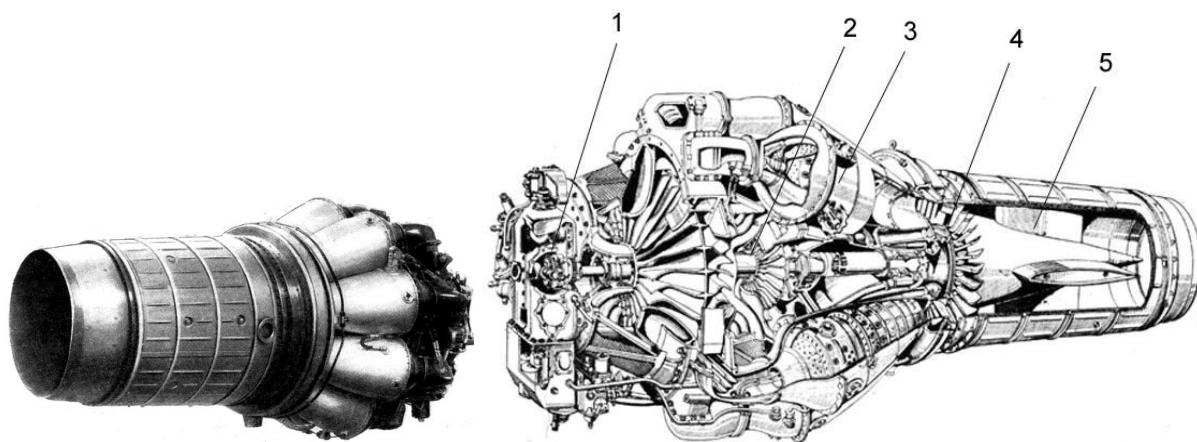


Рисунок 3.4 – Конструкция воздушно-реактивного компрессорного газотурбинного двигателя ВК-1:

1 – коробка приводов агрегатов двигателя; 2 – центробежный компрессор с двухсторонним входом воздуха; 3 – девять прямоточных камер сгорания, расположенных вокруг оси двигателя по образующим контура; 4 – одноступенчатая осевая газовая турбина; 5 – выхлопная реактивная труба с сопловым насадком

Основные данные двигателя и его элементов следующие.

Тип двигателя – турбокомпрессорный, воздушно-реактивный.

Условное обозначение – ВК-1. Конструктивная схема - одноступенчатый центробежный компрессор. Девять отдельных прямоточных камер сгорания. Одноступенчатая осевая турбина. Реактивная выхлопная труба с сопловым насадком. Коробка приводов агрегатов размещена впереди дви-

гателя. Направление вращения ротора двигателя – против часовой стрелки (если смотреть со стороны выхлопной трубы).

Компрессор – центробежный, одноступенчатый с двухсторонним входом. Крыльчатка компрессора с двумя заборниками имеет по 29 лопастей с каждой стороны. Лопаточный диффузор корпуса переходит в девять выходных патрубков. Входной патрубок камеры сгорания коленообразной формы является промежуточной деталью между корпусом компрессора и камерами сгорания.

Камеры сгорания – прямоточные, конические, с литыми горловинами, сварными кожухами и жаровыми трубами. Завихрители лопаточного типа. Камеры расположены по окружности вокруг корпусов среднего и заднего подшипников и сообщены между собой соединительными патрубками. Топливо, скопившееся в камерах сгорания при неудачных запусках, по дренажному трубопроводу подводится к дренажному клапану и удаляется в атмосферу.

Турбина – осевая, одноступенчатая с 62 рабочими лопатками и 54 лопатками соплового аппарата. Средняя степень реактивности турбины 0,37. Направляющий аппарат турбины представляет собой кольцевой набор из направляющих лопаток, заключенных между наружной и внутренней обоймами. Рабочее колесо турбины включает в себя диск и рабочие лопатки. Хвосты лопаток "елочного" типа.

Трансмиссия двигателя – состоит из ротора компрессора, ротора турбины, соединительной муфты, связывающей через шаровое соединение оба ротора, и корпусов подшипника: переднего, среднего и заднего. Передний и задний подшипники – роликовые, средний – шариковый, фиксирует ротор турбины в осевом направлении и воспринимает осевое усилие турбины.

Выхлопная система – длина и форма удлинительной выхлопной трубы меняется в зависимости от требования установки двигателя на самолете. Реактивное сопло не регулируемое, диаметром 538-554 мм. Максимальная температура выхлопных газов на взлетном режиме не выше 720 °С. Топливо – керосин Т-1 по ГОСТ4138-49 с добавкой 1 % масла МС-20 или МК-22. Плотность топлива 0,800-0,850 г/см³.

3.3. Состав систем, обеспечивающих работу ГТД ВК-1

Работу ГТД обеспечивают следующие системы [5,6]: топливная; смазки; охлаждения; запуска и контроля.

Топливная система двигателя.

Топливные насосы ПН-3ФК и ПН-2ФК. Тип насосов – плунжерный, переменной производительности. Плунжеры расположены во вращающемся роторе. Подача регулируется наклонной шайбой. Каждый насос имеет ограничитель максимальных оборотов мембранного типа и ограничитель

максимального давления. Давление топлива за топливным фильтром перед насосами 0,069-0,103 МПа. Давление топлива за насосами на крейсерском режиме 9 МПа. Производительность одного насоса 2350 л/ч.

Барометрический регулятор – БР-2Ф автоматически поддерживает требуемое давление в топливной системе, путем воздействия на сервомеханизмы топливных насосов.

Дроссельный кран ДК-2 – является дозирующим устройством топливной системы, при помощи которого осуществляется ручное управление двигателем. Кран имеет дозирующую иглу с реечным приводом от рычага управления двигателя и клапан регулирования расхода топлива на режиме малого хода.

Распределитель топлива АРТ-1К – предназначен для автоматического включения основной магистрали топливной системы, после того, как в магистрали малого газа будет достигнуто давление, обеспечивающее хороший распыл в рабочих форсунках. В конструкцию распределителя включен стоп-кран с ручным приводом, прекращающий доступ топлива к форсункам при остановке двигателя.

Форсунка – с центробежным распылом топлива, осуществляемым через два самостоятельных концентричных канала. На малых расходах топлива работает один канал, на больших вступает в работу второй канал (основной).

Работа агрегатов топливной системы следующая.

В системе питания двигателя топливные агрегаты расположены по следующей схеме: топливный бак, подкачивающий насос, фильтр, насосы высокого давления с подводом топлива к барометрическому регулятору, дроссельный кран, стоп-кран, распределитель, коллекторы, рабочие форсунки.

Параллельно с основной системой подключена пусковая система, состоящая из пускового электронасоса и двух пусковых форсунок. Воспламенение распыленного пусковой форсункой топлива производится искровой свечей, расположенной в корпусе форсунки.

Система охлаждения.

Назначение системы воздушного охлаждения – отвод тепла от среднего и заднего подшипников и диска турбины, а также для поддува воздухом лабиринтов средней и задней опор.

Система воздушного охлаждения состоит из центробежного вентилятора и системы полостей. Крыльчатка вентилятора с односторонним входом воздуха имеет 29 радиальных лопастей, монтируется посредством шлицевого соединения на заднем валу компрессора.

Система смазки.

Для смазки двигателя используется трансформаторное масло по ГОСТ 982-43 с добавкой 0,05 - 0,1 % стеариновой кислоты.

Схема масляной системы приведена на рисунке 3.5.

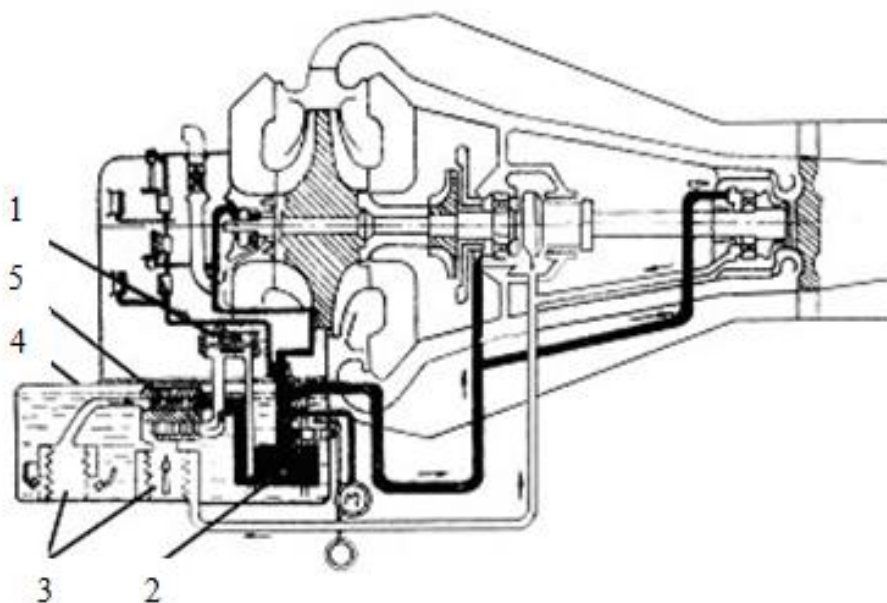


Рисунок 3.5 – Масляная система ГТД ВК-1:

1 – воздухоотделитель; 2 – фильтры высокого давления; 3 – фильтры низкого давления;
4 - коробка масляных насосов; 5 – нагнетающий и откачивающий насосы

В систему смазки входят следующие элементы.

1. Коробка масляных насосов.
2. Нагнетающий и откачивающий насосы.
3. Трубопроводы и каналы маслосистемы.
4. Форсунки подачи масла к местам смазки.

Коробка масляных насосов служит одновременно маслосборником и маслобаком. Шестеренчатые насосы выполнены в одном блоке и помещаются в верхнем колодце коробки.

Верхний насос является нагнетающим, нижний – откачивающим. В коробке масляных насосов расположены два фильтра низкого давления и один фильтр высокого давления. Отработанное масло через фильтр низкого давления поступает в откачивающий насос. Оттуда масло поступает в центробежный воздухоотделитель и затем в полость коробки приводов. Из полости коробки, через фильтр низкого давления масло поступает в нагнетающий насос, откуда через фильтр высокого давления масло поступает к разбрызгивающим форсункам на смазку подшипников. Емкость всей масляной системы равна 6 л.

Системы запуска и контроля за работой двигателя.

Предназначены для раскрутки двигателя до заданного числа оборотов, зажигания смеси в камерах сгорания и контроля за основными параметрами двигателя: оборотами, температурой газов в реактивной трубе, температурой и давлением масла и давлением топлива.

В систему запуска двигателя входят:

Стартер типа Ст-2-48. Представляет собой электродвигатель постоянного тока и предназначается для раскрутки двигателя от 2-х аккумулятор-

ных батарей напряжением 24 В с автоматическим переключением батарей в середине цикла с параллельного соединения на последовательное, т.е. на напряжение 48 В.

Автомат времени АВП-3А, коробка пуска стартера КПС-48 и переключающий контактор батарей КП-2 автоматически управляют циклом запуска стартера. Катушка зажигания КР-1 служит для получения искрового разряда на электродах свечи и воспламенения рабочей смеси в камерах сгорания двигателя. Реле пускового насоса и зажигания служит для включения напряжения на мотор пускового насоса.

Для зарядки аккумуляторных батарей служит генератор постоянного тока мощностью от 3 до 9 кВт. Напряжение генератора поддерживается регулятором напряжения в пределах 5...30 В.

Реле управления генератором предназначается для включения генератора на зарядку аккумуляторных батарей.

К системе приборов контроля двигателя относятся: следующие элементы.

1. Электрический дистанционный тахометр с датчиком – генератором.
2. Термометр выходящих газов.
3. Трехстрелочный электрический моторный индикатор замера температуры и давления топлива.
4. Электрический дистанционный манометр для замера низкого давления топлива.
5. Сигнализатор давления топлива на магистрали низкого давления топлива (за фильтром).

3.4. Режимы работы турбоагрегата и судна

Различают следующие режимы работы турбоагрегата:

- расчетный;
- переменные;
- переходные.

Под расчетным понимают режим, при котором обеспечивается максимальная, неограниченная во времени скорость судна при сохранении в процессе эксплуатации всех расчетных параметров турбоагрегата и судна.

К переменным относятся режимы: перегрузочный, частичных нагрузок и заднего хода. Они характеризуются постоянством во времени параметров рабочего процесса, т.е. являются установившимися.

Переходный режим соответствует переходу установки от одного состояния к другому. Характеризуются нестационарностью происходящих процессов. К ним относятся: пуск, прием и сброс нагрузки, реверс и остановка двигателя.

Регулирование мощности ГТД производится изменением подачи топлива в камеру сгорания. Это в свою очередь, вызывает изменение расхода и параметров рабочего тела, изменение надежности и экономичности двигателя. Под надежной работой ГТД понимают отсутствие заброса температур, помпажа, срыва пламени в камере сгорания и т.д. [7,8].

Маневренные свойства энергетической установки оцениваются временем перехода от одного установившегося режима работы к другому.

3.5. Порядок выполнения работы и оформления отчета

В процессе выполнения работы необходимо изучить и выполнить следующее.

1. Конструкцию и принцип действия элементов газотурбинного двигателя.
2. Состав, назначение и принцип действия систем, обслуживающих установку.
3. Осуществить анализ цикла двигателя и режимов его работы.

Отчет оформляется в соответствии с правилами ЕСКД и должен содержать следующее.

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Краткое описание конструкции и принципа действия двигателя.
3. Схему и описание масляной и топливных систем.
4. Структурную схему ГТД.
5. Анализ режимов работы двигателя.
6. Выводы.

3.6. Примеры контрольных вопросов

1. Охарактеризуйте основные элементы ГТД.
2. Охарактеризуйте основные элементы топливной системы.
3. Охарактеризуйте систему охлаждения, смазки и запуска двигателя.
4. Перечислите приборы контроля двигателя.
5. По какому циклу работает двигатель?
6. К какому типу относится масляная система двигателя циркуляционной гравитационной или циркуляционной напорной?

Лабораторная работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА, КОНСТРУКЦИИ, ОСНОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГАЗОТУРБОГЕНЕРАТОРА НА БАЗЕ ГТД-3Ф И ЕГО СИСТЕМ

Цель работы: изучение конструкции первичного двигателя судового газотурбогенератора на базе ГТД-3Ф, его узлов, систем, основных показателей и критериев работоспособности.

4.1. Судовые газотурбогенераторы. Общие сведения

На каждом судне имеются многочисленные потребители электроэнергии – электродвигатели механизмов, нагревательные и осветительные приборы, средства автоматики, судовождения и связи, различающиеся между собой характером нагрузки, родом потребляемого тока, режимами работы. Для привода электрогенераторов судовой электростанции (СЭС) используются различные вспомогательные двигатели (ДВС, ГТД, ПТУ). Вспомогательные двигатели совместно с генераторами представляют собой единый агрегат, который монтируется на общей фундаментной раме.

Газотурбогенераторы (ГТГ) находят применение на специальных судах и морских сооружениях (плавучие электростанции, суда с динамическими принципами поддержания, морские платформы) в связи с хорошими массогабаритными показателями. Диапазон мощности ГТГ довольно широкий: от 20 кВт (для аварийных электростанций) до 12 МВт (для генераторов плавучих электростанций). Параметры ГТГ зависят от их мощности. При мощности до 400 кВт ГТГ имеют компактную компоновочную схему, включающую одноступенчатый центробежный компрессор, камеру сгорания, одну центростремительную или несколько осевых турбин, редуктор и генератор. Удельная масса ГТГ в таких агрегатах небольшая (0,6 - 2,0 кг/кВт), но наличие редуктора и генератора увеличивает относительную массу ГТГ до 5 - 8 кг/кВт.

Газотурбогенераторы мощностью выше 1000 кВт выполняют по другим компоновочным схемам: с многоступенчатыми осевыми компрессорами и турбинами. Они имеют оптимальные значения степени повышения давления воздуха (14÷18) и более высокий КПД, достигающий у лучших двигателей 33÷35%. Относительная масса ГТГ большой мощности 3÷8 кг/кВт, причем большая часть массы агрегата приходится на редуктор, генератор и фундаментную раму. На судах целесообразно применять ГТГ в случае утилизации теплоты выпускных газов ГТД и получения на этой основе водяного пара. Структурная схема такой газотурбинной установки (ГТУ) представлена на рисунке 4.1.

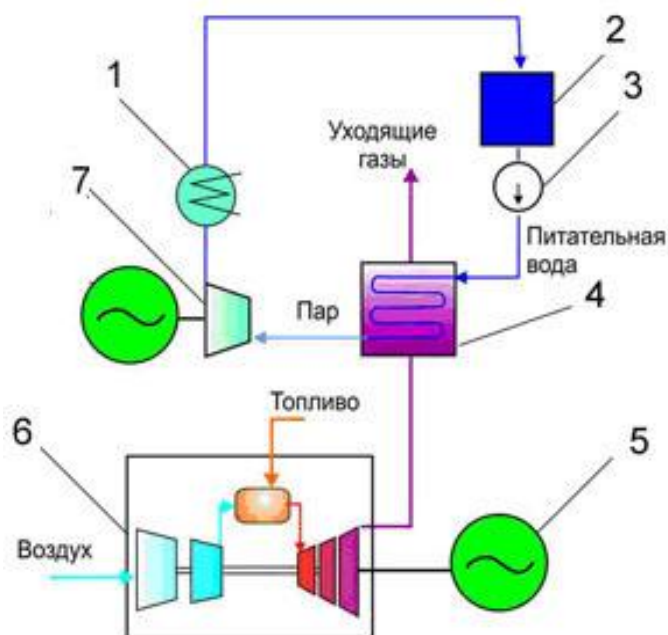


Рисунок 4.1 – Структурная схема ГТД сложного цикла с теплоутилизационным контуром (ТУК):

- 1 – конденсатор; 2 – резервуар питательной воды; 3 – питательный насос;
4 – котел-утилизатор; 5 – генератор; 6 – ГТД; 7 – паровая турбина

На судах чаще всего применяются электрогенераторы переменного трехфазного тока с частотой 50 Гц. Они выполняются с самовозбуждением или имеют возбудитель в виде навешенного агрегата, расположенного на одном валу с генератором. Судовые электрогенераторы могут быть выполнены с двумя опорными подшипниками и полужесткой муфтой для соединения с двигателем или с одним опорным подшипником и жесткой муфтой, соединяющей генератор с двигателем или редуктором. Воздух для охлаждения подается с помощью центробежных вентиляторов, встроенных в корпус генераторов и расположенных по торцам ротора. Ресурс электрогенераторов определяется надежностью работы подшипников.

На некоторых судах (рыбопромысловых, технического флота) используются электрогенераторы постоянного тока, которые имеют массу на 25 - 30 % больше, а КПД – на 3 - 6 % меньше, чем генераторы переменного тока. Генераторы постоянного тока обычно обеспечивают потребителей электроэнергией, для которых требуются большие пусковые моменты и быстрый реверс (траловые лебедки на промысловых и грузовые лебедки на буровых и геолого-разведочных судах).

4.2. Назначение и состав газотурбогенераторной установки

Газотурбогенератор предназначен для преобразования потенциальной энергии газа, полученной от сжигания топлива, в механическую работу турбины с последующим ее преобразованием в электрическую.

Газотурбогенераторная установка (рисунок 4.2) служит для снабжения судовых механизмов и устройств электроэнергией и состоит из газотурбинного двигателя, редуктора и электрогенератора, смонтированных на одной раме. Отработавший в ГТД газ через выхлопную трубу поступает в атмосферу.

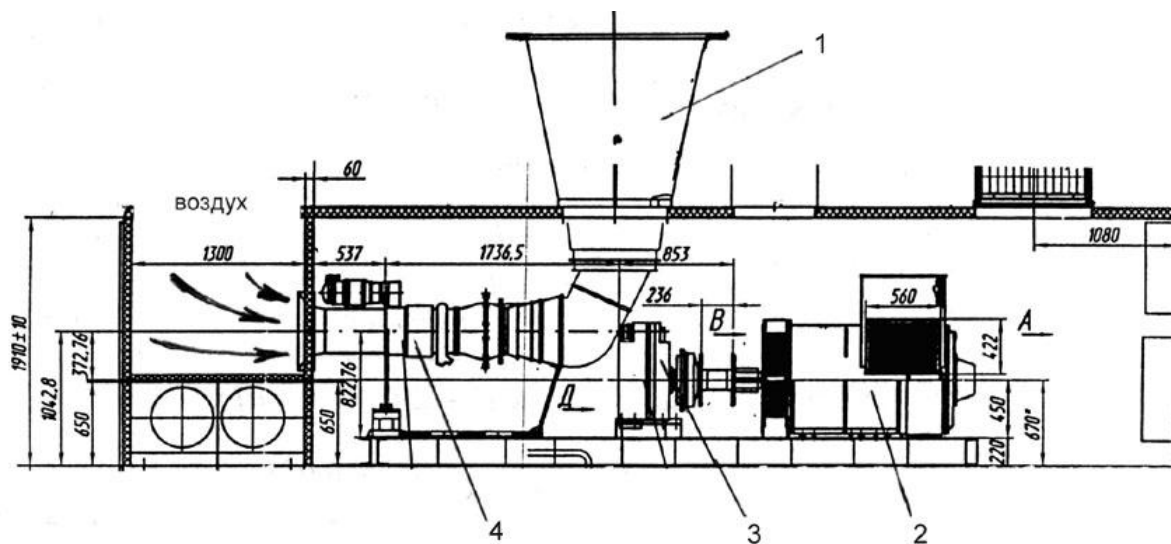


Рисунок 4.2 – Газотурбогенераторная установка:

1 – выхлопная труба; 2 – электрогенератор; 3 – редуктор; 4 – газотурбинный двигатель

4.3. Конструкция газотурбинного двигателя и его элементов

Газотурбинный двигатель ГТД-3Ф является турбовинтовым. Вырабатываемая энергия двигателем передается через трансмиссии и редуктор на электрогенератор. Двигатель состоит из следующих основных узлов и систем.

1. Лобового картера.
2. Компрессора.
3. Камеры сгорания.
4. Компрессорной турбины.
5. Свободной турбины.
6. Топливной системы.
7. Системы запуска.
8. Системы смазки двигателя.
9. Противообледенительной системы.

Конструкция двигателя – двухвальная, с семиступенчатым осецентрированным компрессором, двухступенчатой осевой компрессорной турбиной, одноступенчатой свободной турбиной (рисунок 4.3). Направление вращения роторов, если смотреть на двигатель со стороны турбины: компрессора – левое, свободной турбины – правое.

Компрессор, производительностью 4,65 кг/с, повышает давление воздуха в 6,5 раз и подает его в камеру сгорания.

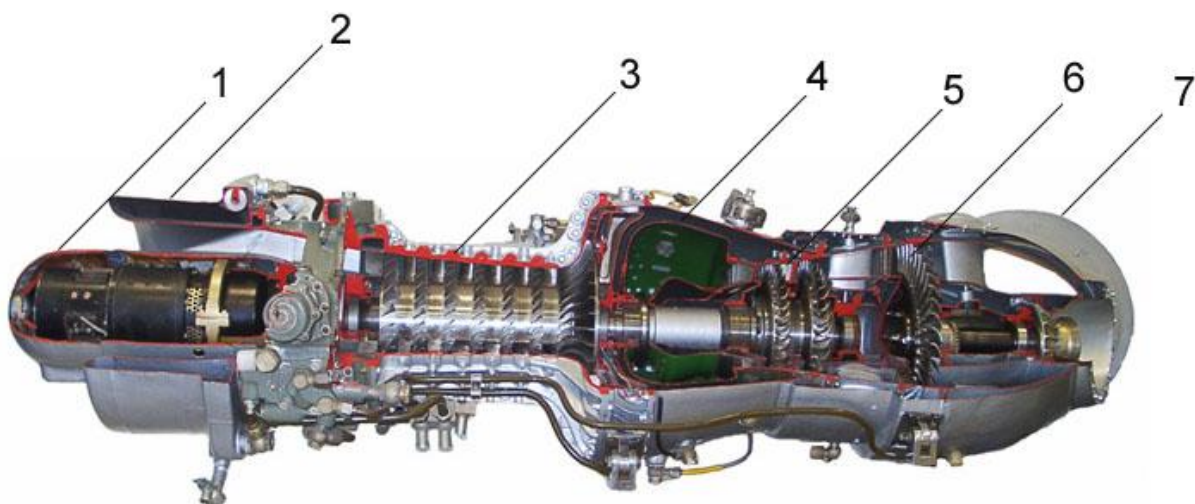


Рисунок 4.3 – Конструкция двигателя ГТД-3Ф:

1 – пусковой электродвигатель; 2 – воздухозаборник; 3 – осецентробежный компрессор; 4 – камера сгорания; 5 – турбина компрессорная; 6 – турбина свободная для привода электрогенератора; 7 – патрубок выхлопной

В камере сгорания воздух смешивается с распыленным топливом, поступающим через рабочую вращающуюся форсунку. Воспламенение смеси при запуске происходит от запального устройства, состоящего из пусковой форсунки и электрической свечи, образовавшиеся в камере сгорания газы при температуре $869\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении $0,635\text{ МПа}$ поступают в турбину компрессора (степень понижения давления $2,83$), а затем на свободную турбину (степень понижения давления $1,98$) со шлицевым валом.

Номинальная частота вращения компрессорной турбины 430 с^{-1} , частота вращения свободной турбины на всех режимах 320 с^{-1} .

Лобовой картер служит для размещения переднего шарикоподшипника ротора компрессора и для установки приводов агрегатов, обслуживающих двигатель. Установленные спереди бак и обтекатель стартер-генератора совместно с корпусом картера образуют кольцевой канал для входа воздуха в компрессор (воздухозаборник). Впереди к корпусу лобового картера крепится стартер-генератор.

Компрессор (рисунок 4.4) – осецентробежный, семиступенчатый (последняя ступень – центробежная).

Ротор компрессора барабанно-дисковой конструкции. Соединение лопаток с дисками ротора осуществляется с помощью замков типа "ласточкин хвост". Передний подшипник – шариковый, задний – роликовый.

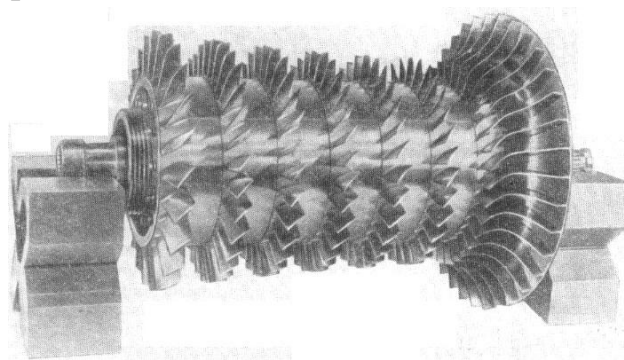


Рисунок 4.4 – Ротор осецентробежного семиступенчатого компрессора ГТД-3Ф

Статорные лопатки в корпусе закреплены консольно при помощи цилиндрических хвостиков с резьбой, которые входят в радиальные отверстия корпуса и затем затягиваются гайками.

Камера сгорания – кольцевая с вращающейся центробежной форсункой открытого типа. Состоит из силового корпуса, наружного и внутреннего кожухов (рисунок 4.5).

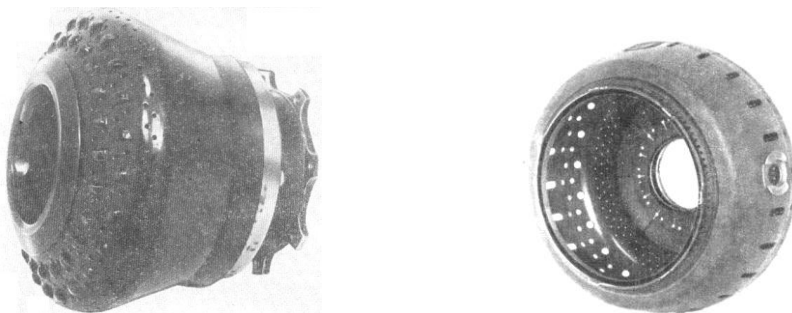


Рисунок 4.5 – Наружный и внутренний кожух кольцевой камеры сгорания ГТД-3Ф

На силовом корпусе установлены два запальных устройства, состоящих из топливной форсунки и свечи, дренажный клапан и автоматически работающий клапан перепуска воздуха за компрессором.

Подвод топлива во вращающуюся форсунку осуществляется через топливные отверстия в неподвижной лабиринтной втулке.

Компрессорная турбина (рисунок 4.6) – двухступенчатая, осевая служит для привода компрессора и агрегатов.

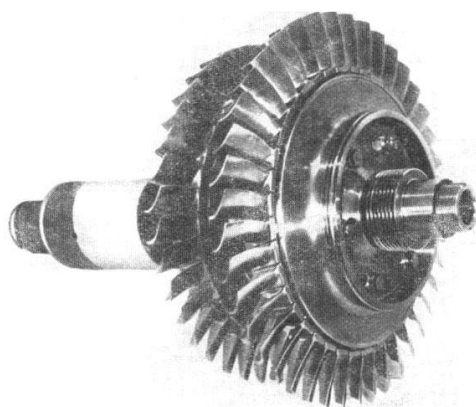


Рисунок 4.6 – Компрессорная турбина ГТД -3Ф

Турбина состоит из ротора, сопловых аппаратов первой и второй ступени и корпуса турбины с корпусом подшипника. Передней опорой ротора является цилиндрическая шейка заднего вала компрессора. Задней - роликовый подшипник. Осевые усилия ротора турбины передаются замком "пушечного" типа ротору компрессора. Соединение рабочих лопаток с дисками осуществляется с помощью замков "елочного" типа, охлаждаемых воздухом. Сопловой аппарат первой ступени состоит из 21 полый лопатки, приваренных к наружному кольцу. Внутри лопаток проходит воздух в первичную зону горения камеры сгорания. Сопловой аппарат второй ступени наборной, неохлаждаемый. Силовые элементы корпуса защищены от действия высоких температур экранами, под которыми циркулирует охлаждающий воздух.

Внутри лопаток проходит воздух в первичную зону горения камеры сгорания. Сопловой аппарат второй ступени наборной, неохлаждаемый. Силовые элементы корпуса защищены от действия высоких температур экранами, под которыми циркулирует охлаждающий воздух.

Свободная турбина – осевая, одноступенчатая. Состоит из ротора, соплового аппарата, корпуса турбины и корпуса подшипников. Передний подшипник шариковый, задний – роликовый, сопловые лопатки приварены к наружному кольцу. На корпусе турбины имеется привод для регулятора числа оборотов и подкачивающего насоса. Для охлаждения ротора, подшипниковых опор и других деталей свободной турбины на конце вала ротора установлен центробежный вентилятор. На шлицевом вале ротора устанавливается муфта. Полость, образованная кожухом и горячими частями двигателя, продувается наружным воздухом от отдельно расположенного вентилятора. Свободная турбина через специальную муфту, трансмиссию и редуктор передает мощность на электрогенератор.

4.4. Системы двигателя ГТД-3Ф

Топливная система и система автоматического регулирования (рисунок 4.7) предназначены для автоматического запуска двигателя и регулирования подачи топлива на установившихся и переходных режимах его работы.

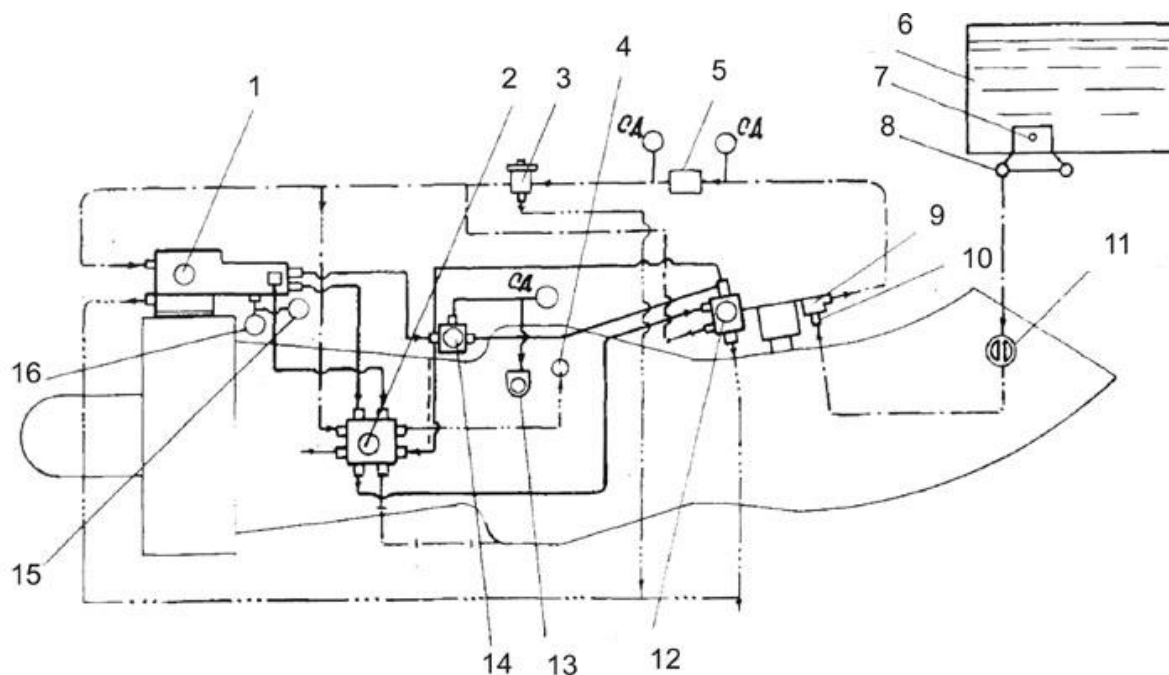


Рисунок 4.7 – Схема топливной системы ГТД-3Ф:

- 1 – насос-регулятор; 2 – автомат запуска и разгона; 3 – клапан постоянного давления;
- 4 – запальное устройство; 5 – фильтр тонкой очистки; 6 – топливный бак; 7 – фильтр
- грубой очистки топлива; 8 – подкачивающий центробежный насос; 9 – насос подкачки;
- 10 – штуцер подвода топлива к двигателю; 11 – пожарный кран; 12 – основной
- регулятор; 13 – основная форсунка; 14 – кран аварийного управления;
- 15, 16 – сигнализатор давления

Топливная система включает в себя: топливные баки, подкачивающие насосы, фильтр грубой очистки, установленные на судне или вертолете и, установленные на двигателе подкачивающий насос, фильтр тонкой очистки, клапан постоянного давления, топливный насос-регулятор, автомат запуска и разгона, регулятор оборотов свободной турбины, кран аварийного управления топливом, форсунки запальных устройств, центробежную форсунку и трубопроводы.

Система запуска обеспечивает запуск от аккумуляторов.

Система включает в себя: стартер-генератор, катушки зажигания, пусковые свечи, сигнализатор давления и, установленные отдельно, автоматическую панель пуска стартер-генератора, регулятор напряжения, выносное сопротивление, автомат защиты от перенапряжения, комплексный аппарат, контакторы, кнопки, выключатели, переключатели и электропроводку.

Система смазки (рисунок 4.8) состоит из маслобака, маслонасоса, имеющего одну нагнетающую и четыре откачивающих ступеней, фильтров грубой и тонкой очистки, центробежного суфлера, трубопроводов, установленных на двигателе и маслорадиаторе, установленного отдельно.

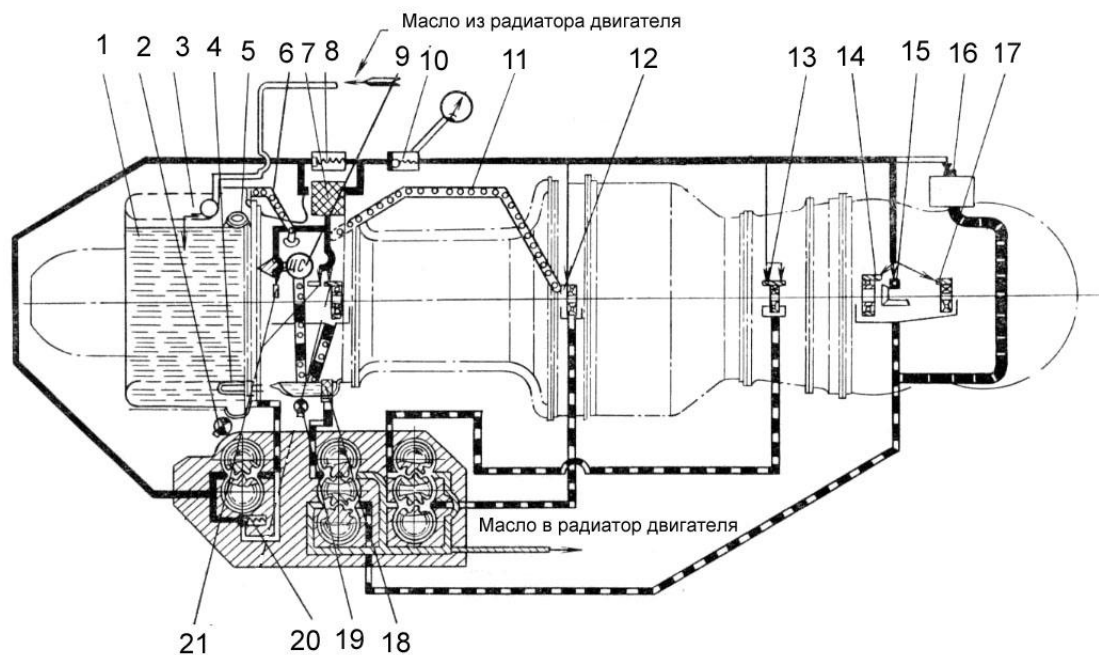


Рисунок 4.8 – Схема системы смазки ГТД-3Ф:

- 1 – масляный бак; 2 – сливной кран; 3 – воздухоохладитель; 4 – датчик замера температуры масла; 5 – заливная горловина и мерная линейка; 6 – суфлирующая магистраль от маслобака к лобовому картеру; 7 – фильтр тонкой очистки; 8 – перепускной клапан; 9 – центробежный суфлер; 10 – клапан отсечной; 11 – манометр; 11 – суфлирующая магистраль по заднего подшипника компрессора к лобовому картеру; 12 – жиклеры заднего подшипника компрессора; 13 – жиклеры подшипника турбины компрессора; 14 – жиклеры переднего подшипника свободной турбины; 15 – жиклер для смазки конических шестерен свободной турбины; 16 – жиклер для смазки коробки приводов свободной турбины; 17 – жиклеры заднего подшипника свободной турбины; 18 – фильтр грубой очистки; 19 – сливной кран; 20 – редукционный клапан; 21 – жиклеры для смазки шестерен в лобовом картере

Противообледенительная система предназначена для предотвращения образования льда на элементах входного устройства двигателя в условиях низких температур и большой влажности воздуха. Система включает в себя: обогрев входной части и внутренней поверхности маслобака; обогрев обтекателя и стоек обтекателя стартер-генератора электрическим нагревательным элементом; обогрев лопаток входного направляющего аппарата компрессора горячим воздухом.

4.5. Основы технического обслуживания и эксплуатации ГТД-3Ф

Проверка исправности оборудования, надежности креплений и соединений трубопроводов.

Перед каждым пуском необходимо проверить (визуально) следующее.

1. Крепление двигателя, состояние подвески.
2. Состояние двигателя и навешанного оборудования.
3. Состояние и крепление трубопроводов топливной и масляной систем.
4. Плотность закрытия крышек наливной втулки и вентиляционных патрубков запасных цистерн.
5. Состояние огнетушителей.
6. Состояние и чистоту воздухоприемного устройства двигателя.
7. Слить отстой из маслобаков и маслорадиаторов и убедиться в отсутствии воды.
8. Слить отстой из фильтра-сепаратора топливной системы.
9. Проверить уровень масла в маслобаке и, при необходимости, произвести его дозаправку.

Подготовка к пуску. Перед пуском двигателя необходимо следующее.

1. Освободить двигатель от чехлов и заглушек, закрыть все лючки.
2. Убедиться в отсутствии посторонних предметов вблизи двигателя.
3. Включить все автоматы защиты сети на пульте механика.
4. Открыть топливный кран расходной цистерны, включить подкачивающий насос и открыть топливный кран запускаемого двигателя.
5. Система пуска двигателя дистанционная, автоматическая с пульта механика, установленного в лаборатории. Запуск двигателя осуществляется автоматически с помощью пусковой панели путем установки всех переключателей в положение «Запуск».

При запуске двигателя необходимо кратковременно на 2-3 с нажать на кнопку «Запуск», после чего на пусковой панели должны загореться сигнальная лампа «Работа панели», а спустя 4 секунды – сигнальная лампа «Стартер включен», и двигатель автоматически за 45 - 60 с должен выйти на режим холостого хода, которому соответствуют параметры:

- число оборотов турбокомпрессора (ТК) – 65 - 70 %;

- обороты свободной турбины (ТС) двигателя винта 70 - 80 %; давление масла на входе в маслосистему ТК не менее 2 кг/см^2 ;

- давление масла на входе в маслосистему ТС не менее 2 кг/см^2 .

В процессе запуска двигателя необходимо контролировать:

- давление масла на входе в маслосистему ТК, которое должно появиться при оборотах ТК $n_{\text{ТК}} = 18 \%$;

- давление масла на входе в маслосистему ТС;

- отключение стартера, которое происходит автоматически на оборотах ТК - $n_{\text{ТК}} = 41\% \pm 1.5 \%$. и если стартер не отключился до $n_{\text{ТК}} = 45 \%$, отключить его вручную нажатием на кнопку «Прекращение запуска»;

- максимальную температуру газов за турбиной компрессора (не более 530°C);

- нарастание оборотов ТК.

Если во время запуска имеется зависание оборотов (обороты ТК не меняются в течение 10 - 20 с), запуск прекратить.

Аварийное прекращение запуска производится в следующих случаях:

- отсутствие показаний на приборах, контролирующих параметры двигателя на запуске;

- температура газа за турбиной компрессора более 530°C ;

- отсутствие роста температуры газа в течение 10...15 с работы стартера;

- отсутствие давления масла в системах смазки ТК или ТС.

Обслуживание и наблюдение за механической установкой на ходу.

На ходу необходимо производить наблюдение за:

- работой двигателя по приборам контроля на пульте механика;

- уровнем масла в маслобаках – по световым сигналам;

- расходом топлива – по световым табло на пульте механика и указателю расходомера.

После остановки двигателя необходимо следующее.

1. Закрыть все топливные краны.

2. Закрыть заслонки маслорадиаторов.

3. Выключить электропитание пульта управления.

4. Установить заглушки в выхлопные патрубки двигателя.

5. При необходимости произвести промывку двигателя руководствуясь «Временной инструкцией по промывке проточной части двигателя ГТД-3Ф.

Обслуживание двигателя после остановки производить, руководствуясь главой 5 «Временной инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию двигателя ГТД-3Ф».

4.6. Порядок выполнения работы и оформления отчета

В процессе выполнения работы необходимо изучить следующее.

1. Конструкцию элементов двигателя.
2. Состав, конструкцию и принцип действия систем, обслуживающих ГТД 3Ф.
3. Ознакомиться с основами технического обслуживания и эксплуатации ГТД.
4. Произвести «холодную» прокрутку двигателя.

Отчет оформляется в соответствии с правилами ЕСКД и должен содержать следующее.

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Краткое описание конструкции ГТД.
3. Структурную схему двигателя.
4. Схемы систем, обслуживающих двигатель, и краткое их описание.
5. Краткое описание мероприятий по обслуживанию и запуску двигателя.
6. Выводы.

4.7. Примеры контрольных вопросов

1. Каково назначение элементов газотурбогенератора?
2. Какой принцип работы ГТД-3Ф?
3. Привести структурную схему двигателя.
4. Какие системы обслуживают работу ГТД-3Ф?
5. Какие элементы входят в состав масляной системы?
6. Что такое помпаж двигателя?
7. Причины возникновения помпажа.
8. С какой целью осуществляется промывка проточной части компрессора и турбины?
9. Какие мероприятия необходимо осуществить после остановки двигателя?

Лабораторная работа № 5

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА, КОНСТРУКЦИИ СУДОВОГО ДИЗЕЛЬГЕНЕРАТОРА НА БАЗЕ ДГ 50-1

Цель работы: изучение состава, конструкции элементов судовой дизель-генераторной установки, его узлов и деталей, основных показателей и критериев работоспособности, а также ознакомление с основами ее технического обслуживания и эксплуатации.

5.1. Основные технические характеристики дизель-генератора ДГ 50-1

Лабораторная работа выполняется на тренажере дизель-генератор ДГ 50-1 в лаборатории судовых ДВС и компрессоров.

Дизель-генератор ДГ 50-1 состоит из дизеля 6Ч 12/14 (заводская марка – дизель К-457, установленный в лаборатории) и генератора ДГС 92-4, установленных на одной фундаментной раме (рисунок 5.1).

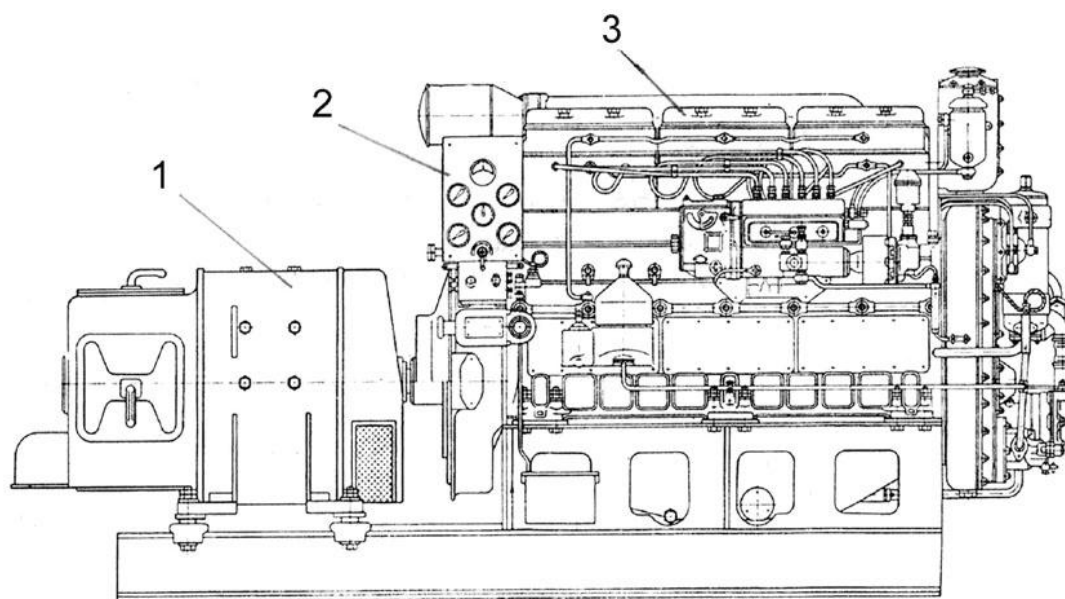


Рисунок 5.1 – Общий вид дизельгенератора ДГ 50-1:
1 – генератор; 2 – пульт управления; 3 – дизель

Для зарядки аккумуляторных батарей на дизеле К-457 установлены зарядный генератор, реле-регуляторная коробка, вольтамперметр с шунтом и автомат возбуждения. Дизели в составе дизель-генератора могут быть автоматизированы.

Технические характеристики дизель-генератора ДГ 50-1:

- мощность номинальная, кВт – 50;
- тип генератора – ДГС 92-4;

- напряжение, В – 115, 230;
- род тока – постоянный;
- время необслуживаемой работы (с проверкой и доливом масла через 12 ч), ч – 24;
- масса, не более, кг – 2100.

В эксплуатацию дизель-генератор поступает укомплектованным и готовым к работе.

5.2. Основные технические характеристики дизеля К-457

Дизели ряда 6Ч 12/14 (К-457) являются шестицилиндровыми, четырехтактными, неревверсивными, однорядными, вертикальными двигателями внутреннего сгорания и имеют следующие характеристики:

- | | |
|--|----------------|
| – номинальная мощность, кВт | – 59; |
| – частота вращения коленчатого вала, с^{-1} (об/мин) | – 25 (1500); |
| – удельный расход топлива, $\text{кг/кВт}\cdot\text{ч}$ | – 0,238; |
| – удельный расход масла, $\text{г/кВт}\cdot\text{ч}$ | – 3,4; |
| – минимально устойчивая частота вращения, с^{-1} (об/мин) | – 11,67 (700); |
| – порядок работы цилиндров | – 1-5-3-6-2-4 |

Для работы дизелей ряда 6Ч 12/14 в качестве основного применяется дизельное топливо марок ДС, ДА, ДЛ, ДЗ ГОСТ 4749-73.

Масло моторное М10В ТУ 38.00.170-72 или М12В МРТУ 38.1.257-67. В качестве заменителя: ДП-11 ГОСТ 5304-54.

Масса дизеля – 1200 кг.

5.3. Конструкция дизеля К-457

Дизель К-457 состоит из блока цилиндров 1, кривошипно-шатунного механизма, головок (крышек) цилиндров 2, механизма газораспределения, топливной аппаратуры и регулятора 11, воздушного 3 и газовыхлопного коллектора. Общий вид дизеля представлен на рисунке 5.2.

Блок цилиндров является основной деталью остова двигателя, отлит из чугуна, цельный.

Блок цилиндров (рисунок 5.3) имеет шесть вставных втулок цилиндров 14, которые охлаждаются водой, циркулирующей в полости 6. Подшипники распределительного вала 12 закреплены в поперечных стойках блока.

Нижняя поверхность блока цилиндров находится ниже оси коленчатого вала. Вдоль стенок по обеим сторонам расположены лапы, с помощью которых дизель крепится к фундаментной раме 10.

К нижней части блока крепится поддон (картер) 11 в котором находится масло для смазки двигателя.

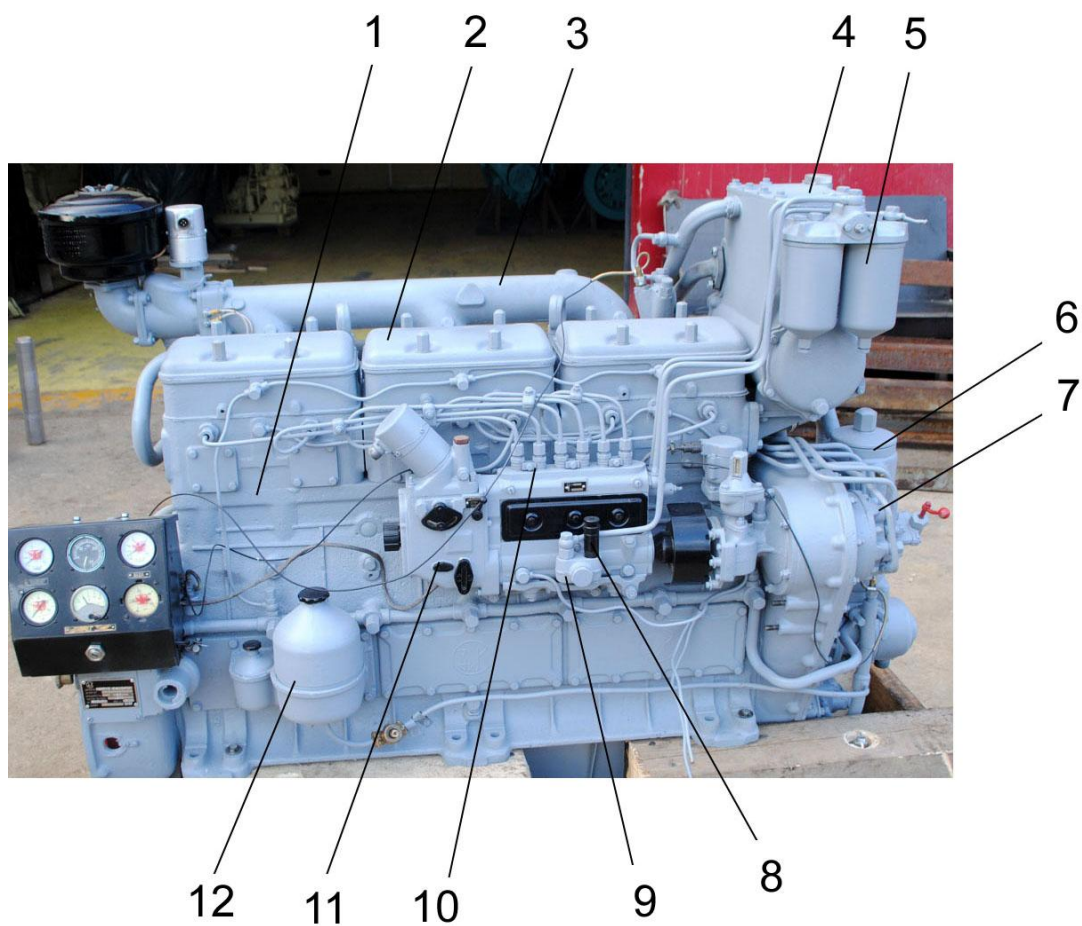


Рисунок 5.2 – Общий вид дизеля 6Ч 12/14:

1 – блок цилиндров; 2 – головки (крышки) цилиндров; 3 – воздушный коллектор; 4 – расширительный бачок; 5 – топливный фильтр тонкой очистки; 6 – масляный фильтр-холодильник; 7 – воздухораспределитель системы запуска; 8 – топливный насос ручной подкачки; 9 – подкачивающий топливный насос; 10 – плунжерные топливные насосы высокого давления; 11 – регулятор частоты вращения; 12 – центрифуга

Для доступа к подвижным деталям дизеля в нижней части боковых продольных стенок блока предусмотрены люки, которые при работе дизеля закрыты крышками.

На продольной стенке блока расположены приливы для крепления кронштейна топливного насоса 13. Втулки цилиндров 14 имеют в верхней части бурт, которым опираются на верхнюю полку блока. На внешней поверхности втулки имеются два пояса утолщений.

Верхний пояс (под буртом) центрирует втулку в отверстии верхней полки блока. На нижнем поясе имеются две кольцевые выточки для уплотняющих полость охлаждения резиновых колец, обеспечивающих герметичность при тепловом расширении втулок.

Головки цилиндров 1 чугунные, блочные (на два цилиндра одна головка). Каждая головка прикреплена к блоку цилиндров шестью шпильками. Стык головки с блоком цилиндров уплотнен прокладкой.

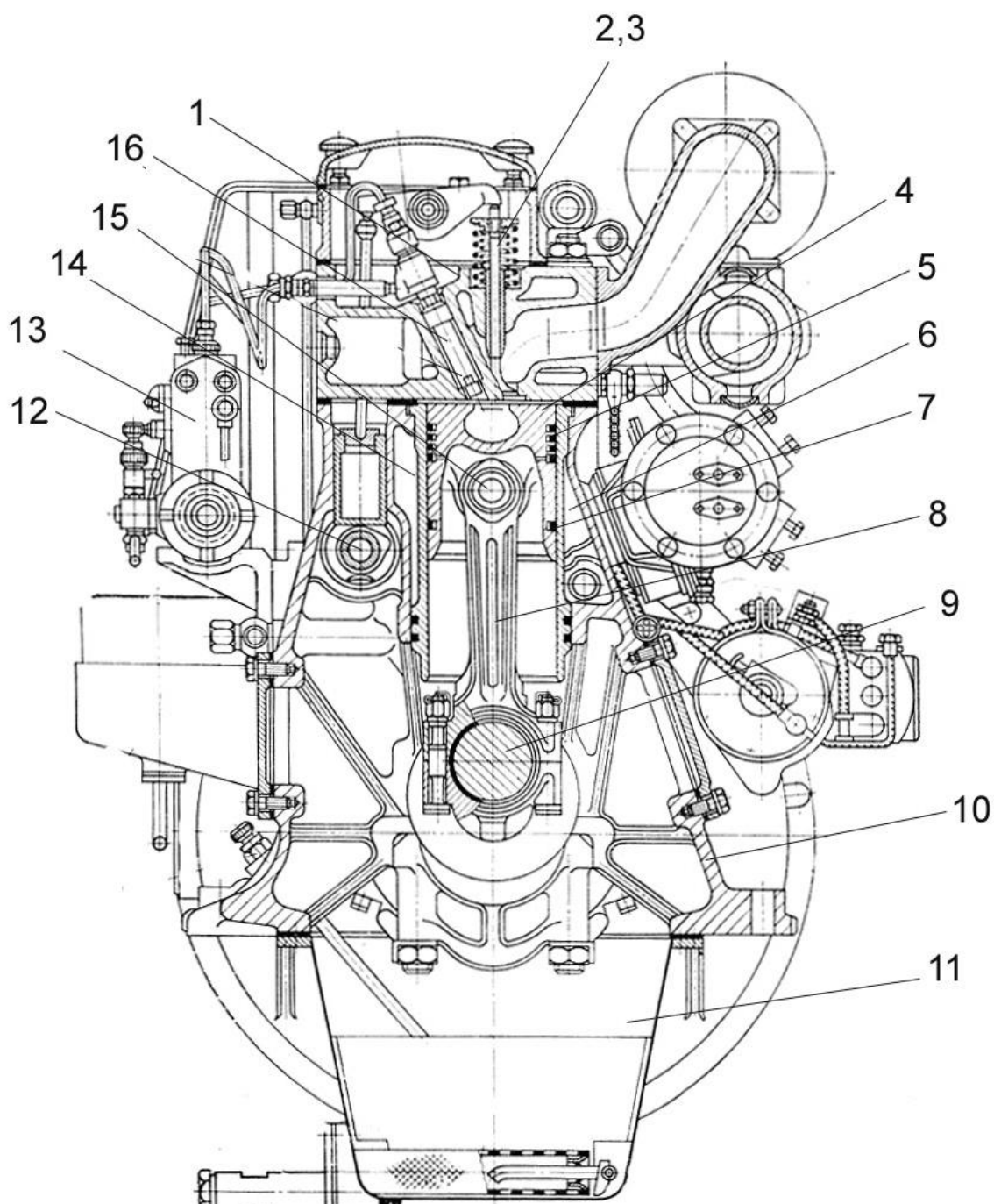


Рисунок 5.3 – Конструкция дизеля К-457 (поперечный разрез):

- 1 – головка цилиндров; 2 – впускной клапан; 3 – выпускной клапан; 4 – поршень;
 5 – компрессионные кольца; 6 – полость охлаждения; 7 – маслосъемные кольца;
 8 – шатун; 9 – коленчатый вал; 10 – фундаментная рама; 11 – поддон;
 12 – распределительный вал; 13 – топливный насос; 14 – втулка цилиндра;
 15 – палец; 16 – форсунка

В головке цилиндров размещены впускные 2 и выпускные клапаны 3, а также форсунка 16 и пусковой клапан. От всасывающих и выпускных клапанов отходят каналы для подвода воздуха и отвода отработавших га-

зов в коллекторы. Внутренняя полость крышки охлаждается пресной водой.

Кривошипно-шатунный механизм предназначен для преобразования возвратно-поступательного движения поршней во вращательное движение коленчатого вала и состоит из поршней, шатунов и коленчатого вала.

Коленчатый вал 9 кованый из углеродистой стали, имеет шесть колен с шатунными шейками, расположенными попарно в трех плоскостях, и семь коренных шеек. Седьмая коренная шейка коленчатого вала опорно-упорная. В коленчатом валу выполнены косые отверстия для подвода смазки от коренных подшипников к шатунным. На конусе коленчатого вала со стороны шейки упорного подшипника предусмотрен фланец для крепления маховика шестью болтами. На свободный конец коленчатого вала насажены две цилиндрические шестерни привода вспомогательных агрегатов дизеля.

Шатун 8 изготовлен из углеродистой стали и выполнен в виде стержня двутаврового сечения; в верхней части стержень переходит в головку, при помощи которой шатун соединен поршневым пальцем 15 с поршнем. В верхнюю головку шатуна запрессована бронзовая втулка. Для смазки поршневого кольца в шатуне выполнено осевое отверстие.

Нижняя головка шатуна разъемная, снабжена двумя тонкостенными биметаллическими вкладышами. Крышка нижней головки крепится к шатуну болтами.

Поршень 4 изготовлен из алюминиевого сплава. В днище поршня сделано сферическое углубление – камера сгорания. Поршень имеет пять канавок, в которые установлены три компрессионных 5 и два маслосъемных кольца 7 для удаления избытка масла со стенок цилиндра. Кольца изготавливают из специального чугуна, верхнее кольцо может быть покрыто пористым хромом. В поршне выполнены две бобышки с отверстиями, в которые устанавливают поршневой палец.

Механизм газораспределения предназначен для управления открытием или закрытием впускных и выпускных клапанов в определенной последовательности.

Управление открытием или закрытием клапанов осуществляется посредством распределительного вала 12, связанного зубчатой передачей с коленчатым валом. От кулачков распредвала движение передается через толкатели, штанги и коромысла впускным и выпускным клапанам.

5.4. Основы технического обслуживания судового дизель-генератора ДГ 50-1

Техническая эксплуатация дизель-генератора состоит из трех взаимосвязанных частей:

- технического использования (ТИ);

- технического обслуживания (ТО);
- ремонта (Р).

Система ТО и Р зависит от типа дизеля (МОД, СОД, ВОД) и генератора, предприятия-изготовителя, определяющего их ресурсы, а также от условий эксплуатации, влияющих на эти ресурсы.

Дизель-генераторы судовых электростанций по характеру эксплуатационных условий отличаются от главных судовых двигателей, работающих на движитель судна. Для работы на генератор требуется поддержание постоянного числа оборотов при любых нагрузках, при этом мощность дизеля может изменяться в широком диапазоне от 25 до 100 % номинальной мощности с постоянной частотой вращения ($n = \text{const}$) [9,10].

Подготовка дизель-генератора к пуску:

- пуск дизель-генератора разрешается производить при температуре масла и охлаждающей воды не ниже $+ 8\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- осмотреть дизель-генератор, проверить, нет ли каких-либо посторонних предметов на головках рабочих цилиндров, около толкателей, блока топливных насосов и штанг клапанов, на кожухе маховика, на генераторе, а все кабели и провода надежно подсоединены, генератор заземлен;
- убедиться в отсутствии заеданий при открытии и закрытии рабочих клапанов, для этого вручную, воздействуя на коромысла, поочередно открыть клапаны и проследить, свободно ли они садятся под воздействием пружин на седла;
- вскрыть люки картера, убедиться в отсутствии посторонних предметов или баббитовой и дуговой металлической стружки на сетке: наличие металлической стружки на сетке указывает на необходимость срочного ремонта;
- проверить и убедиться в отсутствии пропуска воды в картер через уплотнения рабочих втулок;
- проверить уровень масла в поддоне и в картере топливного насоса, в регуляторе и в ванне воздухоочистителя: он должен быть между верхней и нижней предельными рисками;
- повернуть вручную коленчатый вал на 2-3 оборота, обращая внимание на легкость вращения коленвала и на зазоры между торцами стержней клапанов и концами клапанных рычагов, рукоятку снять;
- проверить уровень воды в расширительном бачке первого контура охлаждения двигателя;
- открыть кран подвода топлива из расходного бака к дизелю, ручным поршневым топливоподкачивающим насосом прокачать топливом насос высокого давления и выпустить воздух из системы до появления сплошной струи со сливного трубопровода;
- убедиться в том, что рычаг выключения рейки топливного насоса находится справа, если необходимо – повернуть его вправо до упора;

- установить регулировочный маховик на пусковое число оборотов (5 оборотов вправо от крайнего левого положения минимальных оборотов), открыть вентили на трубопроводах подвода и отвода охлаждающей воды;

- убедиться в исправности свечей накаливания включением их: при исправности спираль на щитке должна нагреваться;

- убедиться в наличии в системе сжатого воздуха соответствующего давления: давление должно быть 6,4 МПа;

- проверить сопротивление изоляции электрооборудования дизель-генератора, а также обмоток генератора и возбuditеля, для чего необходимо:

- а) вскрыть клеммную коробку генератора, подсоединить поочередно к клеммам фаз генератора «А», «В» и «С» клемму «Л» мегомметра, а клемму «З» – к корпусу;

- б) вскрыть клеммы коробки возбuditеля, подсоединить поочередно к клеммам «И₁», «Я₁» и «Ш₁» клемму «Л» мегомметра, а клемму «З» – к корпусу. Во всех случаях сопротивление изоляции должно быть не ниже 0,3 Ом.

- осмотреть генераторный щит и проверить следующее:

- а) наличие предохранителей в главной цепи тока, отсутствие отсоединенных кабелей и проводов, разобранных приборов;

- б) наличие контрольной лампы (24 В), положение автомата генератора, который должен быть выключен (крайнее нижнее положение);

- в) положение рукоятки регулировочного реостата, которая должна быть повернута по направлению против часовой стрелки до упора.

5.5. Порядок выполнения работы и оформления отчета

В процессе выполнения работы необходимо изучить следующее.

1. Назначение дизель генераторной установки.
2. Состав установки и ее характеристики.
3. Конструкцию элементов двигателя.
4. Этапы подготовки установки к пуску.

Отчет оформляется в соответствии с правилами ЕСКД и должен содержать следующее.

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Состав и характеристики установки.
3. Краткое описание конструкции ДВС.
4. Индикаторную диаграмму дизеля.
5. Этапы технической эксплуатации.
6. Выводы.

5.6. Примеры контрольных вопросов

1. Каков состав и технические характеристики дизель-генератора?
2. Как работает четырехтактный дизель?
3. Каково назначение деталей и узлов остова дизеля?
4. Каково назначение кривошипно-шатунного механизма?
5. Каково назначение механизма газораспределения дизеля?

Лабораторная работа № 6

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА, ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ, ОБСЛУЖИВАЮЩИХ СУДОВОЙ ДИЗЕЛЬГЕНЕРАТОР ДГ 50-1

Цель работы: изучение систем, обслуживающих судовой дизель-генератор и основ их технического обслуживания.

6.1. Топливная система дизеля

Работу дизеля 6ЧН 12/14 обеспечивают следующие системы: топливная; система смазки; система охлаждения дизеля; система пуска дизеля; система управления и контроля параметров работы дизеля.

Топливная система (рисунок 6.1) обеспечивает регулярный впрыск в требуемой последовательности определенных порций топлива под высоким давлением в камеры сгорания дизеля и распыление его на мельчайшие частицы.

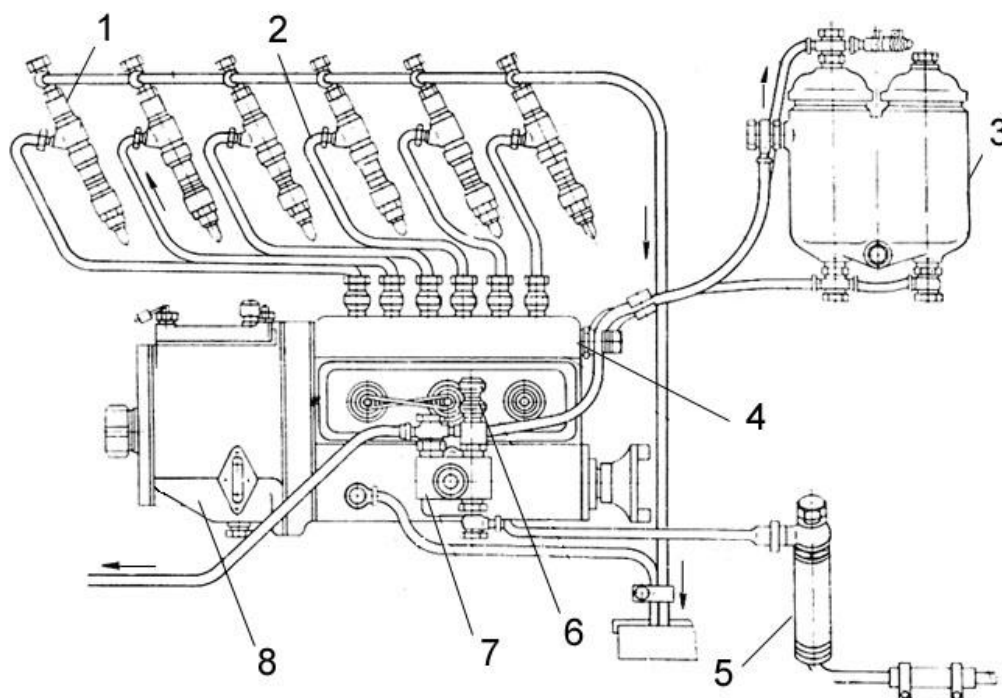


Рисунок 6.1 – Схема топливной системы

Топливная система работает следующим образом.

Подкачивающий насос 7 засасывает топливо из бака через фильтр 5 первичной очистки и подает его под давлением до 147 кПа (1,5 кгс/см²) к фильтру тонкой очистки 3. От фильтра тонкой очистки топливо поступает в топливный насос 4. В топливном насосе кулачковый валик через толкатели воздействует на плунжерные насосы высокого давления (шесть штук), которые через трубопровод 2 подают топливо в форсунку 1 соот-

ветствующего цилиндра. Регулятор частоты вращения 8 изменяет количество подаваемого топлива в конце подачи поворотом плунжера рейкой.

Форсунка 1 закрытого типа устанавливается в головке цилиндра. Она служит для впрыска топлива в распыленном виде в камеру сгорания. Давление начала впрыска топлива находится в пределах $14,7 \div 15,2$ МПа.

На подкачивающем насосе установлен насос ручной подкачки топлива 6 поршневого типа, который служит для заполнения топливной системы топливом и удаления из нее воздуха при первом пуске или после разборки системы.

6.2. Система смазки дизеля

Система смазки дизеля автономная, циркуляционная под давлением с «мокрым» поддоном, обеспечивает подачу масла к ответственным трущимся деталям в необходимом количестве как для уменьшения трения, так и для отвода тепла (рисунок 6.2).

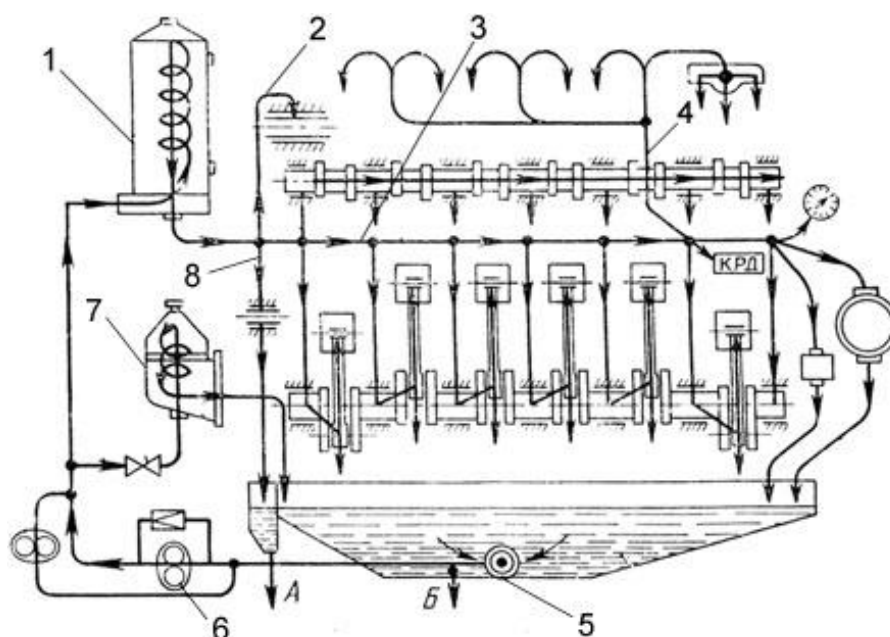


Рисунок 6.2 – Схема системы смазки дизеля с водо-водяной системой охлаждения

Циркуляцию масла в дизеле осуществляет масляный насос 6, который отсасывает масло из поддона, через приемный фильтр 5 с механизмами, подает его под давлением к масляному фильтру-холодильнику 1 и частично центрифуге 7.

Из холодильника 1 масло по маслопроводу 3 (главная магистраль) подводится ко всем коренным подшипникам коленчатого вала. Далее, масло поступает в соответствующие шатунные подшипники коленчатого вала

и через отверстия в стержнях шатунов подается к подшипникам верхних головок шатуна.

От главной магистрали масло по маслопроводу 4 подается для смазки механизма газораспределения, по маслопроводу 2 идет к приводу топливного насоса, по маслопроводу 8 к приводу насосов и далее в поддон.

Втулки цилиндров смазываются разбрызгиванием.

6.3. Система охлаждения дизеля

Система охлаждения предназначена для отвода теплоты от деталей дизеля. Дизели в судовом исполнении оборудованы водо-водяной системой охлаждения, состоящей из внутреннего и внешнего контуров. Охлаждающая жидкость внутреннего контура и масло охлаждаются забортной водой внешнего контура.

Во внутреннем контуре (рисунок 6.3) насос 5 подает охлаждающую жидкость в блок цилиндров по трубе 6, которая охлаждает втулки цилиндров, далее головки цилиндров и попадает в зарубашечное пространство газовыпускного коллектора и затем в расширительный бачок 1.

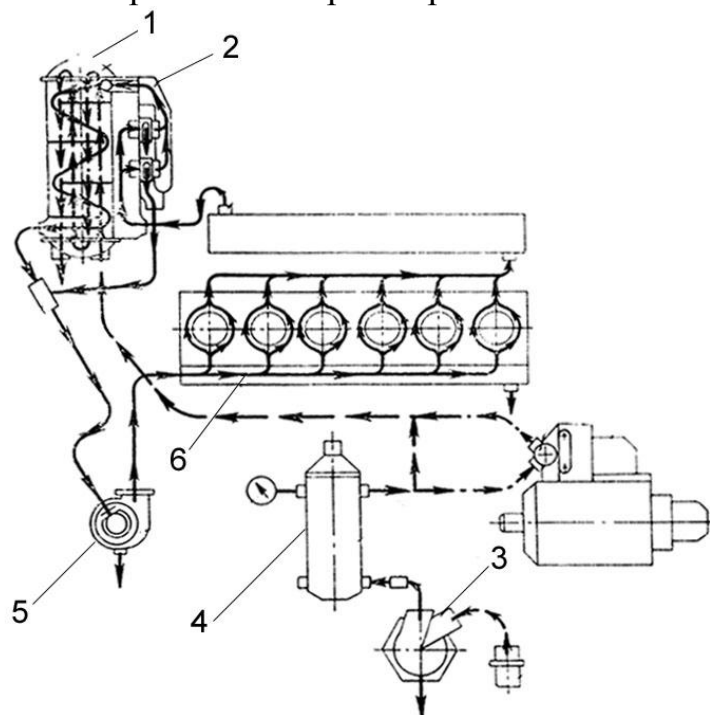


Рисунок 6.3 – Схема водо-водяной системы охлаждения дизеля

Из расширительного бачка, проходя через термостатную коробку 2, жидкость направляется в водо-водяной холодильник (сблокирован с бачком 1) и опять в насос 5. Вода внешнего контура насосом 3 подается в холодильник 4 масла. Далее вода, проходя через водяной холодильник 1, охлаждает жидкость внутреннего контура и идет на слив.

6.4. Система запуска дизеля

Пуск дизеля осуществляется электростартером или сжатым воздухом. Обе системы пуска действуют независимо одна от другой. В судовых условиях основной системой пуска может быть воздушная, а резервной – электрическая.

Действие системы пуска сжатым воздухом заключается в следующем (рисунок 6.4).

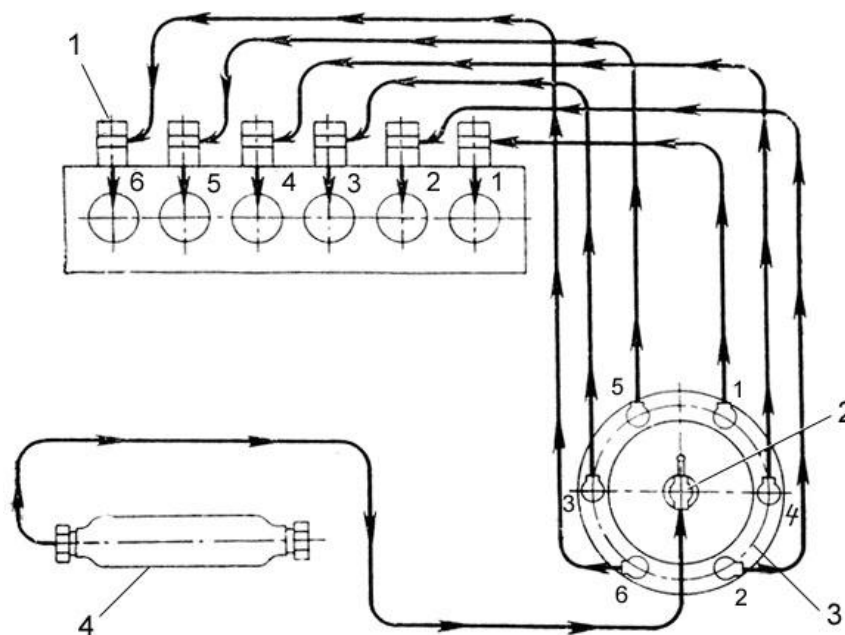


Рисунок 6.4 – Схема воздушной системы пуска

Сжатый воздух давлением 5,0 - 6,0 МПа, пройдя из баллонов 4 через кран 2, поступает в воздухопроводитель 3. Отсюда поочередно, в соответствии с порядком работы цилиндров дизеля, сжатый воздух в начале такта расширения поступает к пусковым клапанам 1, установленным в головках цилиндров, далее, действуя на поршни, воздух приводит во вращение коленчатый вал.

6.5. Основы техобслуживания

Пуск дизеля.

Электрический пуск:

- включить выключатель в цепи электропитания стартера;
- включить свечи накаливания нажатием кнопки «прокачка»;
- не отпуская кнопки «прокачка» нажать кнопку «пуск» и держать ее включенной до тех пор, пока дизель не заработает на топливе, но не более 12 с. Повторные включения электростартера проводить с перерывом 60 с;

- маховиком регулятора установить частоту вращения дизеля $13,3...15 \text{ с}^{-1}$ (800 - 900 об/мин) поворотом рукоятки по часовой стрелке (вправо);

- выключить выключатель электропитания стартера;

- после пуска дизеля проверить давления масла, которое должно быть не менее 196 кПа (2 кг/см^2). Если через 1 мин. после пуска давление масла не достигло этой величины, остановить дизель и выяснить причину;

- прогрев дизеля на холостом ходу производить до достижения: температуры масла – 35°C , температуры воды – 35°C , давления масла – не ниже 245 кПа ($2,5 \text{ кг/см}^2$). При достижении этих параметров можно постепенно нагружать дизель (п. 6.3.3). При достижении температуры масла и охлаждающей жидкости $+40^\circ\text{C}$ разрешается нагружать дизель до номинальной (полной) мощности.

Пуск генератора и прием нагрузки.

- во время пуска дизеля внимательно прослушивать генератор, при появлении посторонних шумов – остановить дизель-генератор, выяснить причину и устранить;

- установить номинальную частоту вращения коленчатого вала 25 с^{-1} (1500 об/мин);

- включить возбуждение генератора, для чего: проворачивая рукоятку регулировочного реостата по часовой стрелке, т.е. уменьшая сопротивление регулировочного реостата, довести напряжение до номинальной величины ($\sim 230 \text{ В}$);

- включить автомат генератора в крайнее положение и постепенно (по частям) включать нагрузку при помощи нагрузочного устройства, поддерживая напряжение генератора и частоту вращения коленчатого вала дизеля постоянными.

Обслуживание дизеля во время работы.

Во время работы дизеля:

- проверять нагрев патрубков пускового воздуха, если патрубки нагреваются, следовательно, пропускает пусковой клапан – он должен быть отремонтирован или заменен;

- следить за показаниями приборов на щите управления, за уровнем масла в поддоне и охлаждающей жидкости в расширительном бачке;

- регулировать температуру охлаждающей воды с помощью сливного и перепускного клапанов;

- на номинальной мощности (50 кВт по прибору на щите генератора) показания приборов на дизеле должны находиться в пределах, указанных в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Параметры дизеля на номинальном режиме

Параметры	Рекомендуемые	Допускаемые
Давление масла, кПа (кг/см ²)	245...490 (2,5...5,0)	196...686 (2,0...7,0)
Температура масла, °С	70...90	100
Температура охлаждающей воды, °С	80...90	105
Давление воды внешнего контура, кПа (кг/см ²)	19...78 (0,2...0,8)	9,8...118 (0,1...1,2)

Дизель немедленно остановить:

- при появлении ненормальных шумов и стуков или резком увеличении шумности;
- при повышении температуры воды и масла выше допустимых значений или падении давления масла ниже 196 кПа.

Обслуживание генератора во время работы.

Во время работы генератора:

- следить за напряжением генератора по вольтметру, поддерживая его постоянным при помощи реостата в цепи возбуждения;
- следить по амперметру за величиной нагрузки, не допуская перегрузки;
- следить за нагревом корпуса генератора, контактных соединений и отсутствием постороннего шума и стука в подшипниках генератора; температура подшипников генератора не должна превышать 65°С (рука на ощупь выдерживает эту температуру не более 3 сек).

Остановка дизель-генератора.

Для остановки дизель-генератора последовательно:

- снять нагрузку с генератора, отключая постепенно (по частям) секции нагрузочного устройства и поддерживая при этом напряжение генератора постоянным;
- отключить автомат генератора – в крайнее нижнее положение;
- снизить напряжение до 0, поворачивая рукоятку реостата в крайнее левое положение против часовой стрелки, что соответствует холостому контакту;
- снизить частоту вращения коленчатого вала дизеля до 16,67 - 20 с⁻¹ (1000 - 1200 мин⁻¹) поворотом рукоятки регулирования частоты вращения коленвала влево (против часовой стрелки);
- работать на холостом ходу, пока температура охлаждающей воды не снизится до 70 °С, но не более 30 мин;
- остановить дизель-генератор поворотом рукоятки регулирования частоты вращения коленвала влево (против часовой стрелки) или поворотом рукоятки выключения топливного насоса влево до упора. После остановки дизель-генератора рукоятку вернуть в рабочее положение и опреде-

лить, работает ли центрифуга (должен быть слышен шум вращающегося ротора);

- закрыть клапаны на топливном трубопроводе и водяном трубопроводе внешнего контура;
- осмотреть и протереть дизель-генератор.

6.6. Порядок выполнения работы и оформления отчета

В процессе выполнения работы необходимо изучить следующее.

1. Назначение, состав и принцип действия каждой из систем, обслуживающих двигатель.
2. Мероприятия по основам технического обслуживания и эксплуатации дизель-генератора.

Отчет оформляется в соответствии с правилами ЕСКД и должен содержать следующее.

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Краткое описание схем, обслуживающих ДВС.
3. Перечень основных мероприятий по обслуживанию ДВС.
4. Выводы.

6.7. Примеры контрольных вопросов

1. Какие системы обслуживают работу дизеля?
2. Каково назначение и функционирование топливной системы дизеля?
3. Каково назначение и функционирование системы смазки дизеля?
4. Каково назначение и функционирование системы охлаждения дизеля?
5. К какому типу относится система смазки двигателя?
6. Как обслуживать дизельгенератор во время работы?
7. При каких условиях дизель необходимо немедленно остановить?

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 1,2. – СПб: Российский морской регистр судоходства, 2015.
2. Правила технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций РД 31.21.30-97. – Москва: МОРКНИГА, 2025. – 324 с.
3. Слободянюк Л.И. Судовые паровые и газовые турбины и их эксплуатация / Л.И. Слободянюк, В.И. – Л.: Судостроение, 1983. – 360 с.
4. Курзон А.Г. Судовые турбинные установки: Учебное пособие / А.Г. Курзон, Л.А. Маслов. – Л.: Судостроение, 1991. – 192 с.
5. Артемов Г.А. Судовые энергетические установки / Г.А. Артемов, В.П. Волошин, Ю.В. Захаров. – Л.: Судостроение, 1987 – 480 с.
6. Артемов Г.А. Системы судовых энергетических установок: учебное пособие / Г.А. Артемов и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1990.
7. Болдырев О.Н. Судовые энергетические установки. Часть I. Дизельные и газотурбинные установки: учебное пособие / О.Н. Болдырев – Северодвинск: Севмашвтуз, 2003. – 168 с.
8. Беспалов В.И. Судовые энергетические установки / В.И. Беспалов, В.В. Колыванов. – Нижний Новгород: ВГУВТ, 2012. – 109 с.
9. Сизых В.А. Судовые энергетические установки / В.А. Сизых. – М.: Транслит, 2006. – 352 с.
10. Пахомов Ю.А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания / Ю.А. Пахомов. – М: ТРАНСЛИТ, 2015. – 528 с.

У ч е б н о е и з д а н и е

Тверская Светлана Евгеньевна

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

*Учебно-методическое пособие
по проведению лабораторного практикума*

В авторской редакции

Изд. № 15/2025. Объем 4 п.л. Усл. печ. л. 3,72. Уч. изд. л. 3,92.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
299015, Севастополь, ул. Курчатова, 7