

Министерство образования Российской Федерации
Дальневосточный государственный технический университет
(ДВПИ им. В.В. Куйбышева)

А. Б. Гусаров

**Особенности устройства и эксплуатации
вспомогательных механизмов корабельных КТЭУ**

*Рекомендовано Дальневосточным региональным учебно –
методическим центром в качестве учебного пособия для студентов
военно – учётной специальности 472800 «Эксплуатация и ремонт
паросиловых энергетических установок надводных кораблей» вузов
региона.*

Владивосток 2004

УДК 623.8/9

Гусаров А.Б. **Особенности устройства и эксплуатации вспомогательных механизмов корабельных КТЭУ**: Учеб. пособие. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2004. – 101 с.

Учебное пособие "Особенности устройства и эксплуатации вспомогательных механизмов корабельных КТЭУ" предназначено для студентов, обучающихся на военно-морских кафедрах при государственных образовательных учреждениях высшего профессионального образования по военно-учётной специальности "Эксплуатация и ремонт паросиловых энергетических установок надводных кораблей".

В пособии рассмотрены назначение, классификация и характеристики корабельных энергетических установок, состав и принцип действия котлотурбинной энергетической установки, а также особенности устройства и эксплуатации вспомогательных механизмов и систем корабельных котлотурбинных энергетических установок.

Рецензенты:

Капитан 1 ранга, доцент С.А.Склизков, ТОВМИ им.С.О. Макарова.

Капитан 1 ранга И.А. Митраков, Техническое управление ТОФ.

ISBN

© А.Б. Гусаров, 2004

© Изд-во ДВГТУ, 2004

Принятые сокращения

БЗЖ – борьба за живучесть
БЗК – быстрозапорный клапан
БН – бустерный насос
БС – бактериальные (биологические) средства
ВД – высокое давление
ВКУ – вспомогательная конденсационная установка
ВМ – вспомогательные механизмы
ВПУ – валоповоротное устройство
ВРШ – винт регулируемого шага
ВСК – вспомогательный стопорный клапан
ВФШ – винт фиксируемого шага
ВЭУ – вспомогательная энергетическая установка
ГД – главный двигатель
ГК – главный котел
ГТ – газовая турбина
ГТЗА – главный турбозубчатый агрегат
ГТУ – газотурбинная установка
ГЭУ – главная энергетическая установка
ДВС – двигатель внутреннего сгорания
ДРП – двухимпульсный регулятор питания
ДЭУ – дизельная энергетическая установка
ЗОМП – защита от оружия массового поражения
ЗХ – задний ход
ИФ – ионообменный фильтр
КН – конденсатный насос
КПС – конденсатно-питательная система
КПСУ – корабельная паросиловая установка
КС – камера сгорания
КТЭУ – котлотурбинная энергетическая установка
КУ – комбинированная установка
КЭС – кормовая электростанция
КЭУ – корабельная энергетическая установка
МКО – машинно-котельное отделение
МКУ – машинно-котельная установка
МУ – маневровое устройство
МФ – масляный фильтр
НД – низкое давление
НЦ – нефтяная цистерна
НЭС – носовая электростанция
ОВ – отравляющие вещества
ОКС и У – общекорабельные системы и устройства

ПГНД – парогенератор низкого давления
ПДУ – пост дистанционного управления
ПК – паровой котел
ПКБТ – питательно-конденсатно-бустерный турбоагрегат
ПН – питательный насос
ПСУ – паросиловая установка
ПТ – паровая турбина
ПТУ – паротурбинная установка
ПХ - передний ход
ПЭЖ – главный пароструйный эжектор
РВ – радиоактивные вещества
РМЦ – расходная масляная цистерна
РУК – регулятор уровня воды в конденсаторе
ТВД – турбина высокого давления
ТГ – турбогенератор
ТМН – масляный турбонасос
ТНА – турбонаддувочный агрегат
ТНД – турбина низкого давления
ТНН – нефтяной турбонасос
ТС – технические средства
ТТС – тактико-технические свойства
ТЦН – циркуляционный турбонасос
ЭМН – масляный электронасос
ЭНН – нефтяной электронасос
ЭУ – энергетическая установка
ЭЭСК – электроэнергетическая система корабля
ЯР – ядерный реактор
ЯЭУ – ядерная энергетическая установка

Глава I. Характеристики ЭУ, КТЭУ корабля

1.1 Характеристики корабельных ЭУ

Назначение и классификация КЭУ

Корабельные ЭУ предназначены для обеспечения движения корабля, действия оружия, средств наблюдения и связи, работы механизмов, поддерживающих боеготовность в различных условиях плавания. С этой целью ЭУ вырабатывает различные виды энергии.

Механическая энергия необходима для вращения гребного винта, придающего кораблю поступательное движение. Для работы большого количества механизмов, систем и устройств на корабле используется электрическая энергия. Плавание в различных широтах Мирового океана требует расхода энергии на создание нормальных климатических условий в помещениях корабля. Последнее достигается за счет тепловой энергии, вырабатываемой установкой. В конечном счете, все виды энергии, необходимые для обеспечения нужд корабля, вырабатываются ЭУ путем использования энергии топлива, размещенного на корабле.

Таким образом, корабельной ЭУ называется сложная техническая система, состоящая из совокупности механизмов, устройств и трубопроводов, которая предназначена для выработки механической, электрической и тепловой энергии, необходимых для обеспечения боеготовности корабля. В настоящее время на военных кораблях применяются ЭУ, различающиеся как по составу, устройству, так и по принципу действия механизмов. Классификацию КЭУ целесообразно производить по признакам, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Классификация КЭУ

КЭУ														
Признаки классификации														
Способ выработки энергии			Тип главных двигателей			Число гребных винтов				Способ передачи мощности на гребной винт			Тип гребного винта	
в ПК	в ЯР	в КС	ПТ	ГТ	Поршневые машины	1	2	3	4	Непосредственно	Через редуктор	С электрической передачей	ВФШ	ВРШ

Основными признаками, определяющими тип КЭУ, являются первые два. Рассмотрим их более подробно.

I. Классификация по способу выработки энергии

Первоначально энергия на корабле может вырабатываться в паровых котлах, в ядерных реакторах, в камерах сгорания.

В паровых котлах образуется пар, обладающий высокой энергией, которая вырабатывается при сжигании органического топлива.

В реакторах рабочее тело или теплоноситель получает высокую энергию в процессе ядерной реакции при делении ядер.

В камерах сгорания образуются газы (продукты сгорания топлива), которые приобретают энергию при сжигании органического топлива.

II. Классификация по типу главных двигателей

В качестве ГД в ЭУ применяются паровые или газовые турбины, а также поршневые машины. К поршневым машинам относятся ДВС и паровые поршневые машины.

В турбинах механическая энергия вращения гребного винта образуется за счет тепловой энергии пара или газа, поступающего в турбину.

В поршневых машинах механическая энергия вырабатывается при расширении в цилиндрах газа, образующегося при сжигании топлива (ДВС) или пара, поступающего в цилиндры из парового котла через специальное устройство (паровая машина).

В зависимости от способа выработки энергии и типа ГД, применяемого на корабле, в практике кораблестроения получили распространение следующие типы ЭУ:

1. КПСУ, в которых энергия первоначально вырабатывается в котлах, а затем преобразуется в механическую энергию в паровых турбинах или поршневых машинах. В настоящее время паровые поршневые машины на кораблях уже не используются. Поэтому КПСУ получили более точное название - котлотурбинные ЭУ (КТЭУ).
2. ГТУ, в которых энергия первоначально вырабатывается в камерах сгорания и преобразуется в механическую энергию в газовых турбинах.
3. ДЭУ, где главным механизмом является ДВС.
4. ЯЭУ, в которых энергия рабочего тела первоначально вырабатывается в ядерных реакторах и преобразуется в тепловую, а затем в механическую энергию в паровых или газовых турбинах.

Кроме перечисленных выше типов КЭУ нашли применение и различные комбинированные установки (КУ) такие, как дизель-газотурбинные, парогазовые, дизель-электрические и т.д.

III. Классификация по числу гребных винтов

КЭУ могут быть одно-, двух-, трех- и четырехвальными. Количество гребных винтов определяется требуемой суммарной мощностью установки.

IV. Классификация по способу передачи мощности на гребной винт

По способу передачи мощности на гребной винт различают КЭУ:

- 1) с непосредственной передачей мощности от двигателя к гребному винту;
- 2) с передачей мощности через редуктор;
- 3) с электрической передачей мощности.

В последнем случае ГД приводит в действие генератор электроэнергии, а от генератора электроэнергия передается к гребному электродвигателю, который вращает гребной винт.

V. Классификация по типу гребного винта

Различают установки с ВФШ (винтом фиксируемого шага) и с ВРШ (винтом регулируемого шага), которые получили широкое распространение в последнее время. ВРШ обеспечивает кораблю эксплуатационные режимы, включая маневрирование, без изменения частоты и направления вращения гребного винта. Любой ходовой режим осуществляется поворотом лопастей винта.

В настоящее время на военных кораблях нашли применение все указанные типы ЭУ. Использование того или иного типа ЭУ зависит от водоизмещения корабля, его назначения и характера решаемых задач.

Условия работы и основные требования, предъявляемые к ЭУ

В процессе эксплуатации КЭУ подвергаются влиянию как внутренних специфических корабельных воздействий (вибрация, влажность и температура воздуха и т.д.), так и внешней среды, в которой действует корабль.

Внешняя среда формируется в зависимости от гидрометеорологических условий, задач, решаемых экипажем во время плавания, оперативно-тактической и боевой обстановки на театре военных действий.

Задачи, стоящие перед кораблем, требуют от ЭУ развития любой скорости хода, включая максимально возможную, частых изменений режимов работы, в том числе переходы с ПХ на ЗХ и наоборот, обеспечения заданной дальности плавания. Основным назначением корабля является ведение боевых действий, исход которых в значительной степени зависит от вооружения корабля. Одним из путей увеличения количества средств вооружения является уменьшение массы и габаритов ЭУ, поэтому обслуживание механизмов на корабле сопряжено с большими трудностями.

Воздействия оперативно-тактической и боевой обстановки на условия работы КЭУ связано с тем, что в бою корабль подвергается ударам со стороны противника, которые приводят к значительным повреждениям, вызывают пожары, затопления отсеков корабля. В период ведения боевых действий кораблям приходится отрываться на длительное время от своих баз, используя ограниченные запасы топлива, воды, продуктов. Оперативно-тактическая обстановка может потребовать повышенную скрытность действия корабля, которая в значительной степени зависит от дымности, шумности ЭУ, от тепловых и электромагнитных излучений.

Большое влияние на работу КЭУ оказывают гидрометеорологические условия, которые изменяются в очень широких пределах:

Балльность моря 1-9 баллов

Температура забортной воды -4° - $+32^{\circ}$

Температура воздуха -30° - $+45^{\circ}$

Относительная влажность 60 - 100 %

Солёность воды 600-4000 °Бр

Ветер 0-12 баллов

Глубина моря 20-10000 м

Значительное воздействие на работу ЭУ оказывают внутренние корабельные условия. В качестве воздействий на установку со стороны корабля можно назвать вибрацию, сотрясения, брызги морской воды, пары масла, продукты сгорания топлива и т.д.

Таким образом, ЭУ корабля находится в сложных условиях, существенно влияющих на работу. Однако использование КЭУ в любой обстановке должно осуществляться с максимальным эффектом.

Технические возможности установки характеризуются следующими тактико-техническими свойствами (ТТС):

- 1) максимальной мощностью;
- 2) массой и габаритами;
- 3) маневренностью;
- 4) экономичностью;
- 5) надёжностью;
- 6) живучестью;
- 7) скрытностью действия.

Рассмотрим более подробно ТТС ЭУ и показатели, характеризующие их.

1. Максимальная мощность установки определяется наибольшей скоростью хода и водоизмещением корабля, значения которых выдаются в задании на проектирование в зависимости от назначения корабля. В том случае, если на корабле имеется несколько гребных винтов, говорят о суммарной мощности, равной сумме мощностей двигателей, обеспечивающих вращения всех гребных винтов. Требования к КЭУ по этому показателю постоянно возрастают в связи с тем, что водоизмещения и скорость кораблей имеют тенденцию к увеличению.

2. Масса и габариты установки зависят от мощности ГД и заданной дальности плавания. Наиболее важными показателями, характеризующими это свойство установки, являются:

- удельная масса установки $g_y = G_y / N_e$ (кг/кВт),
где G_y - масса установки, приготовленной к действию (кг);
 N_e - суммарная мощность установки (кВт);
- насыщенность площади помещения: $K_f = N_e / F$ (кВт / м²),
где F - площадь помещений, отводимых под ЭУ (м²).

Масса и габариты определяют ту долю водоизмещения корабля, которая отводится на ЭУ. В настоящее время эта доля составляет от 8 до 40 %. Чем меньше места занимают элементы установки на корабле, тем выше боевые качества корабля при данном водоизмещении.

3. Маневренностью ЭУ называется её способность за минимальное время произвести приготовление к действию, пуск установки, изменение ходового режима, приём и перераспределение нагрузки между агрегатами, питающими оружие и технические средства. Маневренность установки обеспечивает

определённые боевые маневры корабля. Наиболее важными характеристиками маневренности являются:

- время приготовления и ввода в действие;
- время развития полной мощности;
- время реверса.

4. Экономичность установки характеризуется её способностью обеспечивать дальность плавания при минимальных затратах топлива. Чем выше экономичность, тем больше дальность плавания корабля при одних и тех же запасах топлива. Наиболее важными показателями являются КПД всей установки и удельный расход топлива b_e (кг/кВт·ч) или расход топлива на милю b_M (кг/м):

$$b_e = B / N_e;$$

$$b_M = B / V_s,$$

где B - часовой расход топлива (кг/ч);

V_s - скорость корабля (уз).

Для корабля главным показателем является расход топлива на милю. Он во многом зависит от режима работы установки и является наименьшим на некоторой промежуточной скорости хода корабля, которую называют экономичной. Экономичной скорости корабля соответствует максимальная дальность плавания корабля.

5. Эксплуатационная надёжность включает в себя понятия безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Безотказность – свойство ЭУ непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Долговечность – свойство ЭУ сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Качественным показателем долговечности являются назначенный срок службы и ресурс. Полный ресурс - время работы ЭУ до полного физического износа.

Ремонтпригодность – свойство ЭУ приспосабливаться к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов и повреждений, а также поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путём проведения технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость - свойство ЭУ сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения.

Надёжность установки - это её способность выполнять своё назначение, сохраняя значения своих эксплуатационных показателей в заданных пределах в течение установленного срока. На надёжность КЭУ существенное влияние оказывают условия эксплуатации (вибрации, колебания температуры и влажности воздуха и др.) и режим работы ТС.

6. Живучесть ЭУ - способность при повреждениях в максимальной мере сохранять в действии главные и вспомогательные механизмы и

обслуживающие их системы и устройства, необходимые для движения корабля и обеспечения его боеспособности. Живучесть ЭУ является одним из решающих факторов в обеспечении живучести корабля в целом. Высокая живучесть ЭУ обеспечивается:

- наличием дублирующих и резервных механизмов и систем;
- поддержанием в постоянной исправности и готовности к действию всех технических средств и средств борьбы за живучесть;
- высокой боевой и технической подготовкой личного состава, способного в любой обстановке устранить боевые и аварийные повреждения.

7. Скрытность действия ЭУ - способность обеспечивать боевую маскировку корабля и вытекающая отсюда внезапность боевого воздействия на противника. Скрытность действия ЭУ складывается из бесшумности и бесследности её работы.

При сравнении КЭУ различных типов учитывается совокупность всех показателей установок табл. 2.

Таблица 2

Сравнение КЭУ различных типов

Показатели	Размерность	Значение показателей			
		КТЭУ	ДЭУ	ГТУ	ЯЭУ
Максимальная мощность установки на один вал	кВт (л.с.)	51000 (70000)	17000 (23000)	37000 (50000)	56000 (72000)
Экономичность: - КПД	%	18-27	35-43	24-34	23-32
- удельный расход топлива	г/(кВт ч) г/(л.с. ч)	340-490 (250-360)	205-245 (150-180)	260-370 (190-270)	- -
Масса и габариты: - удельный вес	кг/кВт (кг/л.с.)	12,2-13,6 (9-10)	9,5-12,2 (7-9)	6,7-8,2 (5-6)	68-220 (21-170)
Маневренность: - время приготовления нормальное	мин	50-60	15-20	10-15	240-270
Надежность: - полный ресурс	ч	100000	до 30000	40000	-

Анализ показателей установок позволяет сделать следующие выводы:

1. Максимальная мощность на один вал достигается с помощью КТЭУ и ЯЭУ, соответственно 51000 и 56000 кВт. Максимальная мощность ДЭУ и ГТУ соответственно в 3 и 1,4 раза меньше - 17000 и 37000 кВт. В связи с этим на кораблях водоизмещением 8000 - 9000 т устанавливаются, как правило, только котлотурбинные или ядерные установки. ДЭУ и ГТУ, как правило, устанавливаются на кораблях меньшего водоизмещения. Диапазон водоизмещения кораблей, на которых устанавливаются КТЭУ, составляет от 1200 до 40000 т, что соответствует классам сторожевых и авианесущих кораблей.

2. Наиболее экономичными являются ДЭУ, их КПД составляет 35- 43 %. Несколько уступают им ГТУ и КТЭУ, КПД которых составляет соответственно 24-34 % и 18-27 %. Однако, учитывая, что стоимость мазута в среднем в 2 раза меньше, чем

стоимость дизельного топлива, экономические затраты на топливо для ДЭУ, ГТУ и КТЭУ практически одинаковы.

3. Наименьший удельный вес имеет ГТУ: 6,7-8,2 кг /кВт. Это преимущество позволяет использовать ГТУ на кораблях с воздушным принципом поддержания. Удельный вес ДЭУ и КТЭУ несколько выше, соответственно 9,5-12,2 кг /кВт и 12,2-13,6 кг /кВт. Удельный вес ЯЭУ значительно превышает аналогичный показатель для всех трёх типов КЭУ. Он составляет 68-220 кг /кВт. Это объясняется большой массой биологической защиты ядерного реактора, которая составляет 50 % от всей массы ЯЭУ.

4. Маневренность - наименьшее время для приготовления установки к действию требуется для ГТУ и ДЭУ, соответственно 10-15 мин и 15-20 мин. Однако время развития полного хода примерно одинаково для всех четырёх типов КЭУ и составляет в среднем 10-15 мин.

5. Надёжность - полный ресурс КТЭУ соответственно в 3,3 и 2,5 раза выше, чем полный ресурс ДЭУ и ГТУ. Это объясняется высокими температурными напряжениями деталей ДЭУ и ГТУ, а также интенсивным износом цилиндропоршневой и кривошипно-шатунной пар ДВС.

К топливу, на котором работает ДЭУ и ГТУ, предъявляются высокие требования по наличию в нём воды и механических примесей. В отличие от них, КТЭУ работают на тяжёлом низкосортном топливе, которое может сжигаться в котлах при значительных количествах воды и механических примесей.

Высокая теплонапряжённость элементов КЭУ, глубокая взаимосвязь и динамичность протекающих в них термодинамических процессов предъявляют определённые требования к системам управления и защиты установок. Наиболее сложной и разветвлённой является система управления и защиты ЯЭУ. Несколько проще система управления и защиты ДЭУ и ГТУ. Корабельная КТЭУ имеет наиболее простую систему управления и защиты, что позволяет использовать для её обслуживания личный состав более низкой квалификации. Простота и надёжность конструкции КТЭУ позволяет производить ликвидацию большинства неисправностей и поломок установки силами личного состава на ходу корабля при выполнении им боевой задачи, в то время как ликвидация большинства неисправностей и поломок ЯЭУ, ГТУ и ДЭУ требует заводских условий.

Состав и принцип действия КТЭУ

В состав КТЭУ входят ГЭУ, ВЭУ, ЭЭСК. (рис.1).

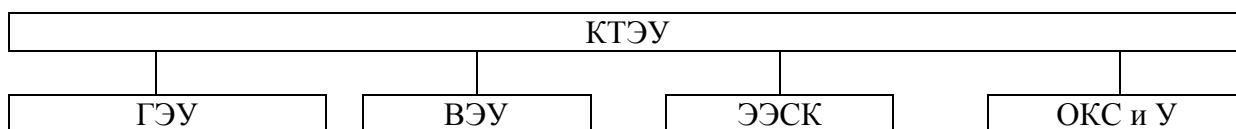


Рис.1. Состав КТЭУ

Кроме того, в состав КТЭУ включают и ОКС и У, хотя непосредственного отношения к ЭУ они не имеют. Это связано с тем, что большинство ОКС и У, используя тепловую энергию, вырабатываемую в КТЭУ, находится в заведовании л/с БЧ - 5.

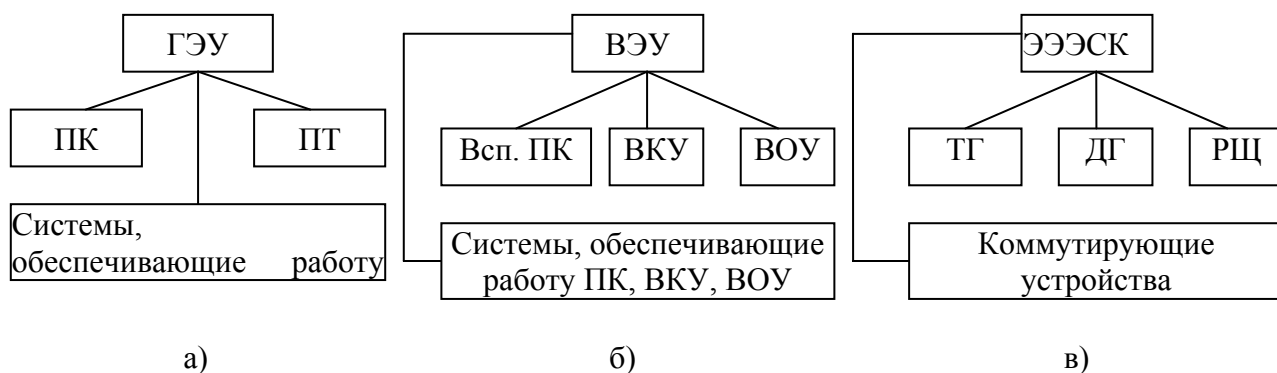


Рис. 2. Состав ГЭУ, ВЭУ, ЭЭСК: а) Состав ГЭУ, б) Состав ВЭУ, в) Состав ЭЭСК

ГЭУ называется комплекс ТС, обеспечивающих поступательное движение корабля. Она выполняет основное назначения установки. В состав ГЭУ входят главные механизмы, которые являются первичными источниками и преобразователями энергии, и системы, обеспечивающие работу главных механизмов (рис. 2,а).

Главными механизмами, входящими в состав ГЭУ КТЭУ, являются главные паровые котлы и главные паровые турбины. В главных ПК химическая энергия органического топлива в процессе его сжигания переходит в тепловую энергию пара. Преобразование тепловой энергии в механическую работу происходит в главных ПТ. Полезная работа турбины передаётся посредством редуктора и валопровода на гребной винт. Последний, вращаясь, создаёт тягу и обеспечивает движение корабля.

Системы ГЭУ представляют собой совокупность специальных трубопроводов с механизмами, аппаратами, приборами и устройствами, предназначенными для выполнения определённых функций. Основными системами ГЭУ КТЭУ являются:

- паровые системы (перегретого, насыщенного, отработавшего пара);
- конденсатно-питательная система;
- топливная система;
- система подачи воздуха в котёл;
- масляная система;
- циркуляционная система;
- система отсоса паровоздушной смеси из главного конденсатора;
- система уплотнений паровой турбины и т.д.

ВЭУ называется комплекс технических средств, обеспечивающих энергией ЭЭСК, ОКС и У, а также бытовые нужды (рис. 2,б).

В состав ВЭУ КТЭУ входят:

- вспомогательные ПК;
- вспомогательные конденсационные установки (ВКУ);
- водоопреснительные установки (ВОУ);
- системы, обеспечивающие работу ВЭУ.

В отличие от других типов КЭУ особенностью КТЭУ является то, что ВЭУ работает только во время стоянки. На ходу корабля все потребности в паре обеспечиваются ГЭУ.

ЭЭСК называется комплекс источников электроэнергии и распределительных устройств, обеспечивающих все потребности корабля в электроэнергии. В состав ЭЭСК входят турбо- и дизельгенераторы, распределительные щиты, коммутирующие устройства и т.д. (рис. 2,в).

ОКС и У представляют собой совокупность специализированных механизмов, приспособлений, устройств, предназначенных для выполнения таких функций, как:

- БЗЖ (пожарные системы, водоотливные системы);
- ЗОМП (УСВЗ, система орошения);
- обеспечения жизнедеятельности личного состава (холодильные машины, системы вентиляции и кондиционирования воздуха);
- поддержания корабля на заданном курсе (рулевое устройство);
- уменьшения динамического крена (успокоители качки) и т.д.

Принцип действия КТЭУ основан на паросиловом цикле рабочего тела, который в технической литературе называется циклом Ренкина.

В машинно-котельной установке предусмотрен замкнутый цикл конденсата и пара (рис.3). Образующийся в паровом котле 1 пар через стопорный клапан 2 поступает в главный паропровод и через маневровое устройство 3 – в турбину высокого давления 4, а затем по ресиверам 5 – в турбину низкого давления 6. Произведя работу в турбине, пар уходит в главный конденсатор 7, где, охлаждаясь, превращается в воду (конденсат). Конденсатный насос 8 забирает конденсат и прокачивает его через пароструйный эжектор 9, который отсасывает из конденсатора паровоздушную смесь и охлаждает её.

После эжектора конденсат поступает в деаэратор 10, где подогревается до кипения при температуре 102...104 °С и давлении на 0,02...0,03 МПа (0,2...0,3 кгс/см²) выше атмосферного. Тем самым от него отделяется воздух (конденсат деаэрируется). Деаэрация конденсата необходима для предупреждения кислородной коррозии внутренних поверхностей трубок и коллекторов парового котла.

Далее конденсат питательным насосом 12 подается в котел, замыкая тем самым цикл «пар-конденсат». Во всасывающей части питательного насоса конденсат, доведенный в деаэраторе до температуры кипения, может из-за снижения давления вскипеть, создать паровую подушку и сорвать работу насоса. Поэтому между деаэратором и питательным насосом устанавливается бустерный насос 11, который создает подпор 0,3...0,5 МПа (3...5 кгс/см²) и тем самым предотвращает вскипание конденсата в питательном насосе. Конденсатный, бустерный и питательный насосы объединены в один питательно-конденсатно-бустерный турбоагрегат (ПКБТ).

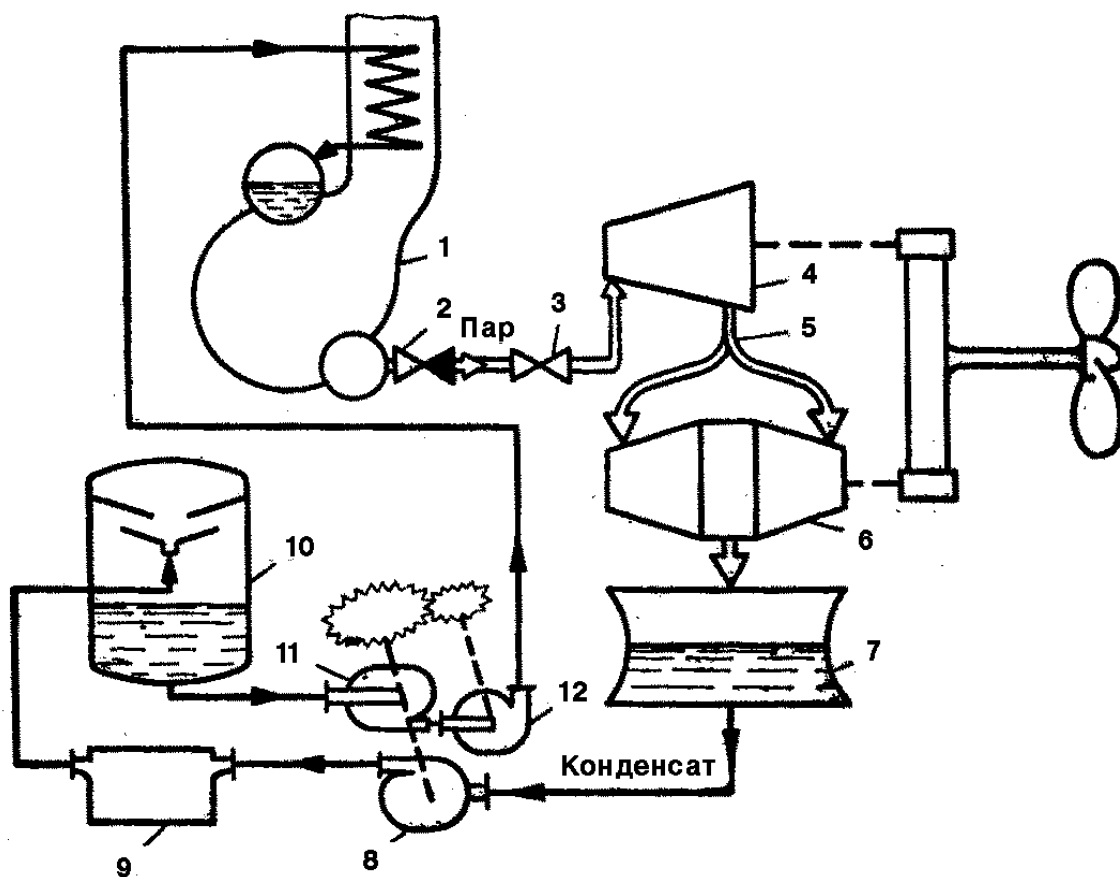


Рис.3 Схема цикла «пар-конденсат»:

1- главный котел; 2- главный стопорный клапан; 3- маневровый клапан; 4- ТВД; 5- ресивер; 6- ТНД; 7- главный конденсатор; 8- конденсатный насос; 9- пароструйный эжектор; 10- деаэратор; 11- бустерный насос; 12- питательный насос

Установка, работающая по рассмотренной схеме, в качестве рабочего тела используют пар и воду. Рабочее тело совершает замкнутый цикл, который называется паросильным циклом. Совершая цикл, рабочее тело производит при этом полезную работу в паровой турбине. Она зависит от расхода пара на турбину, от давления пара перед турбиной и от давления в конденсаторе. С целью увеличения полезной мощности паровой турбины давление в конденсаторе поддерживают ниже атмосферного. Чем больше разность между давлением свежего пара и давлением в конденсаторе, тем большую полезную работу может совершать рабочее тело.

Реальные КТЭУ имеют гораздо более сложные схемы. Они включают в себя целый ряд вспомогательных механизмов, обеспечивающих работу паровых котлов, турбин, генераторов электроэнергии таких, как насосы, вентиляторы, различные теплообменные аппараты (нефте-, маслоподогреватели, охладители и т.д.) (рис. 8).

Комплекс, состоящий из главных ПК, главной ПТ с обслуживающими их работу механизмами и системами, и обеспечивающий вращение одного гребного винта, называют машинно-котельной (турбокотельной) группой или

эшелонном. Для 2-х, 3-х и 4-х вальных кораблей используется соответствующее количество эшелонов.

Во избежание одновременного выхода из строя всех котлов или турбин при навигационных или боевых повреждениях котлы и турбины на корабле размещают определенным образом.

Практика кораблестроения выработала три способа размещения машинно-котельных групп: линейное, эшелонное и совмещенно-эшелонное.

При линейном размещении в одном котельном отделении (КО) размещаются все котлы, в другом машинном отделении (МО) размещаются все ГТЗА (рис.4.). При таком размещении длина помещений, отводимых под ГТЗА, наименьшая. Поэтому линейное размещение применяется на малых кораблях. Размещение ГТЗА в одном отсеке ухудшает живучесть установки, так как при боевых повреждениях в котельном или машинном отделении вероятность выхода из строя всей КТЭУ очень велика.

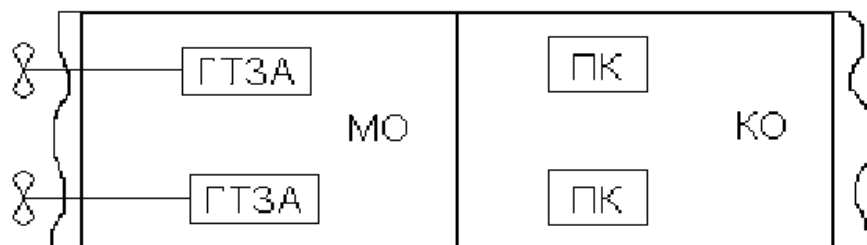


Рис. 4. Линейное размещение машинно-котельных групп

Более рациональным с точки зрения живучести является эшелонное расположение установки (рис.5), при котором машинно-котельные группы располагаются в различных отсеках, следующих друг за другом (носовой и кормовой эшелоны).



Рис. 5. Эшелонное размещение машинно-котельных групп

На современных кораблях применяется в основном совмещенно-эшелонное расположение (рис.6.). В носовом машинно-котельном отделении (МКО) располагаются два котла и один ГТЗА, которые обеспечивают работу правого гребного винта. В кормовом МКО расположение механизмов такое же, но они обеспечивают работу левого гребного винта. Для повышения живучести

КТЭУ эшелоны разделены промежуточным отсеком. Кроме того, живучесть повышается за счет уменьшения длины паропроводов в эшелоне и упрощения обслуживания установок.

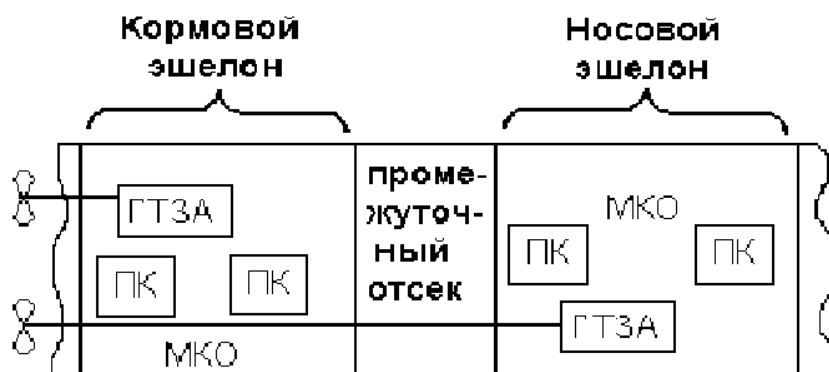


Рис. 6. Совмещенно-эшелонное размещение машинно-котельных групп

На рис. 7. изображено возможное расположение механизмов в машинно-котельном отделении при двухвальной установке. В этом случае по левому борту отделения могут быть расположены два главных котла 1, между которыми установлены нефтяной турбонасос 2, нефтяные электронасосы 3, нефтеподогреватель 4. Воздух в котлы подается наддувочным турбоагрегатом 5. ГТЗА состоящий из ТВД 6, ТНД 8, редуктора 7, главного упорного подшипника 17 со звукоизолирующей муфтой и главного конденсатора 13 установлен по правому борту отделения. Циркуляционный турбонасос 18 предназначен для прокачивания забортной водой главного конденсатора. Питательно-конденсатно-бустерные турбоагрегаты 12 забирают воду из главного конденсатора и подают ее в деаэратор 10, а затем - в котлы. Пароструйный эжектор 11 отсасывает паро-воздушную смесь из главного конденсатора. Масляный турбонасос 19 и масляный электронасос 16 подают смазочное масло на подшипники и редуктор ГТЗА, ПКБТ и ТНА через масляный фильтр 15 и маслоохладитель 14. Для периодической очистки масла установлен маслоочиститель 20. Для охлаждения механизмов и всего МКО, а также для удаления нагретого воздуха устанавливаются электровентиляторы 9. Для приема отработавшего пара от теплообменников, связанных с нефтепродуктами, установлена цистерна грязного конденсата 21.

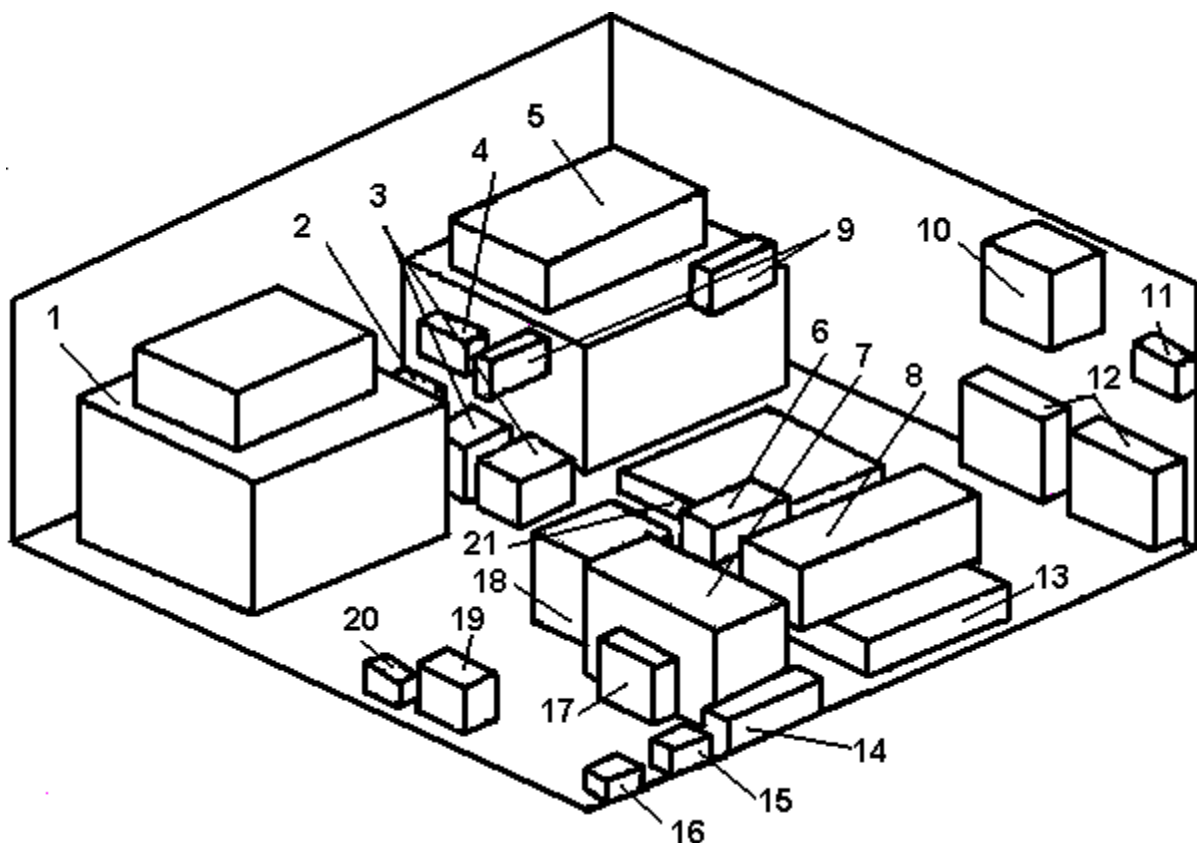


Рис.7. Расположение механизмов в МКО:

1-главный котёл; 2- нефтяной турбонасос; 3- нефтяные электронасосы; 4- нефтеподогреватель; 5- наддувочный турбоагрегат; 6- ТВД; 7- редуктор; 8-ТНД; 9- электровентильаторы; 10- деаэратор; 11- пароструйный эжектор; 12- ПКБТ; 13- главный конденсатор; 14- маслоохладитель; 15- масляный фильтр; 16- масляный электронасос; 17- главный упорный подшипник; 18 – циркуляционный турбонасос; 19- масляный турбонасос; 20 – маслоочиститель; 21 – цистерна грязного конденсата.

Внутри МКО размещается герметичная кабина, снабженная системами вентиляции, охлаждения воздуха и противохимическими фильтрами. В кабине сосредоточены пульты управления главными котлами, ГТЗА, обслуживающими их механизмами, средствами связи, управления и контроля. Весь состав боевого расчета МКО или ходовой вахты находится в этой кабине, называемой постом дистанционного управления (ПДУ).

1.2 Тепловая схема

Общая характеристика ПТУ как теплового двигателя

В состав комплекса ПТУ входят ГТЗА, ГК, валопроводы и двигатели, ВМ (масляные, топливные, конденсатные, циркуляционные, охлаждающие насосы, сепараторы и эжекторы), системы (масляная, конденсатная, циркуляционная, подвода и отсоса пара от уплотнений паровой турбины, отсоса паро-воздушной смеси из главного конденсатора, охлаждающая, регулирования и защиты) с

необходимыми ёмкостями (цистернами), теплообменными аппаратами (маслоохладители, маслоподогреватели) и фильтрами.

В ГК происходит преобразование химической энергии топлива в потенциальную энергию пара, который затем подается на потребители, основным из которых является ГТЗА.

Паровая турбина представляет собой ротативный двигатель, в котором потенциальная энергия пара преобразуется в механическую энергию вращения ротора турбины в два этапа:

- 1- потенциальная тепловая энергия пара преобразуется в кинетическую энергию потока пара;
- 2- кинетическая энергия потока преобразуется в механическую энергию вращения ротора турбины.

Для изменения направления вращения гребного винта и обеспечения ПХ и ЗХ корабля на одном валу устанавливают две турбины: переднего и заднего хода.

ПТУ в качестве подсистемы входит в единый энергетический комплекс - КТЭУ. Связь ПТУ с другими подсистемами КТЭУ и её функционирование в сложных условиях корабля определяются тепловой схемой.

Рассмотрим КТЭУ, в которой используется цикл Ренкина, осуществлённый на перегретом паре с помощью замкнутой регенеративной тепловой схемы 2-го рода, без промежуточного перегрева пара и с одноступенчатым подогревом питательной воды, отработавшим паром вспомогательных механизмов в водоподогревателе (рис. 8).

На главные турбины поступает пар полных параметров (перегретый пар). Общекорабельные потребители получают свежий (обычно насыщенный или слабоперегретый) или отработавший пар. Наиболее мощные ВМ работают на паре полных параметров, остальные на паре сниженных параметров. Кроме того, ВМ разбиты на две группы и по способу отвода отработавшего пара:

1-я группа ВМ (ТЦН, ТГ) – пар отводится на главный конденсатор;

2-я группа ВМ (ТМН, ТНН, ПКБТ, ТНА) – пар отводится в магистраль отработавшего пара (на противодавление).

Отработавший пар ВМ используется для внутренних (водоподогреватели, испарительные установки) и для внешних (паровое отопление, хозяйственные нужды) тепловых потребителей. Теплоту отработавшего пара ВМ используют для подогрева питательной воды в водоподогревателе.

Вторичный пар также подаётся к бытовым потребителям, подогревателям топлива, масла и для обогрева приёмников топлива в нефтяных цистернах. Отдельный пароводяной контур вторичного пара для общекорабельных нужд исключает загрязнения цикла “пар-конденсат” топливом или маслом.

Перегретый пар. Насыщенный пар. Слабо перегретый пар

Перегретый пар от стопорных клапанов главных котлов поступает по главному паропроводу к главным турбинам и к вспомогательному паропроводу перегретого пара. По вспомогательному паропроводу перегретый пар поступает

к ТГ, ПКБТ и ТНА. Давление и температура перегретого пара изменяются в зависимости от режима работы главного котла.

Кроме того, перегретый пар из главного паропровода добавляется в трубопровод насыщенного пара от регулирующего клапана через ограничительную шайбу. Насыщенный пар отбирается через невозвратно-запорные клапаны главных котлов также через ограничительную шайбу.

В результате добавки перегретого пара в насыщенный получается слабо перегретый пар с температурой не более 300 °С, который поступает к следующим потребителям:

- ТЦН, ТМН, ТНН;
- главному пароструйному эжектору и к вспомогательному эжектору отсоса пара от уплотнений;
- нефте- и маслоподогревателям;
- на барботажное устройство деаэрата;
- парозежекторным холодильным машинам;
- свистку и сирене;
- на паровое отопление и бытовые нужды;
- испарителю котловой воды;
- опреснителю питьевой воды;
- защитным насосам и на паротушение НЦ;
- обогревателям топливоприёмников в НЦ, форсункам главных котлов (для распыла топлива), эжектору вспомогательного конденсатора и на промывку компрессоров ТНА.

Давление слабоперегретого пара, идущего к потребителям, на всех режимах автоматически поддерживается около 25 кг/см² регулирующим клапаном, который управляется автоматическим регулятором.

На случай аварийного повышения давления в трубопроводе слабоперегретого пара установлено защитно-предохранительное устройство, которое срабатывает при повышении давления более 32 кг/см².

Отработавший пар

Отработавший пар отводится следующим образом:

- от главных турбин - непосредственно на главные конденсаторы;
- от ТГ и ТЦН - на главные конденсаторы по автономным для каждого механизма трубопроводам отработавшего пара;
- от прочих механизмов - в магистраль отработавшего пара.

От вспомогательных турбомеханизмов (кроме ТЦН) отработавший пар на стоянке и при неработающих главных котлах отводится на вспомогательный конденсатор.

По магистрали отработавшего пара большая часть отработавшего пара поступает через автоматический клапан в деаэратор, а остальной пар используется для уплотнения главных турбин и для работы испарителя.

В магистрали отработавшего пара поддерживается давление 0,9 - 1,1 кг/см². Избыток отработавшего пара автоматическим клапаном отработавшего пара перепускается на главный конденсатор. При недостатке отработавшего

пара в магистраль тем же автоматическим клапаном добавляется слабо перегретый пар.

Кроме того, предусмотрена добавка отработавшего пара из ресивера ГТЗА через невозвратно-запорный клапан.

Конденсат

Конденсат от нефте- и маслоподогревателей, от обогревателей топливоприёмников, от системы кондиционирования воздуха и от парожекторных холодильных машин отводится на цистерну грязных конденсатов. Из цистерны грязных конденсатов конденсат отводится, как правило, на главный конденсатор, а в случае загрязнения или засоления - в трюм.

Конденсат из главного конденсатора забирается конденсатным насосом ПКБТ, подаётся последовательно на прокачку конденсатора главного эжектора, конденсатора эжектора отсоса пара от уплотнения ГТЗА и конденсатора паровоздушной смеси деаэратора и подогретым за счёт конденсации паров отсоса и выпара поступает в деаэратор.

Из деаэратора подогретый до температуры 105°С и деаэрированный конденсат бустерным насосом подаётся к питательному насосу, который через автоматический регулятор питания ДРП подает питательную воду в экономайзер и далее в паровой коллектор главного котла.

Этим замыкается цикл "пар-конденсат" ЭУ.

Паровоздушная смесь из главных конденсаторов главным эжектором отсасывается на свой конденсатор. От уплотнений ГТЗА и вспомогательных механизмов паровоздушная смесь отсасывается эжектором отсоса пара от уплотнения на свой конденсатор, где частично конденсируется, окончательная конденсация происходит в охладителе паровоздушной смеси, который прокачивается заборной водой от циркуляционного турбонасоса.

Конденсат из конденсаторов эжекторов и из охладителя паровоздушной смеси отводится на главный конденсатор, при этом на линиях отвода конденсата перед главным конденсатором установлены специальные водяные фильтры.

Паровоздушная смесь от деаэратора отводится в конденсатор паровоздушной смеси деаэратора, где конденсируется, а образовавшийся конденсат вновь направляется в деаэратор.

Пополнение утечек в конденсатно-питательной системе производится из запасной цистерны питательной воды регулятором добавочного питания и нижним предельным регулятором уровня, устанавливаемыми в деаэраторе, или вручную через перепускной клапан.

Поддерживание необходимых запасов питательной воды обеспечивается работой испарительной установки котельной воды. Испаритель работает на отработавшем паре.

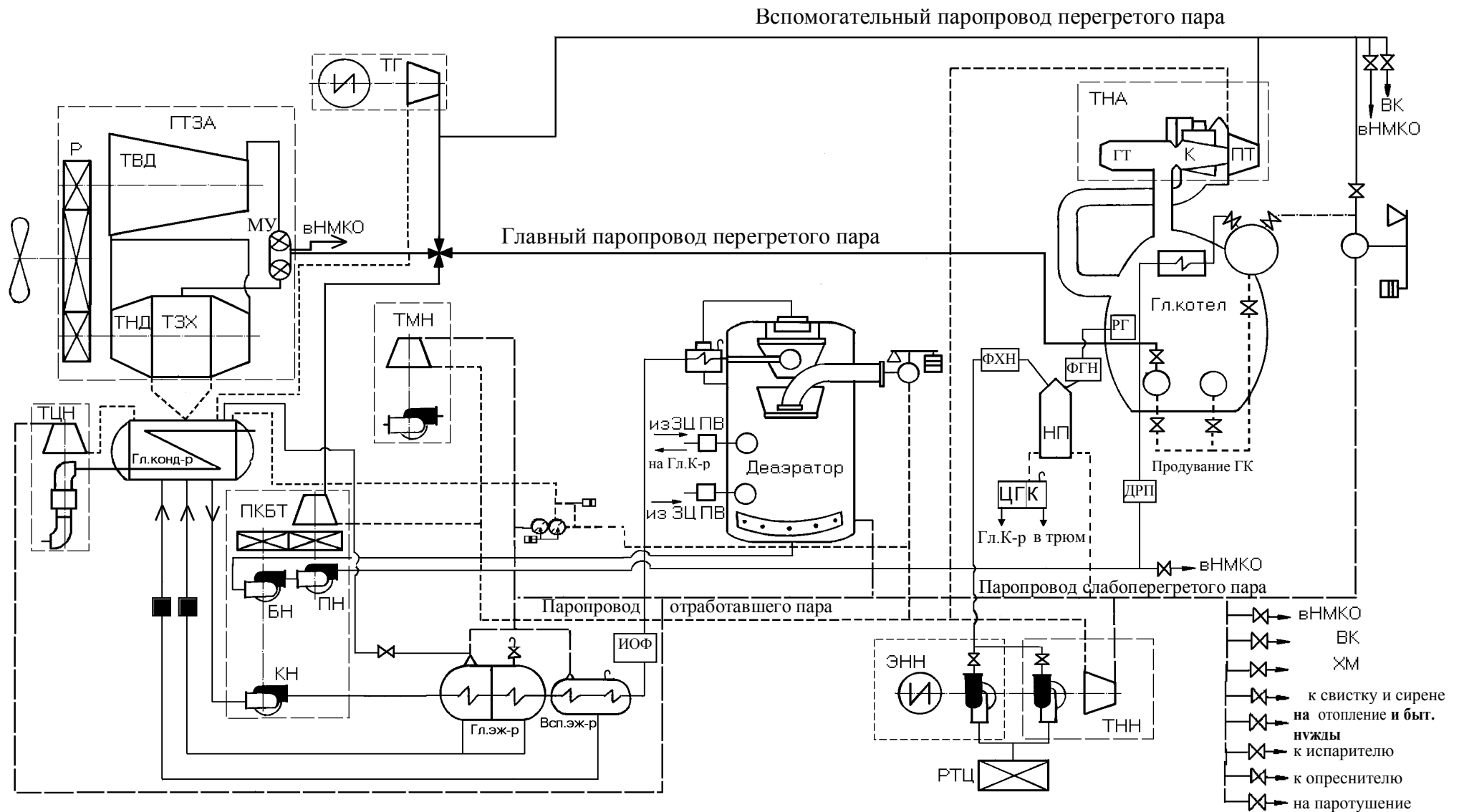


Рис.8. Тепловая схема КТЭУ

Глава II. Вспомогательные механизмы КТЭУ

2.1 Классификация и основные узлы вспомогательных турбомеханизмов

Назначение и классификация вспомогательных механизмов МКУ

Машинно-котельные установки (МКУ) используются на НК НК большого водоизмещения. В состав МКУ входят обычно несколько машин и котлов, а также вспомогательные механизмы, системы и устройства, обеспечивающие их работу.

Корабельными вспомогательными механизмами называются агрегаты, машины, аппараты и устройства, обслуживающие ГЭУ, а также обеспечивающие управление кораблём, его живучесть, обитаемость и использование вооружения.

К ВМ относятся насосы, компрессоры, нагнетатели, вентиляторы, холодильные установки, теплообменные аппараты и т.д. Наиболее подробно рассмотрим классификацию насосов.

Насосы – машины для перекачки жидкой среды.

Насосы классифицируют по принципу действия, назначению, роду перекачиваемой жидкости, типу приводного механизма, расположению вала двигателя, способу крепления.

По принципу действия корабельные насосы делят на лопастные, объемные, струйные.

Лопастными называют насосы, в которых перемещение жидкости происходит в результате взаимодействия лопасти рабочего колеса насоса с потоком жидкости. На кораблях применяют лопастные насосы трех типов: центробежные, осевые и вихревые, отличающиеся направлением течения жидкости в рабочем колесе насоса и способом приращения механической энергии жидкости.

В центробежных насосах поток входит в рабочее колесо в осевом направлении, выходит из него - в радиальном. Приращение энергии создается за счет центробежных сил инерции жидкости.

В осевых насосах поток жидкости входит в рабочее колесо и выходит из него в осевом направлении. Приращение энергии происходит вследствие реакции лопастей на жидкость.

В вихревых насосах поток подходит к рабочему колесу и отходит от него в радиальном направлении. Приращение энергии происходит в результате динамического воздействия лопастей на движущуюся жидкость.

Объемными называются насосы, в которых для перемещения жидкости в требуемом направлении изменяется объем полости, заполненной жидкостью. Жидкость из полости вытесняется рабочим органом. Рабочий орган может двигаться поступательно (поршни, плунжеры) или вращаться (шестерни, винты, эксцентрики). Насосы с рабочим органом, движущимся поступательно, называют поршневыми, движущимися вращательно - роторными.

На кораблях используют поршневые насосы двух типов: собственно поршневые и скальчатые, а также роторные насосы трех типов: винтовые, роторно-поршневые, шестеренные.

В поршневых насосах жидкость вытесняется из цилиндра уплотненным поршнем. В скальчатых насосах жидкость вытесняется из цилиндра скалкой, имеющей диаметр меньше диаметра цилиндра. Приращение механической энергии жидкости в этих насосах происходит вследствие воздействия на жидкость поршня или скалки, совершающих возвратно-поступательное движение.

В винтовых насосах жидкость вытесняется из рабочих полостей входящими в зацепление поверхностями вращающихся винтов.

В роторно-поршневых насосах жидкость вытесняется из цилиндров вращающегося ротора поршнями синхронно вращающегося наклонного приводного диска.

В шестерённых насосах жидкость вытесняется из рабочих полостей входящими в зацепление поверхностями зубьев шестерен.

Струйные насосы - это динамические насосы трения, в которых поток перекачиваемой жидкости (или газа) перемещается благодаря механическому воздействию на тело другого рабочего потока той же или иной жидкости (или газа), обладающего большей удельной кинетической энергией. Струйный насос называется эжектором, если он служит для выкачивания жидкости (или газа), или инжектором, если он предназначен для создания подпора (нагнетания).

Практически все перечисленные типы насосов нашли свое применение на кораблях и успешно решают задачи обеспечения работоспособности систем МКУ. Для упрощения механизма запоминания классификации насосов сведем их в схему (рис.9).

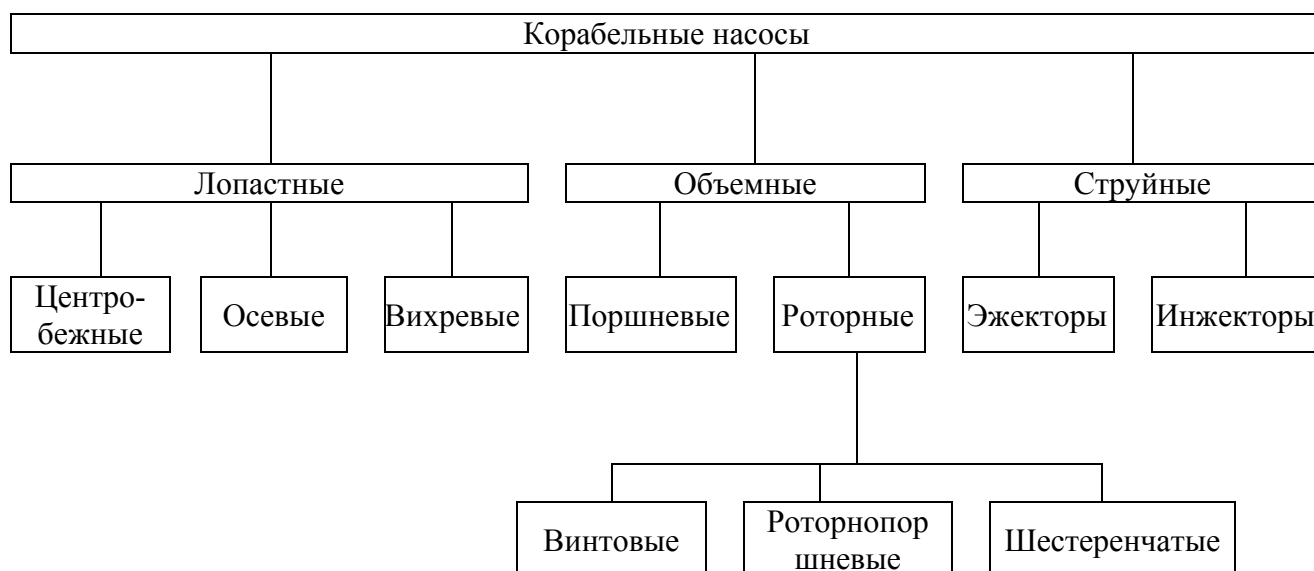


Рис.9. Схема классификации корабельных насосов

Устройство гидравлических частей вспомогательных насосов

Гидравлические части насосов состоят из двух основных частей: статора и ротора.

Статор насоса состоит из корпуса насоса, уплотнительного устройства, подшипников, направляющих аппаратов, сальника насоса.

Корпуса насосов могут изготавливаться из латуни, стали как литыми, так и сварно-литыми.

В насосах используются, как подшипники скольжения, так и качения. Как правило, подшипники скольжения насосов смазываются перекачиваемой средой, прошедшей предварительную очистку. Подшипники качения, как правило, смазываются консистентной смазкой.

Ротор насоса состоит:

- у лопастных насосов из вала 3, на который надеваются защитные рубашки 2, маслоотбойные кольца, рабочие колеса 4,6, промежуточные втулки, разгрузочные диски (рис. 10).

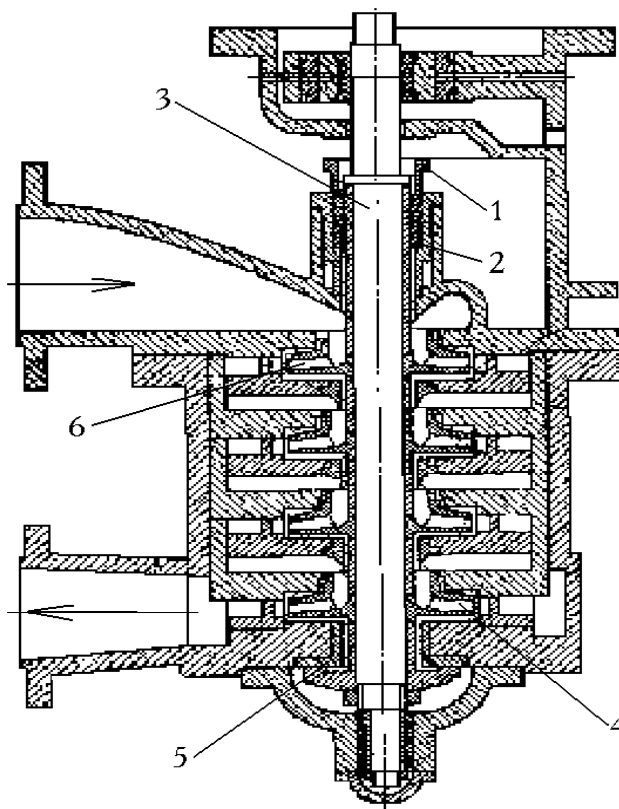


Рис. 10. Лопастной насос.

1 – уплотнительное войлочное кольцо; 2 – защитная рубашка; 3 – вал насоса; 4 – колесо рабочее нижнее; 5 – уплотняющая втулка; 6 – колесо рабочее верхнее;

- у объемных насосов:

- 1) у винтовых насосов ротор состоит из рабочих винтов, втулок, верхних и нижних подшипников. Рабочие винты - двухзаходные. Ведущий винт имеет правую резьбу, ведомые - левую. Вращающий момент от ведущего винта к ведомым у одних насосов передается трением рабочих поверхностей, у других - за счет косозубых шестерен, насаженных на нижние концы ведущего и ведомого винтов (рис. 11).

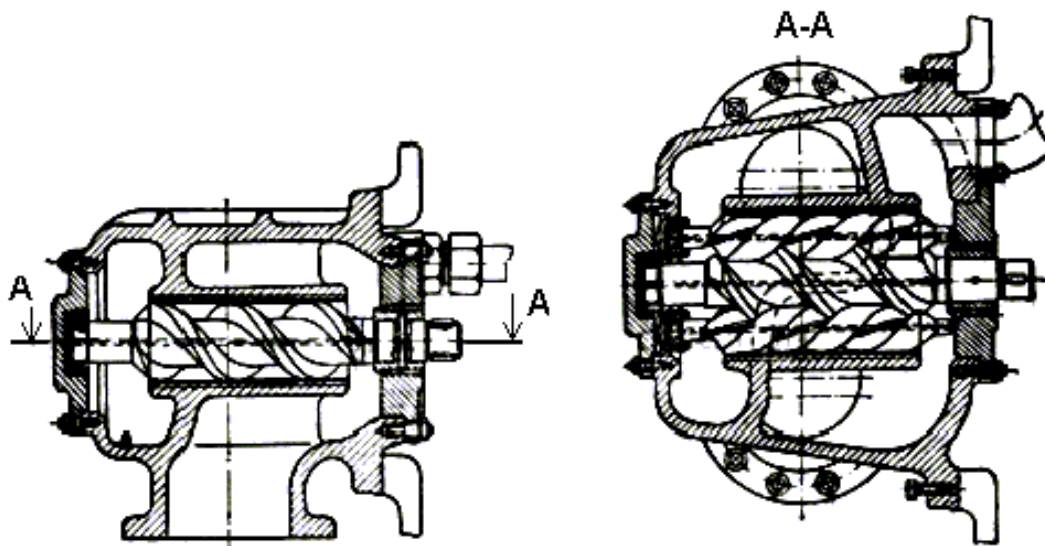


Рис.11. Винтовой насос

- 2) у шестеренных насосов ротор состоит из двух или нескольких одинаковых зубчатых колес, одно из которых является ведущим, а остальные - ведомыми. Зубчатые насосы требуют точной и тщательной подгонки трущихся частей. Торцевые поверхности зубчатых колес особенно хорошо должны быть подогнаны к крышкам корпуса насоса (рис 12).

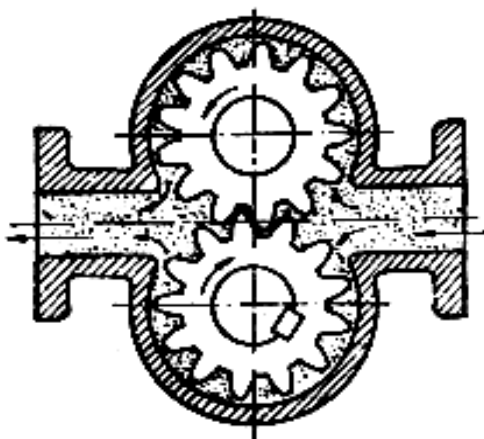


Рис.12. Шестеренчатый насос

Особенность устройства струйных насосов в том, что они не имеют вращающихся частей. Состоит из сопла, камеры разряжения и диффузора (рис.13).

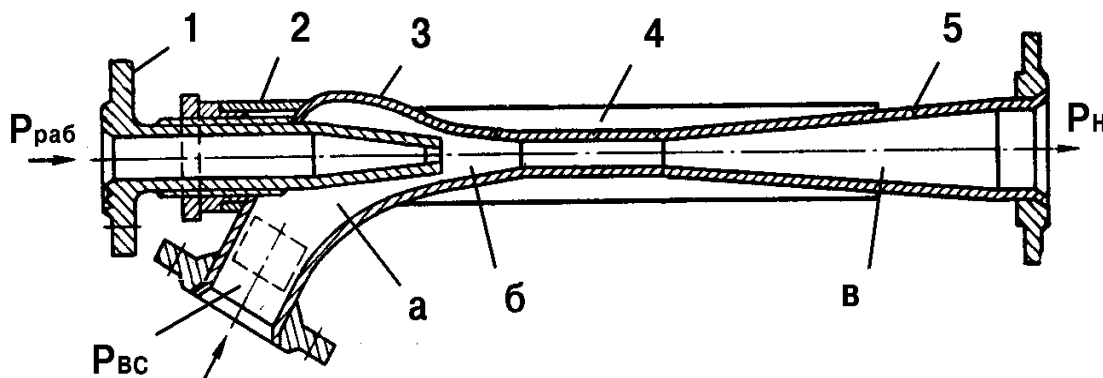


Рис.13. Устройство струйного насоса:

а) приемная камера; б) камера смешения; в) диффузор;

1 - сопло; 2 - патрубок сопла; 3 - приемный патрубок; 4 - ребра жесткости; 5 - отливной патрубок; $P_{раб}$, $P_{вс}$, $P_{н}$ – давление рабочей жидкости, давление на всасывании насоса и давление на нагнетании.

Существуют многоступенчатые центробежные насосы. Они представляют собой ряд рабочих колес, которые сидят на общем валу и включены последовательно. При таком включении колес создаваемые ими напоры складываются так, что полный напор машины равен сумме напоров отдельных ступеней. Насосы с параллельно соединенными колесами называются многопроточными. Также рабочие колеса могут соединяться параллельно-последовательно.

Устройство турбин и редукторов механизмов

В качестве двигателей, приводящих в движение вспомогательные механизмы ЭУ на кораблях с КТЭУ, применяются паровые турбины.

Турбины вспомогательных механизмов состоят из двух основных частей: корпуса (статора) и ротора.

Роторы турбин ВМ выполняются стальными, цельноковаными консольного типа. Имеют диск с одной или несколькими канавками для лопаток. Могут иметь паро- и маслоотбойные гребни, гребни упорных подшипников. В районе выхода ротора из корпуса турбины на роторе имеется кольцевая проточка для организации уплотнения турбины. Вал ротора имеет проточки под опорные подшипники. Вал заканчивается либо шестерней, выполненной заодно с валом, либо с приспособлением для соединения вала турбины с редуктором или непосредственно с насосом.

В кольцевую проточку диска ротора турбины заводятся лопатки, выполненные из нержавеющей стали и имеющие хвостовик зубчикового профиля для установки в пазах ротора и с шипами для установки бандажей.

Бандажи из нержавеющей стали крепятся расклепыванием шипов лопаток и образуют пакет по 10 лопаток. Крайние шипы каждого пакета пропаиваются серебряным припоем. Между бандажами соседних пакетов оставлены тепловые зазоры.

Со стороны входа пара бандажи и ножки лопаток имеют заостренные кольцевые выступы, которые создают осевой зазор. Диск ротора может иметь отверстие для выравнивания давлений.

Корпуса турбин ВМ, как правило, стальные литые, состоящие из нескольких частей, соединяющихся вертикальными и горизонтальными фланцами на шпильках и болтах. Фланцы пришабрены и собраны на паровой мастике. Одна из частей корпуса имеет патрубок отработавшего пара и горизонтальный фланец для крепления корпуса турбины к корпусу зубчатой передачи. Сопловые коробки отливаются заодно с крышкой турбины или крепятся к ним шпильками. Крышка имеет кольцевую расточку, куда заводится либо вваривается сопловой сегмент.

Корпус имеет кольцевой паз на внутренней поверхности, куда вставлена и закреплена по разьему обойма направляющих лопаток, состоящая из передней и задней половин. В каждую половину обоймы заводят пакеты направляющих лопаток и уплотнительные сегменты. Заостренные кромки уплотнительных сегментов и бандажи создают радиальный зазор.

В корпусе турбины крепятся уплотнения турбины. Уплотнения лабиринтовые, имеют обоймы, состоящие из двух половин, которые заводятся в расточки корпуса. Сами обоймы имеют также кольцевые Т-образные расточки, куда заводятся хвосты уплотнительных колец. Уплотнительное кольцо может состоять из двух и более сегментов (в зависимости от диаметра ротора турбины). Между сегментами и обоймой вставлены плоские пружины. В случае соприкосновения с валом сегменты обоймы имеют возможность смещаться в радиальном направлении.

Редукторы вспомогательных механизмов предназначены для снижения числа оборотов турбин (рис. 14).

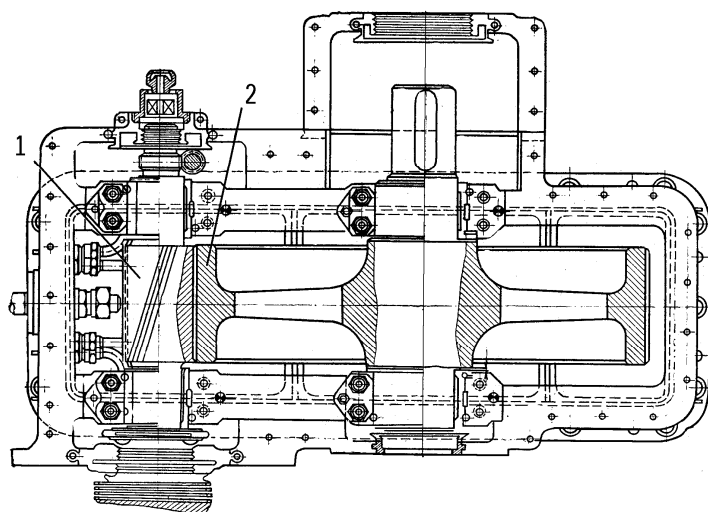


Рис.14. Редуктор:
1 – шестерня; 2 - колесо

Они выполняются одно- или двухступенчатыми. Редуктор ВМ состоит, как и турбина, из двух основных частей: статора и ротора.

Статор редуктора является корпусом, внутри которого размещается ротор. Он служит для крепления подшипников редуктора и турбины, а также для размещения масляных насосов (пусковых электронасосов, ручных насосов), элементов системы регулирования и защиты, контрольно-измерительных приборов и элементов масляной системы (фильтры, масляные дефлекторы, горловины для заливки масла и т.п.). Нижняя часть статора, если насос имеет автономную систему смазки, изготавливается в виде картера, внутри которого размещается маслоохладитель.

Валы ротора редуктора изготавливаются из специальных сталей и отковываются как вместе с колесом редуктора, так и отдельно. На валу могут быть нарезаны зубья шестерней приводных масляных насосов и тахометров, упорные гребни упорных подшипников. Шестерни и колеса зубчатой передачи косозубые. Зубья нарезают таким образом, чтобы уравнивать осевые усилия. Остаточные усилия воспринимают упорные подшипники.

Ротор редуктора и турбины покоятся в опорных и опорно-упорных подшипниках. На турбину, как правило, устанавливают подшипники скольжения, а на ротор редуктора - как скольжения, так и качения или и те, и другие.

2.2. Конструктивные особенности турбонасосов

Устройство ТЦН

Циркуляционные турбонасосы типа ТЦН-8500/7,2 предназначены для подачи охлаждающей забортной воды в главные конденсаторы, маслоохладители ГТЗА, воздухоохладители МКО, цистерны грязных конденсатов, а также в конденсаторы отсоса пара от уплотнений ГТЗА. На передних ходах с частотой вращения гребного вала более 100 об/мин забортная вода подается на эти теплообменные аппараты благодаря движению корабля (самопроточная циркуляция). С этой целью приемные шахты циркуляционной системы имеют козырьки, направляющие воду в систему. На ходах менее 100 об/мин ПХ, при стоянке и на ЗХ самопроточная циркуляция не обеспечивается, поэтому для обеспечения циркуляции на этих режимах в каждом МКО установлено по одному ТЦН.

Составные узлы ТЦН и их взаимодействие

Циркулярный турбонасос рис.15 состоит из турбины 17, зубчатой передачи 3, корпуса 13, системы смазки 4, 5, 6, 12 и 16 и системы местного дистанционного управления 1, 2.

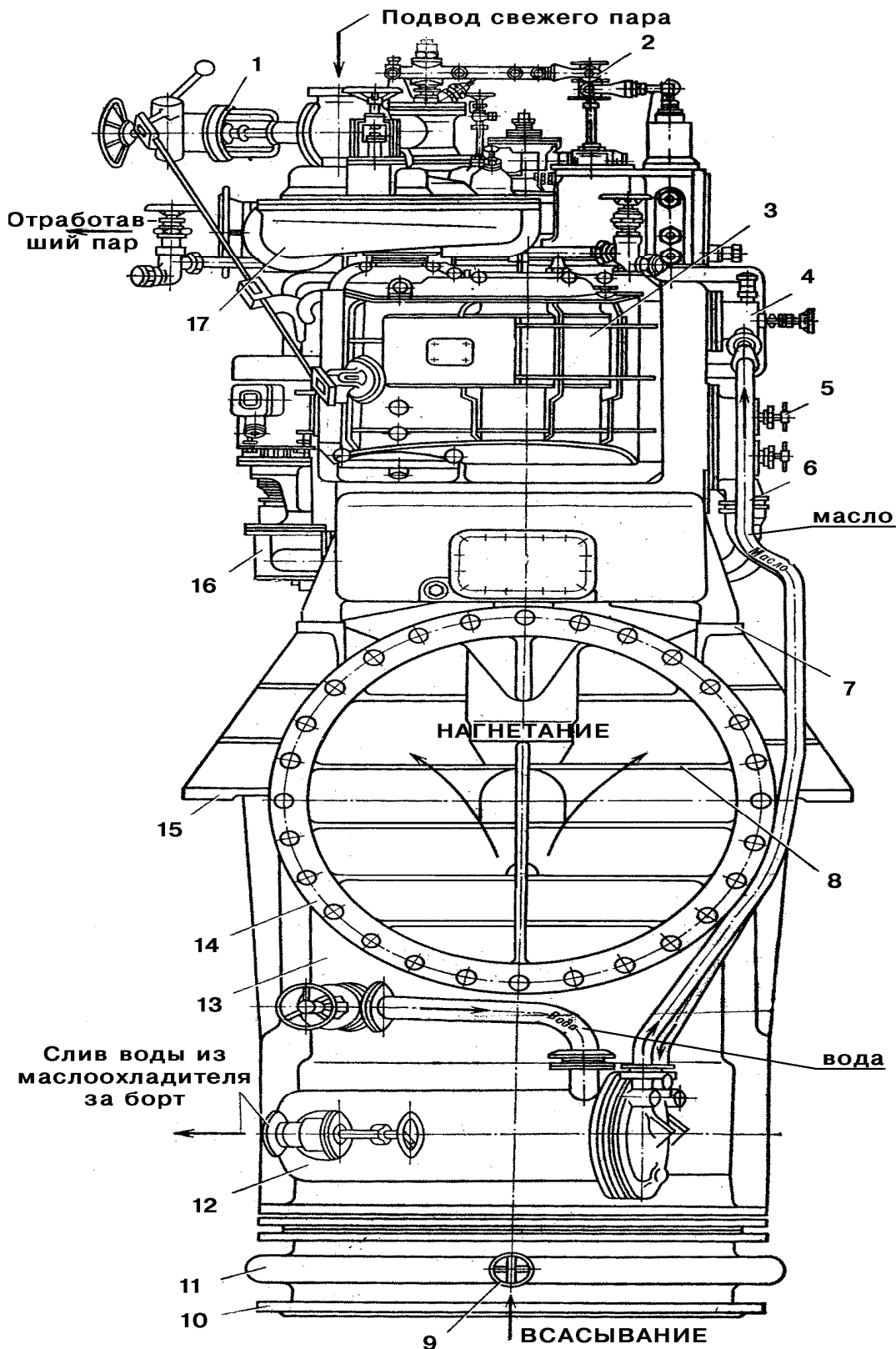


Рис.15. Циркуляционный турбонасос:

1 – быстрозапорный клапан; 2 – привод регулирующего клапана; 3 – корпус зубчатой передачи; 4 – масляный насос; 5 – масляный фильтр; 6 – маслопровод; 7 – лапа; 8 – ребро; 9 – продувание компенсатора; 10 – фланец; 11 – компенсатор; 12 – маслоохладитель; 13 – корпус; 14 – фланец; 15 – лапа; 16 – пусковой масляный насос; 17 – турбина.

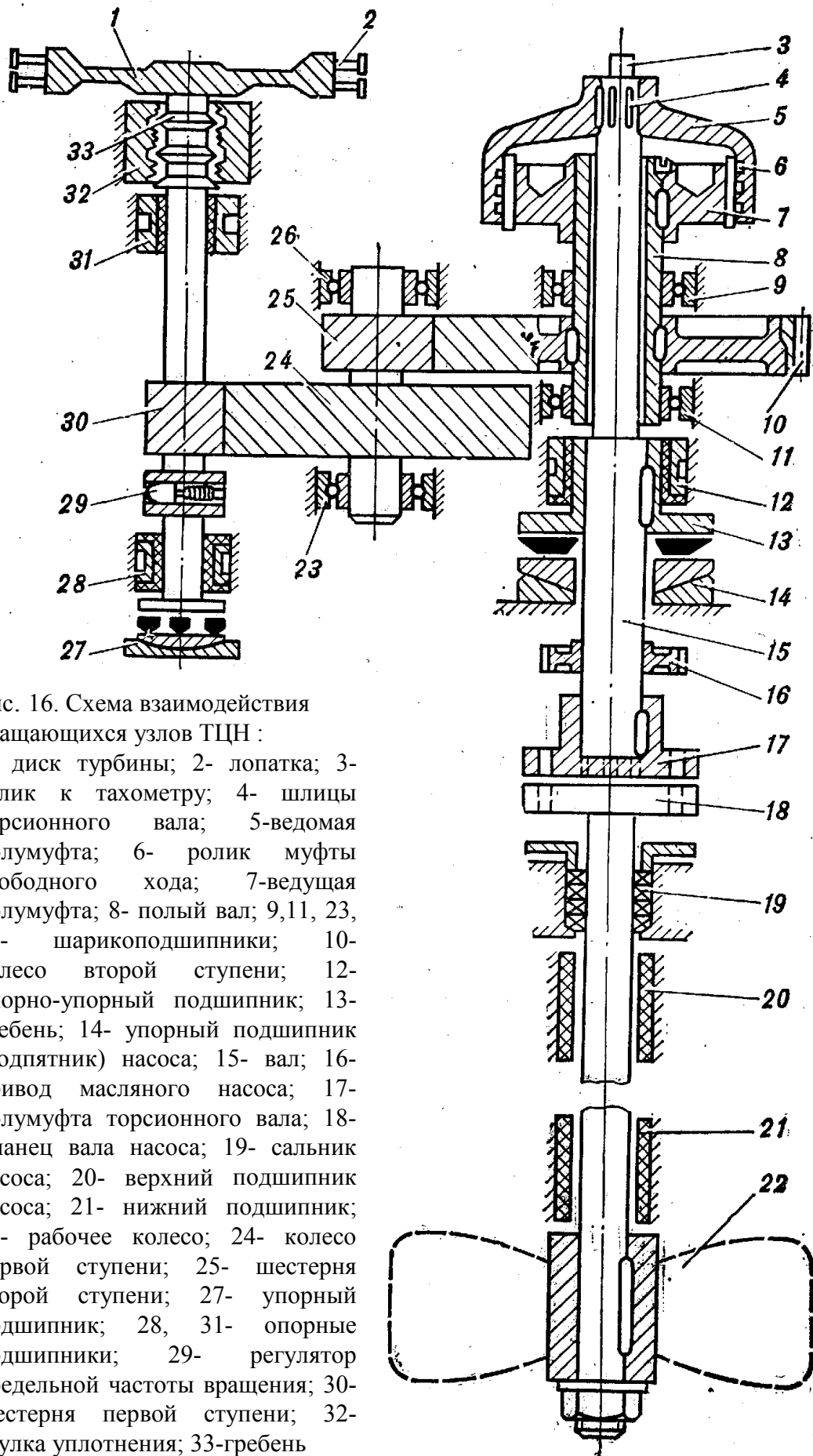


Рис. 16. Схема взаимодействия вращающихся узлов ТЦН :

1- диск турбины; 2- лопатка; 3- валик к тахометру; 4- шлицы торсионного вала; 5- ведомая полумуфта; 6- ролик муфты свободного хода; 7- ведущая полумуфта; 8- полый вал; 9, 11, 23, 26- шарикоподшипники; 10- колесо второй ступени; 12- опорно-упорный подшипник; 13- гребень; 14- упорный подшипник (подпятник) насоса; 15- вал; 16- привод масляного насоса; 17- полумуфта торсионного вала; 18- фланец вала насоса; 19- сальник насоса; 20- верхний подшипник насоса; 21- нижний подшипник; 22- рабочее колесо; 24- колесо первой ступени; 25- шестерня второй ступени; 27- упорный подшипник; 28, 31- опорные подшипники; 29- регулятор предельной частоты вращения; 30- шестерня первой ступени; 32- втулка уплотнения; 33- гребень

На рис.16 показано взаимодействие турбины с насосом. Через двухступенчатую передачу 30, 24, 25, 10 вращение передается по полуму валу 8, который посредством муфты свободного хода 5, 6 и 7 соединен с торсионным валом 4. Муфта свободного хода передает вращение только от вала 8 к валу 15 (от турбины к насосу). При вращении вала 15 во время работы главного конденсатора на самопроток муфты 5 и 7 отключаются и не передают вращение в обратном направлении (от насоса к турбине).

Для обеспечения смазки подшипников при запуске и остановке механизма установлен пусковой масляной электронасос 16 (рис. 15).

ТЦН имеет дистанционное автоматизированное управление. Паровпускной клапан имеет сервопривод, соединенный маслопроводами с системой дистанционного управления ГТЗА. При включенной системе дистанционного управления турбонасос работает при частоте вращения ГТЗА на ПХ до 100 об/мин, при не вращающихся турбинах и на всех режимах заднего хода частота вращения ТЦН при этом автоматически изменяется в соответствии с изменением частоты вращения ГТЗА. При развитии ГТЗА более 100 об/мин ПХ подача пара на турбину ТЦН прекращается, турбина и зубчатая передача останавливаются, а насос вместе с торсионным валом свободно вращается в потоке циркуляционной воды (муфта свободного хода отключена). При уменьшении частоты вращения ГТЗА ниже 100 об/мин, и при реверсах пар автоматически подается на турбину.

Предусмотрено также ручное управление ТЦН, которое применяется при вводе МКУ в действие, при выводе МКУ из действия, при неисправностях системы дистанционного управления ГТЗА и в учебных целях.

Турбина ТЦН активного типа с двумя ступенями скорости.

Корпус турбины - литой стальной, состоит из передней половины, задней половины и крышки. Части корпуса соединяются одним вертикальным и одним горизонтальным фланцами на шпильках и болтах. Фланцы пришабрены и собраны на паровой мастике. Задняя половина имеет патрубок отработавшего пара и горизонтальный П-образный фланец для крепления корпуса турбины к корпусу зубчатой передачи. Сопловая коробка отлита вместе с крышкой турбины. Крышка имеет кольцевую расточку, в которую вваривается сопловый сегмент, состоящий из 24 расширяющихся сопел. Сопла и сопловая коробка 6 (рис. 17) разделены перегородкой на две группы: основную - из 18 сопел и добавочную - из 6 сопел. Передняя 1 и задняя половины корпуса имеют кольцевой паз на внутренней поверхности, куда вставлена и закреплена по разьему штифтами обойма 2 направляющих лопаток 11, также состоящая из передней и задней половин. В каждую половину обоймы заведено по пять пакетов направляющих лопаток (11 лопаток в пакете), по три уплотнительных сегмента 3 1-ой ступени и по три уплотнительных сегмента 13 2-ой ступени. Заостренные кромки уплотнительных сегментов и бандажа 10 создают радиальный зазор 0,4 мм. Все эти детали изготовлены из нержавеющей стали.

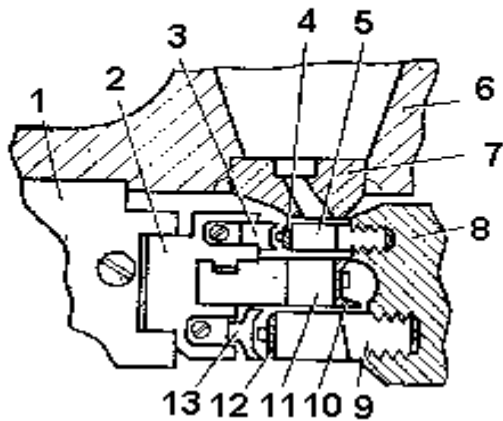


Рис.17. Проточная часть турбины ТЦН (разрез по плоскости разъема передней и задней половины):

1 – передняя половина корпуса; 2 – обойма; 3, 13 – уплотнительные сегменты рабочих лопаток; 4, 10, 12 – бандажи; 5, 9 – рабочие лопатки; 6 – сопловая коробка; 7 – сопловая дуга; 8 – диск ротора турбины; 11 – направляющая лопатка

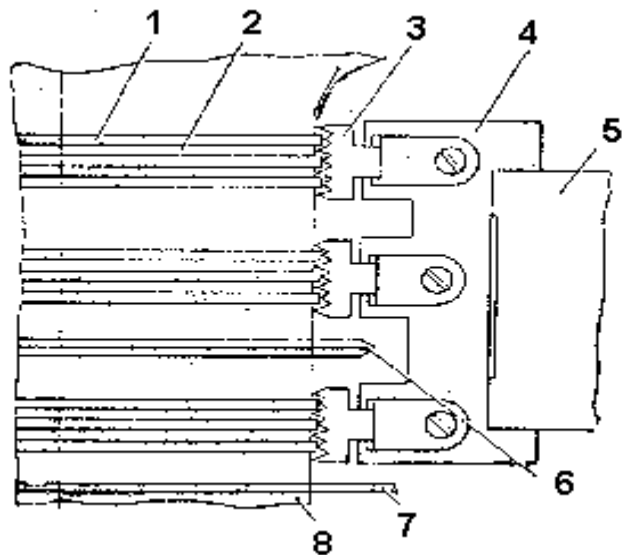


Рис.18. Уплотнение турбины ТЦН (вид по вертикальному разъему):

1 – буртик вала; 2 – впадина между буртами; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – обойма; 5 – корпус турбины; 6, 7 – гребни вала; 8 - вал

Ротор турбины (рис. 16) кованный стальной, имеет диск 1 с двумя канавками для лопаток, косозубую шестерню 30 1-ой ступени, гребень предельного регулятора 29, гребень упорного подшипника 21, шейки опорных подшипников 28 и 31, гребни уплотнения 33. Лопатки (рис. 17) цельнофрезерованные из нержавеющей стали с хвостами зубчикового профиля для установки в пазах ротора 8 и с шипами для установки бандажей. Первая ступень имеет 160 лопаток 11, вторая - 102 лопатки 9. Бандажи 4, 10 и 12 из нержавеющей стали крепятся расклёпыванием шипов лопаток и образуют в первой ступени 16 пакетов по 10 лопаток, а во второй ступени - 19 пакетов по 10 лопаток и один пакет из 12 лопаток. Крайние шипы каждого пакета пропаиваются серебряным припоем. Между бандажами соседних пакетов оставлены тепловые зазоры. Со стороны входа пара бандажи и ножки лопаток имеют заостренные кольцевые выступы, которые создают осевой зазор 0,6 мм. Диск имеет 5 отверстий для выравнивания давлений.

Уплотнение турбины (рис.18) лабиринтовое, имеет обойму 4, состоящую из двух половин, которые заводятся в центральную расточку днища корпуса 5 и скрепляются между собой двумя винтами. В три кольцевые Т-образные расточки обоймы заведены хвосты уплотнительных колец 3. Каждое кольцо состоит из четырех сегментов и имеет по 7-9 усиков. Между сегментами и

обоймами вставлены плоские пружины. На валу 8 ротора выточены 11 буртиков 1 и два гребня 6 и 7. Буртики 1 и впадины 2 между ними в сочетании с усиками уплотнительных колец создают лабиринт с радиальными зазорами 0,12-0,26 мм. Полости между уплотнительными кольцами соединены: верхняя – с уравнительным бачком системы уплотнения ГТЗА, нижняя – с трубопроводом отсоса. Верхний гребень 6 является пароотбойным, второй сверху 7 - водоотбойным. Оба гребня предотвращают попадание пара и конденсата по валу внутрь подшипника турбины.

Подшипники турбины расположены в корпусе зубчатой передачи.

Опорные подшипники 28 и 31 (рис. 16) - скользящие с форсированной смазкой, имеют стальные вкладыши, состоящие из двух половин, залитых баббитом. Задние половины вкладышей имеют по два отверстия для подвода масла к шейкам. В передних вкладышах имеется по одному отверстию для стопорения и по одному для установки термометров. Нижний подшипник 28 при выходе из строя упорного подшипника является аварийным упорным подшипником. С этой целью его верхний торец залит баббитом, а на валу ротора имеется упорный гребень. Зазор между ними составляет 1,1-1,35 мм, что обеспечивает остановку ТЦН в аварийном случае без повреждения лопаток и уплотнения. Для предохранения лопаток и уплотнений при подъеме ротора, если на холостом ходу не отключится муфта 5, между нижним торцом опорного подшипника 28 (также залитого баббитом) и гребнем упорного подшипника устанавливается зазор 0,25-0,30 мм.

Упорный подшипник 27 (рис. 16) имеет 5 бронзовых упорных колодок, залитых баббитом, в которые упирается упорный гребень ротора турбины. Для равномерного распределения давления упорные колодки расположены на сферической шайбе, которая самоустанавливается в сферическом углублении подпятника. Подпятник установлен в корпусе зубчатой передачи и имеет вид чаши. К центральному отверстию подпятника подводится масло, которое затем поступает к упорным колодкам и частично к сферическим поверхностям. Из чаши масло стекает в корпус зубчатой передачи.

Зубчатая передача двухступенчатая с передаточным отношением около 17,1. Она состоит из корпуса, шестерни 30 и колеса 24 (рис. 16) 1-ой ступени, шестерни 25 и колеса 10 2-ой ступени, муфты свободного хода 5, 6 и 7, торсионного вала 15, шариковых подшипников 23 и 26 промежуточного ротора, шариковых подшипников 9 и 11 колеса 2-ой ступени, опорно-упорного 12 и упорного 14 подшипников торсионного вала. Торсионный вал 15 имеет шестерню 16 привода масляного насоса и полумуфту 17 для соединения с валом циркуляционного насоса.

Корпус зубчатой передачи состоит из литого стального картера с двумя стальными сварными крышками зубчатых колес, литой из алюминиево-магниевого сплава верхней крышкой, стальных крышек подшипников, крышек лючков для осмотра зацепления. Картер является основой для установки и фиксации всех подшипников турбины и зубчатой передачи. Его нижняя часть представляет собой резервуар системы смазки ТЦН. Картер при помощи лап на

болтах крепится к корпусу насоса, а сверху к картеру крепится корпус турбины. Снаружи к картеру на шпильках крепятся основной и электрический масляные насосы, масляный фильтр и маслораспределительная коробка.

Шестерни и колеса зубчатой передачи косозубые. Для уравнивания осевых усилий зубцы на колесе 24 и шестерне 25 промежуточного вала (рис. 16) нарезаны в противоположные стороны, а на колесе 10 2-ой ступени так, чтобы осевое усилие было направлено вверх, то есть противоположно направлению силы тяжести. Остаточные осевые усилия воспринимают опорно-упорные шарикоподшипники 23 и 9. Для этого их наружные обоймы закреплены от осевого перемещения с помощью вкладных Г-образных колец. Шестерни 1-ой и 2-ой ступеней откованы вместе с валом турбины и промежуточным валом передачи. Колеса 1-ой и 2-ой ступеней откованы в виде зубчатых венцов и насажены на утолщения валов на шпонках в горячем состоянии.

Муфта свободного хода состоит из полумуфты 5 (рис. 16), соединенной с торсионным валом 15 шлицами 4, полумуфты 7, насаженной на полый вал 8 колеса 2-ой ступени, роликов 6, пружин и разделительных колец (сепараторов).

На рис. 19 показаны детали муфты, соединяющие или разъединяющие обод 1 и полумуфту 4: ролик 6, сепаратор 2, пружина 5, упор 3. Обод муфты имеет цилиндрическую поверхность, по которой могут перекатываться 8 роликов. Ролики постоянно находятся на одинаковых расстояниях один от другого, так как они в своих верхней и нижней полостях удерживаются кольцами сепараторов. Пружины стремятся повернуть сепараторы, а вместе с ними и ролики в сторону, противоположную направлению вращения.

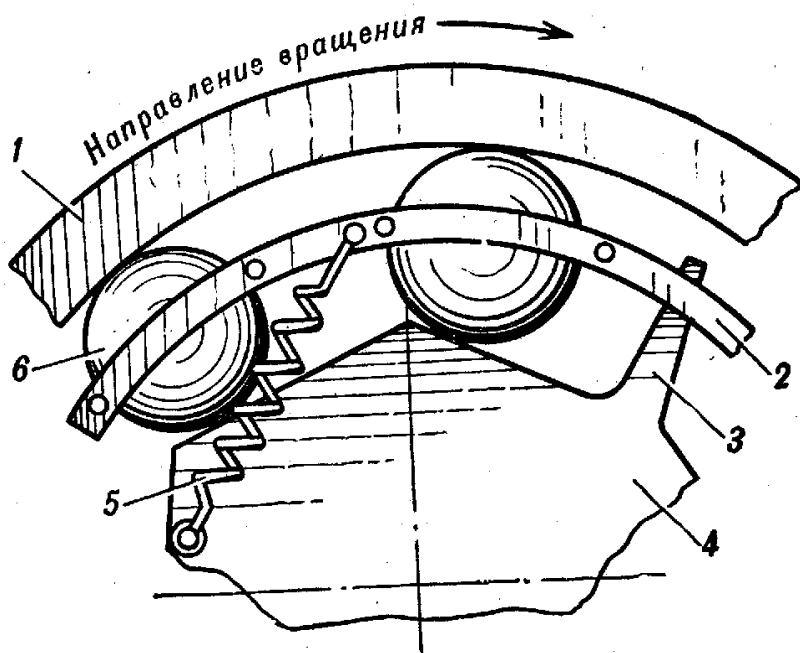


Рис.19. Взаимодействующие детали муфты свободного хода:
1 – обод (ведомый); 2 – сепаратор; 3 – упор; 4 – полумуфта; 5 – пружина; 6 - ролик

Полумуфта 2-ой ступени имеет граненую поверхность (16 граней). Поэтому под действием пружин ролики заклиниваются между ободом и полумуфтой, когда ТЦН не работает. При пуске турбины вращение полумуфты передается ободу и далее валу насоса. Если насос вращается самостоятельно под влиянием самопротока, обод за счет трения выводит ролики из заклинивающего состояния. Сепараторы перемещаются относительно полумуфты до упора (на 1/32 оборота), увеличивают натяжение пружин. Ролики перемещаются на середины граней, где расстояние между гранями и ободом максимальное. Обод вращается, но передать вращение через ролики не может, в результате турбина не вращается.

Опорный подшипник 12 торсионного вала (рис.16) - скользящего типа со стальными вкладышами, с нижнего торца залитыми баббитом. Зазор между нижним торцом и гребнем упорного подшипника 0,4...0,5 мм. При вращении ТЦН на самопротоке возникает осевое усилие вала насоса вверх, которое воспринимается торцом опорного подшипника.

Упорный подшипник 14 торсионного вала (рис.16) имеет 8 бронзовых упорных колодок, залитых баббитом, и гребень 13. Упорные колодки установлены на сферической шайбе, которая самоустанавливается в сферической расточке подпятника 14. Смазка опорного и упорного подшипников подобна смазке подшипников турбины.

Насос одноступенчатый осевого типа, состоит из бронзового корпуса, латунного вала с бронзовыми втулками, бронзового рабочего колеса, двух латунных подшипников с резиновой внутренней облицовкой.

Корпус насоса (рис. 15) - литой, состоит из двух половин. Для установки на фундамент корпус имеет лапы 15, а также две лапы 7 для установки на насос корпуса зубчатой передачи. В нижней части корпус имеет компенсатор 11, к фланцу 10 которого крепится приемный клинкет. Компенсатор сварной из медно-никелевого сплава, допускает изменение взаимного положения насоса и приемной шахты в пределах ± 10 мм (при качке, взрывах, температурных удлинениях). Нагнетательный трубопровод крепится к фланцу 14. Внутри корпус имеет приемную часть (обтекатель гайки рабочего колеса) с тремя радиальными ребрами и кольцом и направляющий аппарат (пять радиальных лопастей, центральная труба и пять изогнутых ребер 8), с помощью которых поток воды направляется внутри насоса с наименьшими сопротивлениями. Между корпусом и рабочим колесом установлено латунное кольцо, которое предохраняет корпус от струйной коррозии. Кольцо установлено так, что зазор между ним и лопастями рабочего колеса составляет 0,5...1,7 мм. Для предохранения от электролитической коррозии в крышке корпуса противоположно нижней части напорного патрубка установлен стальной протектор.

Подшипники насоса опорные установлены внутри трубы направляющего аппарата и в верхней крышке корпуса. Поверхность трения смазывается водой, которая поступает из нагнетательной части насоса и отводится во всасывающую часть.

Уплотнение вала насоса состоит из просаленной хлопчатобумажной набивки сквозного плетения ПП 22x2 (5...6 шлагов) и нажимной бронзовой втулки с латунными шпильками и гайками.

Система смазки (рис. 20) состоит из картера 1 с заливной горловиной 2 и маслоуказательным прибором 3, основного масляного насоса 4, пускового масляного электронасоса 13, фильтра 8, маслоохладителя 9, маслораспределительной коробки 6, маслопроводов, арматуры и контрольно-измерительных приборов.

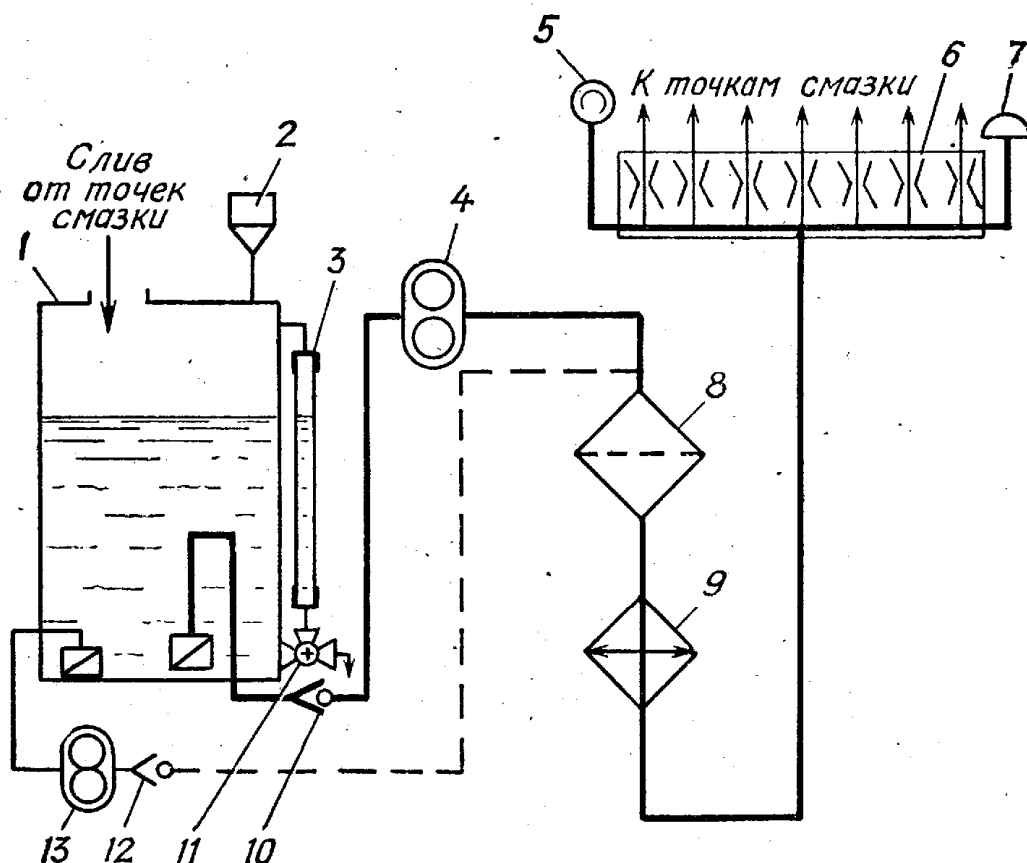


Рис.20. Схема системы смазки ТЦН:

1 – картер; 2 – заливная горловина; 3 – маслоуказательный прибор; 4 – основной масляный насос (с механическим приводом от редуктора ТЦН); 5 – манометр; 6 – маслораспределительная коробка; 7 – манореле; 8 – фильтр; 9 – маслоохладитель; 10, 12 – обратные (невозвратные) клапаны; 11 – трехходовая пробка; 13 – пусковой масляный насос (с электродвигателем)

Основной и пусковой насосы 4 и 16 (рис.15) шестерённые. Их подшипники (бронзовые втулки) смазываются прокачиваемым маслом. Масляный насос включается автоматически по импульсу манореле 7 (рис.20), если давление масла становится ниже 0,25 МПа (0,25 кгс/см²), а перед пуском ТЦН - вручную с пульта управления. При развитии частоты вращения ТЦН и достижения давления масла 0,1 МПа (1 кгс/см²) электронасос отключается с пульта управления вручную. Во избежание перетекания масла в обратном

направлении через неработающий основной или пусковой насос установлены в системе обратные клапаны 10 и 12.

Масляный фильтр 5 (рис.15) пластинчатый, имеет четыре патрона, которые работают параллельно. Очистка патронов производится поворотом рукоятки на один-два оборота перед пуском, остановкой и периодически при работе ТЦН.

Маслоохладитель 12 (рис.15) имеет латунный корпус, который крепится к корпусу ТЦН, латунную трубную доску с ввальцованными в неё медно-никелевыми U-образными трубками и стальную крышку, разделенную перегородкой пополам и имеющую в каждой полости по патрубку для подвода и отвода масла. Масло проходит по трубкам, а вода - внутри корпуса.

Маслораспределительная коробка 6 (рис. 20) имеет 14 трубок, идущих к точкам смазки. Перед каждой трубкой установлены дроссельные шайбы с диаметром отверстий, рассчитанным на необходимый для данной точки расход. Коробка снабжена термометром, манометром 5 и имеет отвод для автоматического пуска электронасоса.

Картер заполняется турбинным маслом в количестве 120 кг (до рабочего уровня). Маслоуказательный прибор имеет трёхходовую пробку 11 (рис. 20), с помощью которой можно включить или отключить прибор или спустить масло из картера.

Система местного и дистанционного управления

Для управления турбиной служит быстрозапорный клапан с предельным регулятором, ручной клапан, регулирующий клапан с сервоприводом, трубопроводы силового и импульсного масла от механизмов управления ГТЗА, трубопроводы слива масла от сервопривода и дроссельный золотник.

Быстрозапорный клапан (рис.15) - предназначен для местного управления частотой вращения ТЦН и прекращения доступа пара в турбину при превышении частоты вращения на 14-20% сверх спецификационной (при достижении 640...670 об/мин). Предельный регулятор размещён в роторе турбины, предназначен для закрытия БЗК при достижении предельной частоты вращения турбины. Регулирующий клапан вступает в действие при дистанционном управлении насосом. Сервопривод 2 (рис.15) служит для дистанционного автоматического управления регулирующим клапаном ТЦН.

Устройство ТМН

Винтовые масляные турбонасосы ТМН-200/4,5 предназначены для нагнетания турбинного масла из расходной цистерны в напорный маслопровод системы ГТЗА, ПКБТ, ТНА и к электронасосам дистанционного управления ГТЗА.

Составные узлы и их взаимодействие

ТМН (рис.22) состоит из турбины 9, зубчатой передачи 21, насоса 18, системы смазки 2, 11, 22, 15, 19, системы ручного 4, 6, 7, 8 и программированного 10, 12, 13 управления и предохранительных устройств 5 и 17.

На рис.21 показано взаимодействие турбины с насосом. Ротор 3 турбины через одноступенчатую зубчатую передачу 13, 37 и муфту 17 передает вращение ведущему винту 18 пятивинтового масляного насоса. Четыре ведомых винта 29 вращаются под действием ведущего винта. Каждый ротор имеет по два опорных подшипника скольжения. Ротор турбины имеет упорный подшипник 16, конструктивно подобный упорному подшипнику ТЦН. Вал колеса имеет упорный гребень, а подшипник 38 залит баббитом по верхнему торцу. Винты насоса имеют гидравлическую разгрузку. Ведущий винт, кроме того, имеет упорную пятую и подпятник. На валу колеса нарезана винтовая шестерня, от которой получает вращение привод 36 насоса смазки и регулирования.

ТМН имеет программированное управление, его частота вращения зависит от частоты вращения ГТЗА. При неработающем ГТЗА и на заднем ходу частота вращения ТМН и его технические данные соответствуют стояночному режиму. При развитии переднего хода частота вращения ТМН увеличивается и на полном ходу достигает частоты ходового режима. В случае остановки ТМН (при падении давления в напорном маслопроводе ГТЗА до 0,2 МПа) автоматически включается в действие масляный электронасос, который на любом ходу имеет технические данные, соответствующие стояночному режиму.

Турбина (рис.23) активного типа, с двумя ступенями скорости. Состоит из корпуса 5 с сопловой коробкой 1, соплами 2, направляющим аппаратом 4 и ротора с одним венцом рабочих лопаток 3. Пар поступает к соплам, где его тепловая потенциальная энергия преобразуется в кинетическую. Проходя по межлопаточным каналам, пар частично теряет скорость, при этом часть его кинетической энергии преобразуется в механическую работу. После лопаток струя попадает в направляющий аппарат, где она поворачивает и вновь подходит к рабочим лопаткам уже снизу. При повторном проходе пара по межлопаточным каналам, срабатывает остаточная скорость, остальная часть кинетической энергии пара превращается в механическую работу.

Корпус турбины имеет два плоских разъема и крепится к корпусу зубчатой передачи (так же как на ТЦН). Патрубок отработавшего пара отлит вместе с крышкой. Сопловая коробка также отлита вместе с крышкой в виде полукольца. Турбина имеет две группы сопел, каждая из которых состоит из сегментов 5 (по два сопла в каждом, см. рис.21). Сегменты приварены к крышке. Направляющий аппарат 7 также состоит из двух частей по 7 лопаток. Каждая часть расположена в районе своей группы сопел: одна - в передней, другая - в задней части корпуса. На корпусе установлены клапаны (рис.22): предохранительный 5, свежего пара 6, ручного пуска 7, отсоса 4, манометровый 8.

Ротор турбины цельнокованый, имеет один ряд рабочих лопаток. Осевые зазоры в проточной части 0,45...0,55 мм, радиальные - 0,35...0,40 мм. Гребни, шейки подшипников, упорный подшипник такие же, как и у ТЦН. Уплотнение

турбины ТМН отличается от уплотнения турбины ТЦН тем, что имеет не 3, а 2 уплотнительных

кольца. Зазор в уплотнении 0,12...0,25 мм.

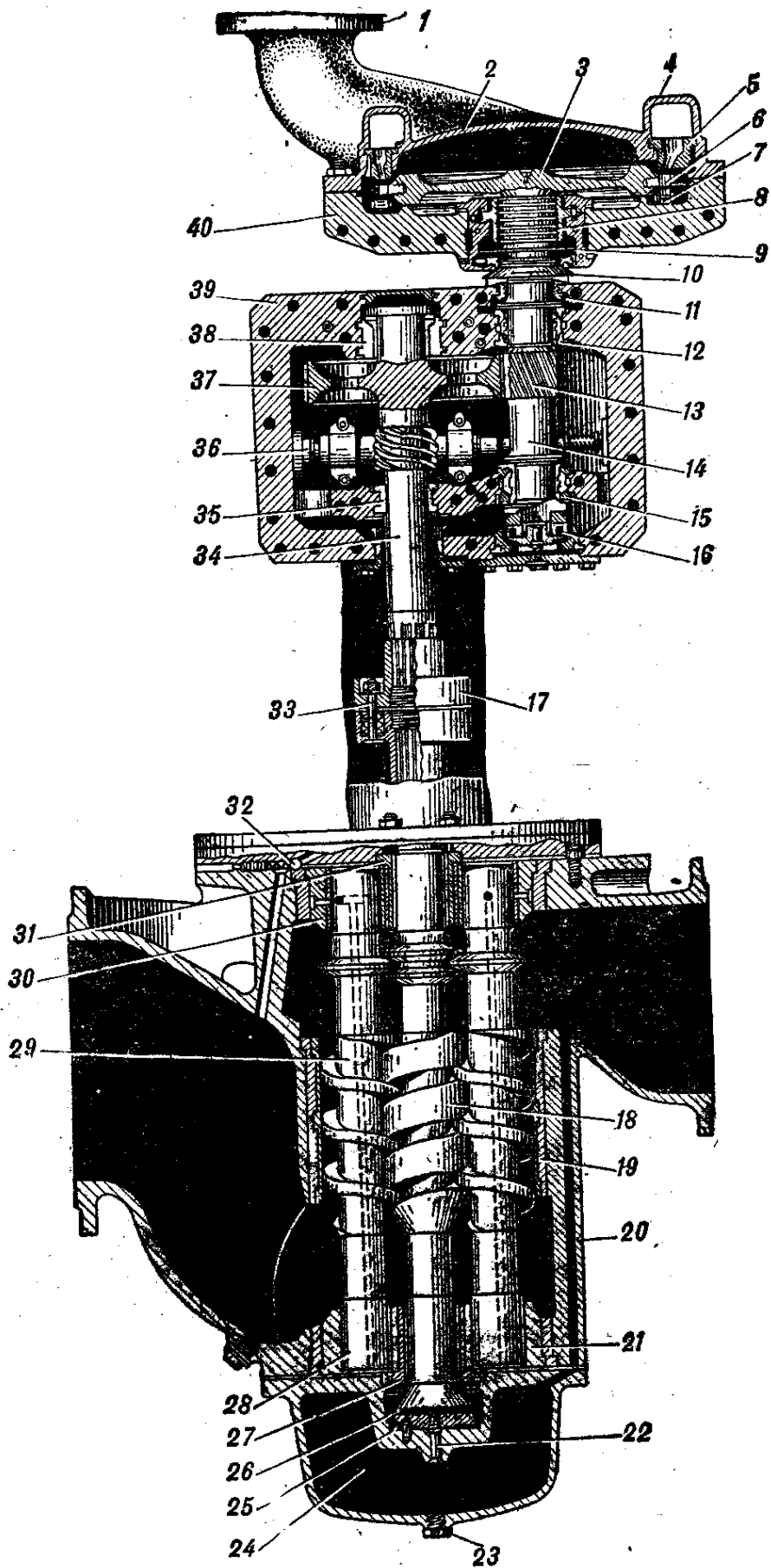


Рис.21. Турбомасляный насос:

1- патрубок отработавшего пара; 2- верхняя половина корпуса турбины; 3- диск ротора турбины; 4- сопловая коробка; 5- сопловый сегмент; 6- рабочая лопатка; 7- направляющий аппарат; 8- кольца лабиринтового уплотнения; 9,10- гребни вала; 11- масляное уплотнение; 12, 15, 21, 27, 31, 32, 35, 38- вкладыши; 13- шестерня; 14- вал шестерни; 16- упорный подшипник; 17- муфта; 18- ведущий винт; 19- втулка; 20,22- каналы; 23- пробка; 24- нижняя камера; 25- подпятник; 26- пята; 28- отверстие; 29- ведомый винт; 30- обойма; 32- обратный (невозвратный) клапан; 33- болт; 34- вал колеса; 36- привод насоса системы регулирования и смазки; 37- колесо; 39- фланец корпуса редуктора; 40- фланец вертикального разъема

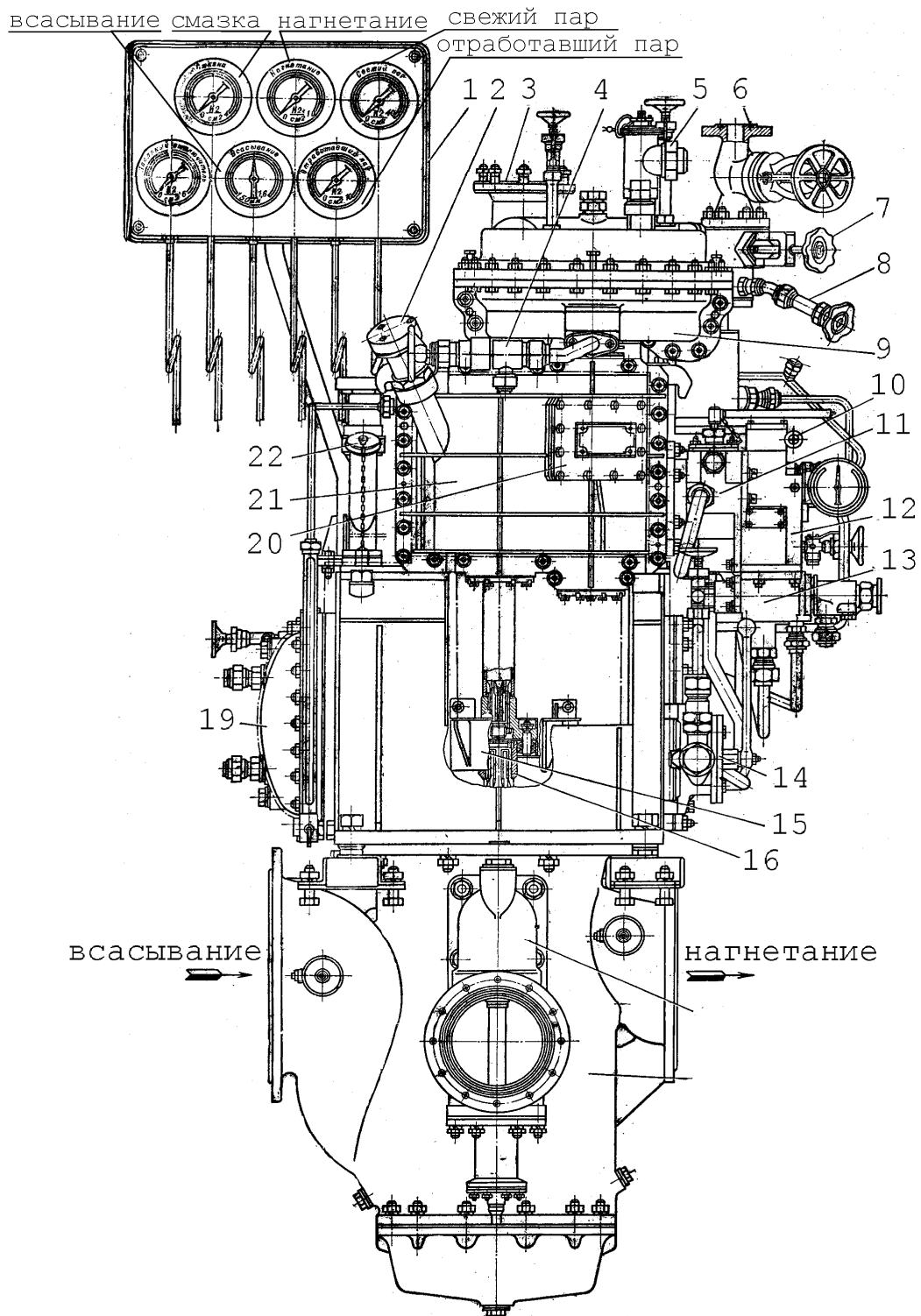


Рис.22 Общий вид ТМН:

1- приборный щит; 2- дефлектор; 3- фланец отработавшего пара; 4- клапан отсоса; 5- предохранительный клапан; 6- клапан свежего пара; 7- клапан ручного пуска; 8- манометровый клапан; 9- корпус турбины; 10- рычаг масляного выключателя; 11- масляный фильтр; 12- регулятор частоты вращения; 13- блок регулирования; 14- ручной масляный насос; 15- кожух муфты; 16- полумуфты; 17- предохранительно-перепускной клапан; 18- корпус насоса; 19- маслоохладитель; 20- смотровой лючок; 21- корпус редуктора; 22- дефлектор с маслозаливной горловиной.

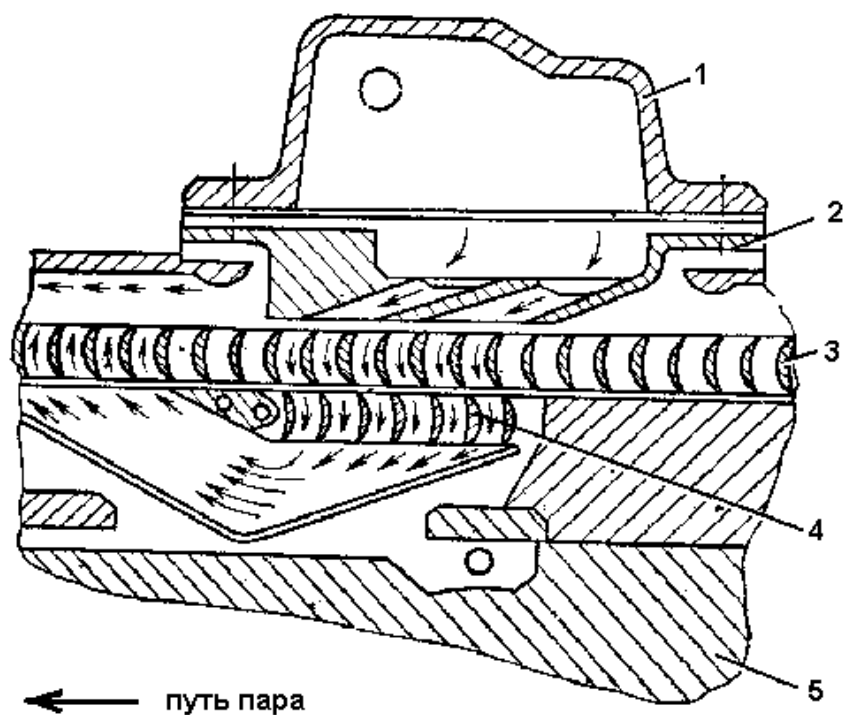


Рис.23. Проточная часть ТМН:

1 – сопловая коробка; 2 – сопловый сегмент; 3 – рабочая лопатка; 4 – направляющий аппарат; 5 – корпус турбины

Зубчатая передача одноступенчатая с передаточным отношением около 4. Её устройство показано на рис.21. Эластичная соединительная муфта 17 имеет шесть болтов 33 с упругими (резиновыми) кольцами. Болты закреплены в полумуфте вала колеса, а упругие кольца размещены в отверстиях полумуфты ведущего винта 18 насоса. Муфта ограждена защитным кожухом 15 (рис.22). Корпус передачи изготовлен из стали, а крышки из алюминиевого сплава. Нижняя часть корпуса зубчатой передачи является масляным картером, внутри которого размещен маслоохладитель 19 (рис.22) с U-образными трубками. Корпус нижним фланцем установлен на фундамент на четырех амортизаторах. Снизу к нему крепится корпус насоса 18. На корпусе зубчатой передачи навешены: блок регулирования 10, 12, 13, 17, дефлектор 2, дефлектор с маслозаливной горловиной 22. Дефлекторы 2 и 22 обеспечивают вентиляцию картера передачи, позволяют выходить в атмосферу парам масла, но препятствуют попаданию внутрь пыли, грязи брызг воды и т.п. Съемная крышка бачка 20 позволяет осматривать зацепление передачи и привод насоса смазки без разборки корпуса.

Насос состоит из корпуса, опорных подшипников и пяти рабочих винтов.

Корпус насоса стальной литой. Винты кованые, из хромоникельмолибденовой стали. Втулки верхних и нижних опорных подшипников изготовлены из фосфористой бронзы. Рабочая часть винтов 18, 29 (рис.21) помещена в фигурной расточке чугунной втулки 19.

Рабочие винты двухзаходные. Ведущий винт имеет правую резьбу, ведомые - левую. Ведомые винты имеют гребни, заходящие в кольцевой паз ведущего винта. Этим достигается взаимная фиксация всех пяти винтов в осевом направлении.

Все поверхности трения смазываются прокачиваемым маслом. Ведущий винт в месте выхода из корпуса насоса имеет уплотнение.

Система смазки обеспечивает смазку подшипников, зацеплений зубчатой передачи и привода к насосу смазки и регулирования турбинным маслом. Масляный насос, фильтр 11 и редукционный клапан конструктивно выполнены в одном блоке с масляным выключателем 10 (рис. 22). Давление масла на смазку поддерживается в пределах 0,03-0,15 МПа, а при пуске и остановке - не менее 0,02 МПа от ручного насоса. Температура масла должна быть в пределах от 40 до 55 °С.

Система регулирования включает в себя масляный насос, масляный выключатель и гидравлический регулятор постоянной и предельной частоты вращения 12 (рис.22). Система выполняет следующие функции:

- программное поддержание частоты вращения насоса, соответствующей режиму работы ГТЗА;
- прекращение поступления пара в турбину при достижении предельно допустимой частоты вращения (13400-14500 об/мин).

Система защиты включает в себя предохранительный клапан турбины и предохранительно-перепускной клапан насоса.

Предохранительный клапан турбины 5 (рис. 22) открывается и выпускает пар в атмосферу при достижении в корпусе давления 0,2-0,22 МПа.

Предохранительно-перепускной клапан насоса 17 (рис. 22) перепускает масло из нагнетательной полости насоса в расходную масляную цистерну при достижении давления нагнетания 0,48 МПа. Его проходное сечение обеспечивает перепуск всей подачи масла (200 м³/ч) при давлении нагнетания 0,68 МПа.

Устройство ТНН

Топливные насосы служат для подачи топлива к форсункам и далее в топку котлов. На современных кораблях применяются турбонасосы типов ТНН-10/42.

Турбонасос ТНН-10/42 включает в себя паровую турбину, одноступенчатый редуктор, соединительную муфту, фундаментную плиту, к которой снизу крепится топливный насос и сверху корпус редуктора, щит с приборами. Корпус турбины установлен на корпусе редуктора.

Паровая турбина, редуктор практически одинаковы с турбиной и редуктором ТМН-200/4,4. Разница заключается в том, что подшипники вала редуктора шариковые, а не скольжения, как у ТМН.

Гидравлическая часть (рис.24) - состоит из корпуса, ведущего и ведомого рабочих винтов специального профиля.

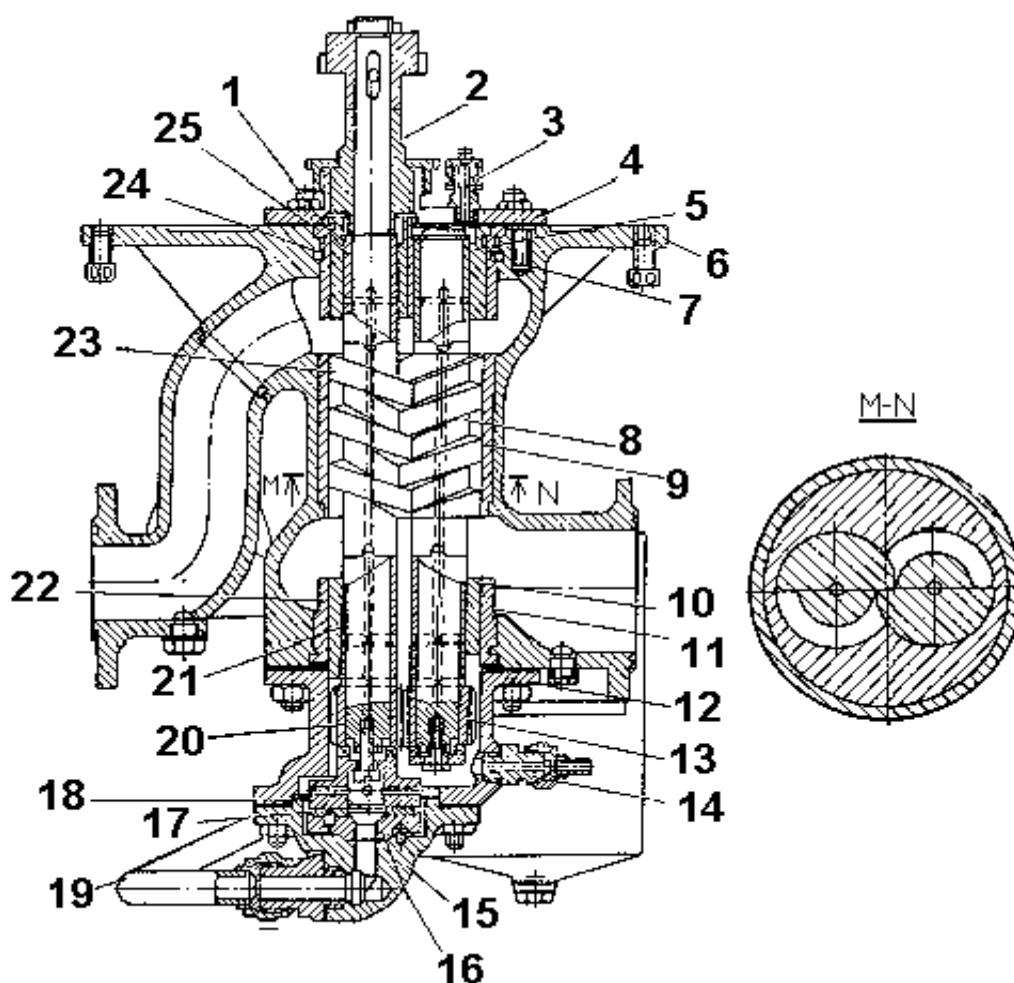


Рис.24. Гидравлическая часть ТНН-10/42:

1, 5, 10, 22 – втулки подшипников; 2 – винтовой отражатель; 3, 14 – штуцера; 4, 15 – крышки; 6 – корпус; 7 – штифт установочный; 8 – винт ведомый; 9, 11, 21, 25 – втулки; 12 – корпус зубчатой передачи; 13, 20 – шестерни; 16 – пята; 17 – упорный подшипник; 18 – сегмент; 19 – труба; 23 – ведущий винт; 24 – кольцо пружинное

Корпус насоса литой. Внутри корпуса укреплены втулки 9, 11 и 25 с двумя цилиндрическими расточками в каждой из них для рабочих винтов и их втулок. Снизу к корпусу крепится корпус зубчатой передачи 12, а к ней крышка 15. Ведущий винт 23 упирается в упорный подшипник 17 с сегментами 18. Смазка к подшипнику подается от бачка по трубе через сверление к центру пяты 16 ведущего винта.

Рабочие винты однозаходные, однопрофильные. Ведущий винт - с правой нарезкой, ведомый – с левой. Для уменьшения износа на нижние концы рабочих частей винтов насажены косозубые шестерни 13 и 20, через которые передается большая часть окружного усилия (остальная часть через рабочие профили винтов). На шейки винтов насажены стальные хромированные втулки 21, которые подлежат замене при износе более 0,2 мм на диаметр.

Смазка рабочих винтов, зубчатой передачи и подшипников производится топливом. От протечек топлива предохраняет сальник, состоящий из

резинового кольца и винтового отражателя 2. На наружной поверхности отражателя имеется винтовая канавка, направление которой обратно вращению рабочего винта.

Предохранительно-перепускной клапан перепускает топливо при давлении в полости нагнетания свыше 42 кгс/см^2 . Величина открытия зависит от давления.

Система смазки такая же, как у ТМН.

Система регулирования имеет программный задатчик режимов, автоматически обеспечивающий приведение в соответствие режимов работы котла и ТНН. Система регулирования состоит из регулятора скорости, поддерживающего постоянную частоту вращения насоса в пределах заданной неравномерности, масляного выключателя (регулятора предельной частоты вращения), срабатывающего при 13900-14900 об/мин и блока регулирования.

Устройство ПКБТ

Питательно-конденсатно-бустерные турбоагрегаты ПКБТ-230 предназначены для отбора конденсата из сборника главного конденсатора, прокачивания его через пароструйные эжекторы и деаэрактор и последующей подачи под давлением на питание главных котлов. В машинно-котельном отделении устанавливают по два ПКБТ, каждый из которых полностью обеспечивает работу системы закрытого питания. Таким образом, один из насосов работает, а другой находится в резерве - в немедленной готовности к пуску при неисправности работающего насоса.

Составные узлы и их взаимодействие

ПКБТ состоит из следующих основных частей (рис.25): турбины 2 и 3, зубчатой передачи 6, 7, 9 и 11, питательного насоса 12 и 13, конденсатно-бустерного насоса 14 и 15, системы ручного и автоматического управления 1 и предохранительных устройств 4 и 5. Конденсатный и бустерный насосы приводятся во вращение паровой турбиной через двухступенчатую зубчатую передачу, а питательный насос с помощью зубчатой муфты 10 связан непосредственно с валом турбины. Конденсатный и бустерный насосы, сидящие на одном общем вертикальном валу, связаны с валом редуктора зубчатой муфты 9.

При работе агрегата конденсатный насос 16 забирает конденсат из главного конденсатора и под давлением 0,4-0,6 МПа направляет его в деаэрактор, из деаэратора питательную воду, освобожденную от растворенного в ней свободного кислорода, принимает бустерный насос 17 и с напором 0,35 МПа нагнетает в приемную часть питательного насоса 12. Бустерный насос необходим для предотвращения вскипания (кавитации) воды в питательном насосе. Из питательного насоса вода направляется под давлением в котел через автомат питания котла.

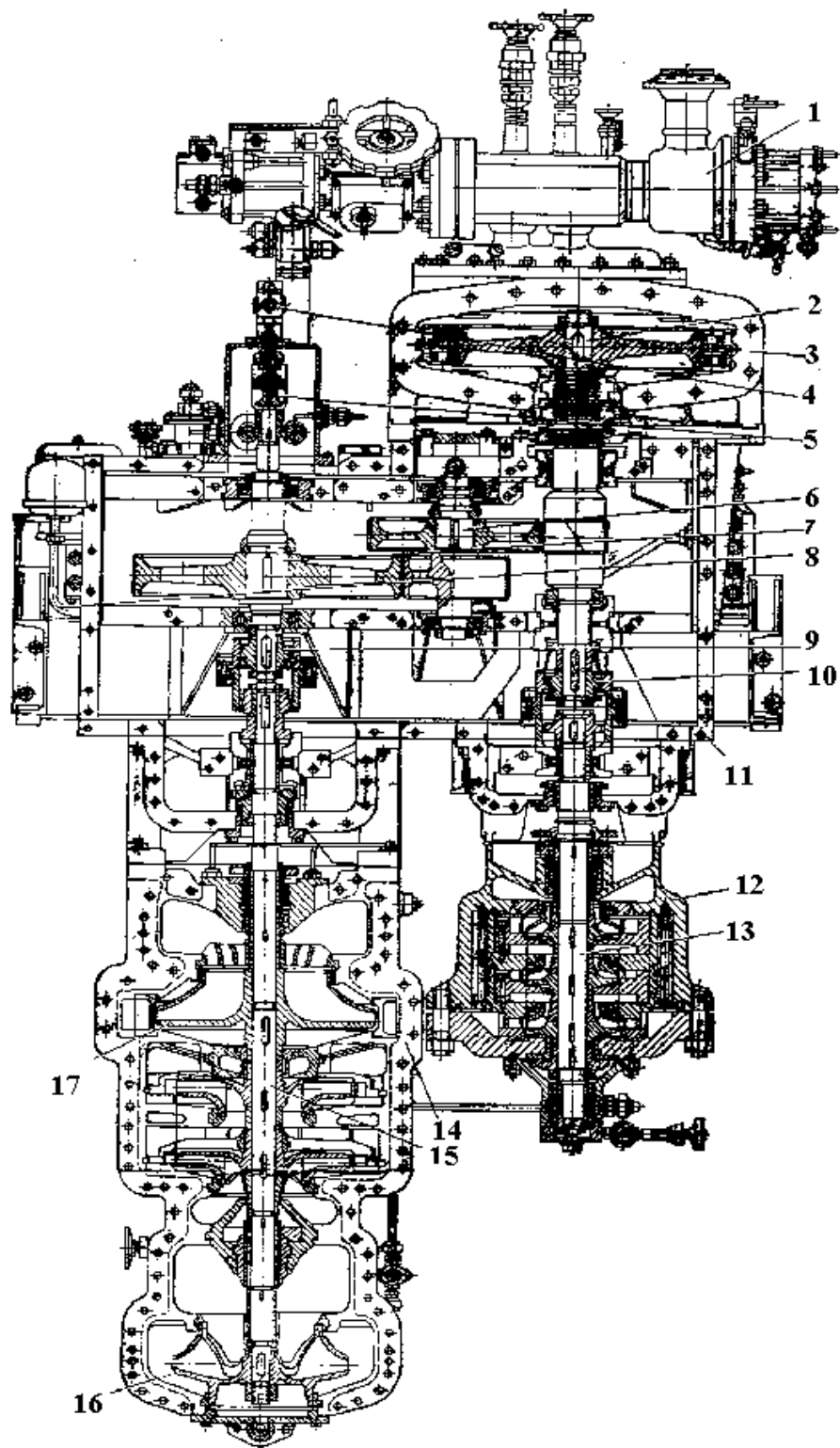


Рис.25. Общий вид ПКБТ со снятыми крышками корпусов:
 1– блок парораспределения; 2– ротор турбины; 3– корпус турбины; 4,5– регулятор предельной частоты вращения; 6– ротор колеса первой и шестерни второй ступени; 7– ротор колеса второй ступени; 8– маслопровод; 9,10– муфты; 11– корпус редуктора; 12– корпус питательного насоса; 13– ротор питательного насоса; 14– корпус конденсатно-бустерного насоса; 15– ротор конденсатно-бустерного насоса; 16– рабочее колесо ступени конденсатного насоса; 17– рабочее колесо бустерного насоса

Смазка опорных и упорных подшипников турбины, подшипников и зацепления зубчатой передачи, зубчатых муфт и верхних подшипников питательного и конденсатно-бустерного насосов осуществляется смазочным маслом, поступающим от напорного маслопровода ГТЗА. Для дополнительной очистки масла установлен двухпатронный щелевой фильтр. Отработавшее масло стекает по сливным трубам в расходную масляную цистерну.

Нижние подшипники питательного и конденсатно-бустерного насосов смазываются перекачиваемой водой.

Управление ПКБТ - дистанционное, автоматизированное. На всех режимах работ главного котла один ПКБТ находится в действии, а второй в резерве (на автоматическом пуске). Частота вращения действующего ПКБТ поддерживается автоматически в зависимости от режима главных котлов. При самопроизвольной остановке действующего ПКБТ или при остановке личным составом (при внешних проявлениях неисправности ПКБТ) автоматически вводится в действие резервный насос и вручную производятся необходимые переключения трубопроводов закрытого питания.

Турбина (рис. 26) активная с двумя ступенями скорости. Корпус 1 – стальной литой, имеет вертикальный разъем и верхнюю крышку (рис.25). В крышке и задней половине корпуса установлен сопловый сегмент 2 (рис. 26), разделенный на две группы по три сопла в каждой. Сопловая коробка отлита вместе с верхней крышкой корпуса и разделена перегородкой на две группы. К сопловой коробке крепится блок парораспределения 1 (рис. 25). Внутри передней и задней половин корпуса установлена обойма 7 направляющих лопаток 6.

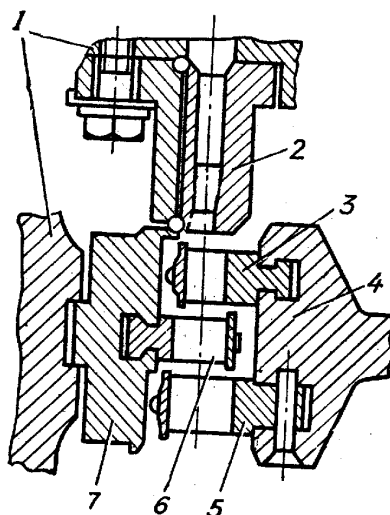


Рис.26. Проточная часть турбины ПКБТ:

1 – корпус; 2 – сопловый сегмент; 3, 5 – рабочие лопатки; 4 – диск ротора; 6 – направляющая лопатка; 7 - обойма

Диск ротора 4 кованный, насажен в горячем состоянии на шпонке на кованный стальной вал и закреплен гайкой. Рабочие лопатки 3 и 5 и направляющие лопатки 6 имеют бандажные ленты и крепятся Т-образным зубом. Замковая лопатка 5 имеет прямоугольный хвост и крепится в диске штырем. Осевые и радиальные зазоры в проточной части находятся в пределах 1,35-1,65 мм. Лабиринтовое уплотнение турбины аналогично уплотнению ТЦН. Зазоры в уплотнении 0,18-0,20 мм. Материалы деталей турбины аналогичны материалам турбины ТЦН.

Зубчатая передача 6, 7 и 11 (рис.25) двухступенчатая с передаточным отношением около 6,15. Ведущий вал (вал ротора турбины) имеет подшипники скольжения с вкладышами, залитыми баббитом. Верхний подшипник - опорный. Нижний подшипник - опорно-упорный.

Промежуточный и ведомый роторы зафиксированы в шариковых подшипниках. Нижние подшипники являются опорно-упорными и воспринимают вес роторов. Для этого их наружные обоймы крепятся к корпусу зубчатой передачи нажимными кольцами.

На ведомом валу имеется шестерня для привода тахометра и регулятора заданной частоты вращения, а к верхнему торцу крепится регулятор предельной частоты вращения.

Ведущий и ведомый валы зубчатой передачи соединяются с валами насосов с помощью зубчатых муфт 9 и 10.

Масло ко всем подшипникам зубчатой передачи, верхним подшипникам насосов и к зацеплению подводится от маслораспределительной коробки через штуцеры, в которых установлены калибровочные шайбы для регулировки количества подводимого масла.

Питательный насос (рис.27) центробежный трехступенчатый. Нижний подшипник насоса 9 смазывается водой, отбираемой от второй ступени питательного насоса через отверстие 8 в вале насоса. Очистка воды от масла производится центрифугой 5, выполненной в виде кольца с пятью радиальными лопатками и установленной на валу насоса ниже колеса второй ступени. При нормальном состоянии подшипника давление воды на смазку в камере 11 должно быть на 0,25-0,4 МПа выше, чем в разгрузочной камере 12. Минимально допустимая разность давлений 0,12 МПа.

При работе насоса на его ротор действует осевое усилие, направленное со стороны нагнетания в сторону всасывания (т.е. снизу вверх). Это усилие достигает 85 кН (8500 кгс). Для его разгрузки насос имеет разгрузочный диск, закрепленный на валу, и разгрузочное кольцо 7, закрепленное на корпусе насоса.

Верхний подшипник 1 конструктивно подобен подшипникам ротора турбины. Уплотнение вала имеет асбестовую сальниковую набивку. Вал защищен от истирания бронзовой рубашкой 4. Полости 15 охлаждаются водой из конденсатного насоса. Набивка зажимается в корпусе уплотнения нажимным кольцом.

Каждое рабочее колесо насоса создает 1/3 общего напора насоса до 3 МПа. От предыдущей к последующей ступени вода подается с помощью направляющего аппарата 14, закрепленного в корпусе 6 насоса. Обратное протекание воды вдоль вала уменьшается лабиринтовыми уплотнениями 13.

Вал насоса изготовлен из нержавеющей стали, рабочие колеса, направляющие аппараты, рубашка вала, уплотнительные кольца, втулки и корпус насоса - бронзовые.

Конденсатный насос (рис.28) - центробежный трехступенчатый. Нижний подшипник имеет вкладыш 9 и рубашку вала 10, подобные вкладышу и рубашке питательного насоса. Смазка подшипника осуществляется за счет разности давлений в полостях 8 и 11 над и под подшипником. От колеса первой ступени 12 вода по каналу корпуса подается в полость всасывания колеса второй ступени 8 по каналу корпуса (не показан), а затем после колес 6 и 7 - по трубопроводу в деаэратор через эжектор.

Бустерный насос 4 (рис.28) центробежный одноступенчатый. Для устранения протечек из конденсатного насоса в бустерный между ними установлена втулка с камерой 5, соединенной с приемной частью конденсатного насоса. Вода из деаэратора поступает в полость 2.

Разгрузка осевой силы осуществлена путем установки колес таким образом, что колёса 4 и 12 создают усилие вверх, а колёса 6 и 7 – вниз. Размеры колёс и создаваемые ими напоры подобраны так, чтобы с учетом веса ротора осевое усилие было близким к нулю.

Уплотнение 3 вала и верхний подшипник подобны уплотнению и подшипнику питательного насоса. Материалы деталей также аналогичны.

Система управления и авторегулирования предусматривает

- дистанционный пуск из ПДУ любого из турбонасосов с поддержанием второго в резерве;
- автоматическое поддержание частоты вращения турбины, при которой обеспечивается питание котлов на данном режиме;
- автоматический переход на другую частоту вращения турбины при изменении режима работы котлов;
- дистанционную остановку ПКБТ из ПДУ;
- автоматический пуск резервного ПКБТ и перевод на необходимый режим работы в случае остановки действующего насоса или при его неспособности полностью обеспечить питание котлов;
- выполнение тех же действий с местного поста управления или вручную.

Предохранительный клапан турбины регулируется на открытие при давлении 0,3 МПа и пломбируется plombой.

Предохранительный клапан бустерного насоса регулируется на открытие при давлении 0,8 МПа.

Регулятор предельной частоты вращения установлен на промежуточном валу редуктора. Срабатывает при превышении частоты 1360 об/мин по тахометру.

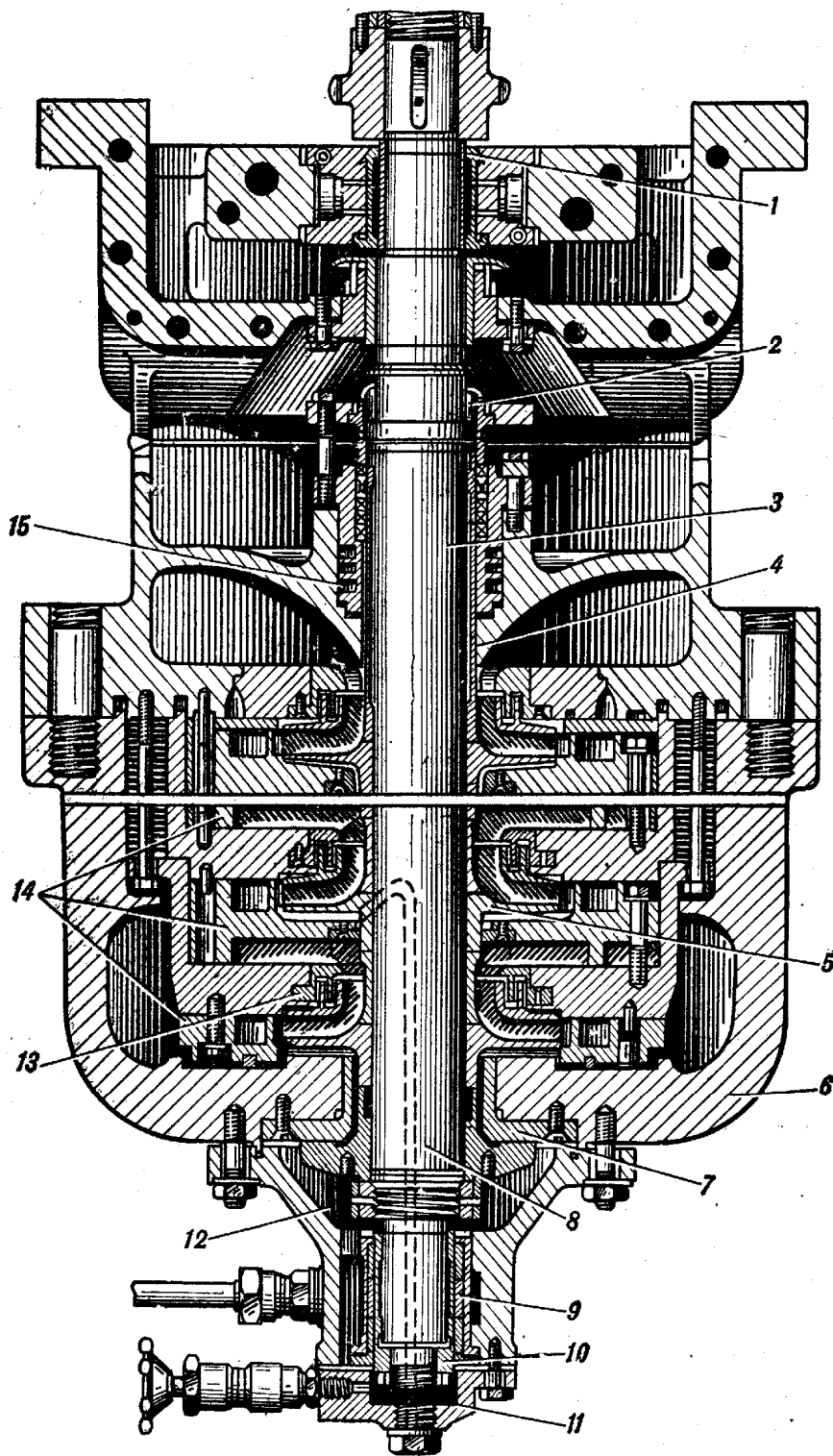


Рис.27. Питательный насос:

1 – верхний подшипник; 2 – маслоотбойная втулка; 3 – вал; 4 – рубашка вала; 5 – центрифуга; 6 – корпус насоса; 7 – втулка разгрузочного устройства; 8 – сверление; 9 – нижний подшипник; 10 – рубашка вала; 11 – камера водяной смазки; 12 – разгрузочная камера; 13 – уплотнение рабочего колеса; 14 – лопаточные отводы ступеней; 15 – охлаждающая камера уплотнительной коробки

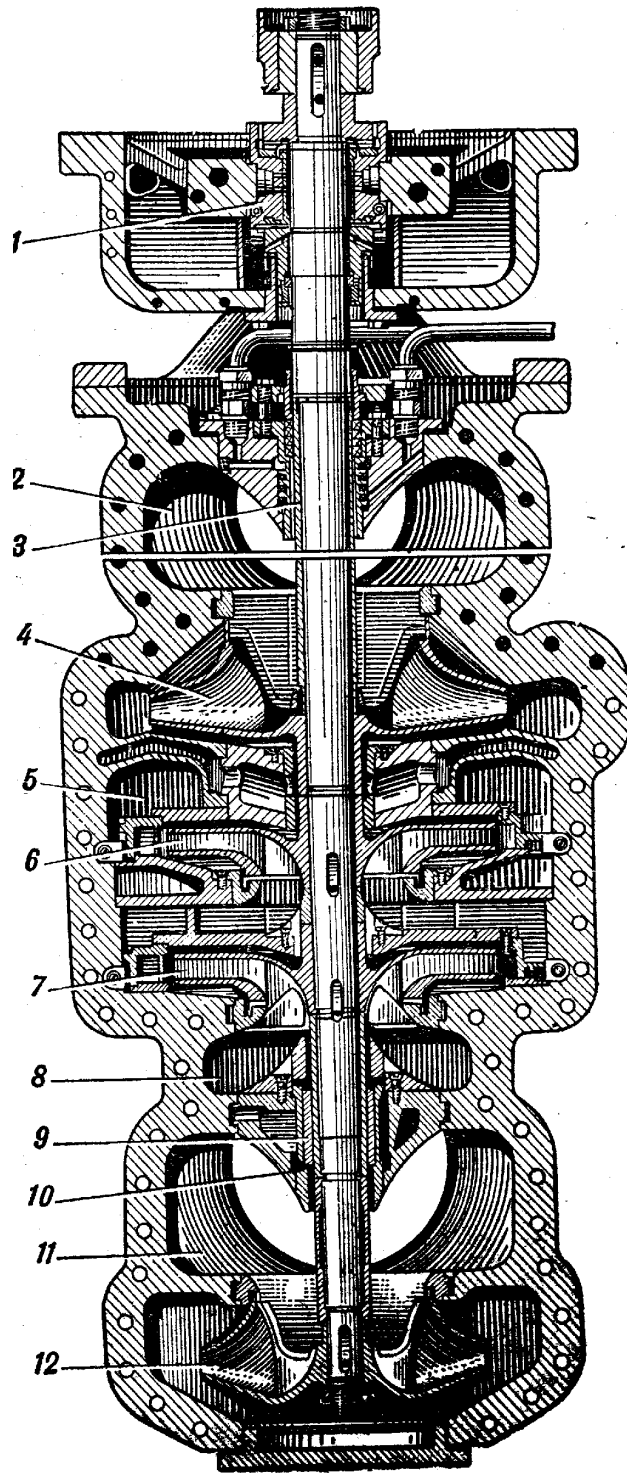


Рис. 28. Конденсато-бустерный насос:

1 – верхний подшипник; 2 – приемная камера бустерного насоса; 3 – рубашка вала; 4 – рабочее колесо бустерного насоса; 5 – промежуточная полость; 6, 7 – рабочие колеса третьей и второй ступеней конденсатного насоса; 8 – приемная полость второй ступени конденсатного насоса; 9 – вал; 10 – нижний подшипник; 11 – приемная полость конденсатного насоса; 12 – рабочее колесо первой ступени конденсатного насоса

2.3. Конструктивные особенности ТНА

Назначение и составные узлы

Турбонаддувочные агрегаты (ТНА) служат для подачи сжатого воздуха в топку котла. В современных установках применяются турбонаддувочные агрегаты типа ТНА-4. В состав ТНА-4 входят компрессор, газовая турбина, паровая дополнительная турбина, система регулирования и аварийной защиты агрегата. Паровая турбина предназначена для пуска, разгона и баланса мощностей компрессора и газовой турбины на стационарных режимах. Все элементы ТНА закреплены на общей раме. Рама жёсткая устанавливается на корабельный фундамент шестью опорными площадками и крепится к нему болтами. Компрессор, газовая и паровая турбины закрыты тепло-звукоизолирующими кожухами.

Газовая турбина одноступенчатая. Статор турбины сварнолитой. В литой части корпуса имеются выточки для набора 38 сопловых лопаток из жаропрочной стали.

На нижней половине корпуса имеются четыре опорные лапы, две из которых свободно перемещаются в любом направлении на опорной плоскости рамы агрегата, а две другие позволяют корпусу перемещаться в горизонтально-поперечном направлении.

Ротор газовой турбины (рис.29) состоит из стального диска 10, в канавке елочного типа которого закреплены рабочие лопатки 1 из никелевого сплава. Лопатки фиксируются от осевого перемещения замковой планкой 3, концы которой отогнуты на торцы диска. Через отверстия 2 заводится демпферная проволока из никелевого сплава.

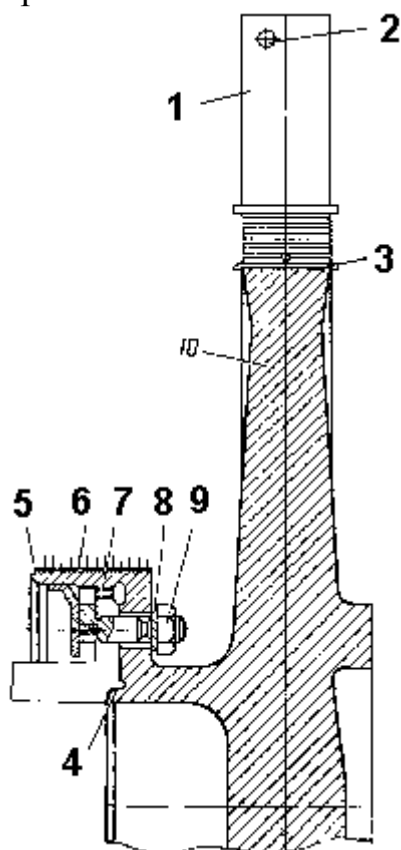


Рис.29. Ротор газовой турбины:

1– рабочая лопатка; 2– отверстие; 3– замковая планка; 4– борт; 5– фланец; 6– уплотнительные усики; 7– шлицы; 8– шайба; 9– болт; 10- диск

Заодно с диском откован фланец 5 с уплотнительными усиками 6 на внешней стороне и шлицами 7 на внутренней стороне для сцепления со шлицами на фланце ротора компрессора. Диск крепится консольно к ротору компрессора с помощью болтов 9, застопоренных шайбами 8. Бурт 4 обеспечивает центровку диска с ротором компрессора.

Газовыхлоп турбины неразъемный, сварной, состоит из наружного и внутреннего корпусов, соединенных между собой плоскими тангенциальными ребрами. На торцевой части внутреннего корпуса со стороны газовой турбины имеется крышка и установлен обтекатель.

Компрессор восьмиступенчатый, осевого типа. Каждая ступень включает в себя рабочее колесо и направляющий аппарат. Перед первой ступенью установлен входной направляющий аппарат, после последней - выходной спрямляющий аппарат.

Ротор компрессора (рис.30) диско-барабанного типа, стальной, состоит из концевых валов 13 и 15, промежуточного диска 10 и восьми рабочих дисков 14, в пазах которых закреплены рабочие лопатки 9. На валу 13 имеется фланец для соединения с ротором газовой турбины, на валу 15 – фланец 1 для соединения с ротором паровой турбины и гребень 2 упорного подшипника. Рабочие лопатки цельнофрезерованные, из нержавеющей стали.

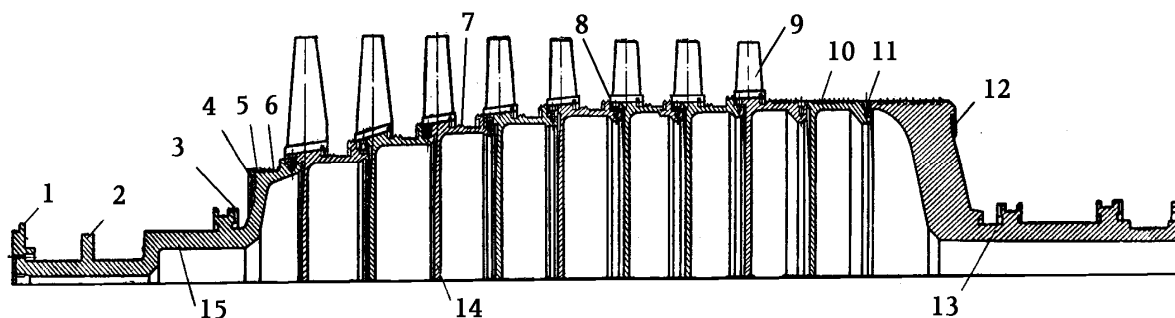


Рис.30. Ротор компрессора:

1 – фланец; 2 – гребень; 3 – крыльчатка; 4 – грузы балансировочные; 5 – проволока; 6, 7 – уплотнительные усика; 8 – штифт; 9 – рабочая лопатка; 10 – диск промежуточный; 11 – пробка; 12 – кольцевая канавка; 13, 15 – валы концевые; 14 – диск рабочий

Статор компрессора включает в себя корпус, всасывающий патрубок, направляющие аппараты, нагнетательный патрубок с диффузором и стул подшипников с крышками. Каждый направляющий аппарат представляет собой разъемную по горизонтали диафрагму, состоящую из внешнего и внутреннего полуколец. В пазы полуколец входят верхние и нижние хвосты направляющих лопаток. Наружные полукольца диафрагм крепятся к корпусу компрессора.

В стуле подшипников размещены: маслоотбойник, импеллер, опорный и опорно-упорный подшипники паровой турбины, масляное уплотнение, упорный и опорный подшипники компрессора. Второй опорный подшипник и два масляных уплотнения компрессора расположены со стороны газовой турбины. Во всасывающем патрубке размещены промывочное устройство для

промывки паром лопаточного аппарата компрессора от налёта солей, трубки для отбора воздуха на регулирование, две трубы отсоса воздуха от уплотнений со стороны нагнетания.

Корпус статора установлен на шести лапах, которые со стороны нагнетания являются подвижными. Стул подшипников крепится на раме с помощью двух жестко закрепленных лап.

Опорный подшипник компрессора состоит из разрезного вкладыша, залитого белым металлом, и прикрепленных к нему винтами четырех сухарей. По торцам вкладыша установлены маслоотбойные кольца. К нижнему полувкладышу крепятся два кармана для установки термометров.

Упорный подшипник - двухсторонний, с самоустанавливающимися подушками. Подушки бронзовые, залитые баббитом.

Стравливание воздуха из нагнетательной полости компрессора на выхлоп газовой турбины производится через воздухопровод перепуска воздуха.

Паровая турбина активного типа, двухступенчатая. Литой корпус турбины состоит из верхней и нижней половины и торцевой крышки. Нижняя половина с помощью двух лап устанавливается на раме агрегата. На верхней половине крепится предохранительный клапан и исполнительный блок регулирования. Свежий пар к сегментам сопел турбины подводится через четыре паровых регулирующих клапана и коленообразный патрубок. Отсос пара от концевой уплотнения производится по трубе на нижней половине корпуса турбины.

Клапанная коробка отлита вместе с торцевой крышкой корпуса и соединяется по каналам с сопловыми камерами, выполненными в этой же отливке. Сопловый аппарат вварен в торцевую крышку и состоит из четырех сегментов. Клапанная коробка и сопловые камеры имеют дренажные отверстия.

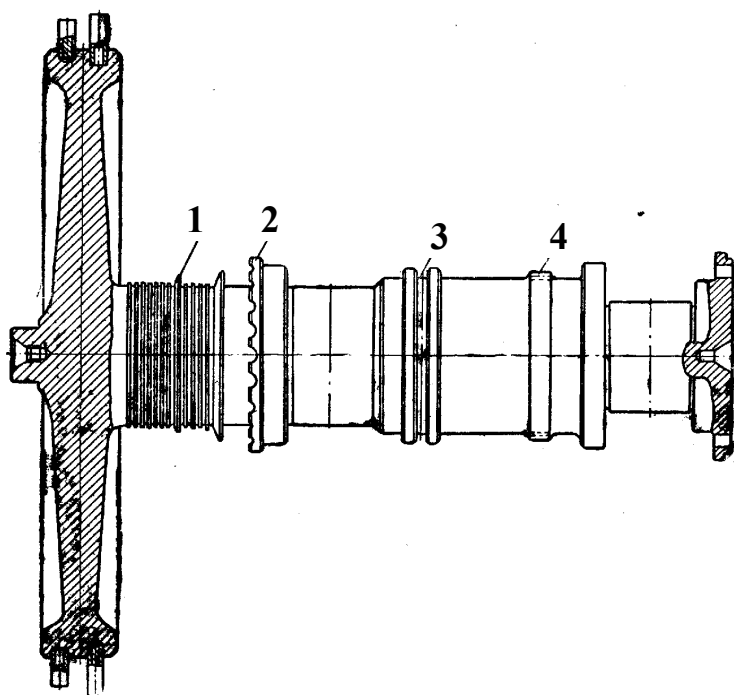


Рис.31. Ротор паровой турбины ТНА:

1 – паротбойные усы; 2 – гребень; 3 – проточка; 4 – нарезка червячная

Ротор турбины (рис.31) цельнокованный, консольного типа. К фланцу его присоединена зубчатая муфта. На валу ротора за диском расположены паротбойные усы 1, гребень с пазами 2, являющийся крылаткой масляного уплотнения импеллера, проточка 3 для механизма осевого перемещения ротора, червячная нарезка 4 для привода тахометра. Рабочие лопатки цельнофрезерованные, с хвостами, "зубчиком" и шипами, которые расклёпываются после установки бандажей.

Направляющий аппарат установлен между венцами рабочих лопаток и представляет собой обойму из двух половин с направляющими лопатками. По обеим сторонам направляющих лопаток в пазы обоймы вставлены уплотнительные кольца. Между валом и корпусом турбины установлено лабиринтовое уплотнение.

Опорный подшипник турбины аналогичен опорному подшипнику компрессора. Опорно-упорный подшипник турбины с одной стороны имеет торцевую поверхность, залитую белым металлом, с другой - упорные подушки, как у упорного подшипника компрессора.

Масляное уплотнение импеллерного типа. Воздух из отсека поступает в полость крылатки, которая при вращении создает избыточное давление, препятствующее вытеканию масла из масляной полости.

Ротор паровой турбины связан с ротором компрессора с помощью зубчатой муфты.

Валоповоротное устройство включает в себя электродвигатель, связанный с косозубой шестерней, выполненной вместе с венцом зубчатой муфты со стороны паровой турбины с помощью двухступенчатой червячной передачи. Проворачивание ротора агрегата можно производить и вручную специальным ключом.

Управление и регулирование ТНА предусмотрено автоматическое, ручное дистанционное (с пульта управления котлом) и ручное местное. Система регулирования предназначена:

- для обеспечения пуска и остановки ТНА открытием или закрытием быстрозапорного клапана (БЗК) паровой турбины. Закрытие БЗК может осуществляться вручную или по импульсу из системы регулирования котла;
- для поддержания частоты вращения агрегата, соответствующей заданному режиму и обеспечения подачи необходимого количества воздуха.

Система аварийной защиты предохраняет агрегат от помпажа (резкие колебания давления воздуха за компрессором, воздушные удары) и превышения допустимой частоты вращения перепуском воздуха после компрессора в дымовую трубу, а также подачей импульса на быстрозапорное устройство котлоагрегата и маневровое устройство ГТЗА.

Основными элементами системы регулирования и защиты являются:

- пневморедуктор (редукционный клапан), обеспечивающий постоянное давление силового воздуха в системе (0,294 МПа);

- импеллер, подающий масло к ограничителю частоты вращения, срабатывающий при давлении масла за импеллером, превышающим величину, соответствующую номинальной частоте вращения;
- БЗК с сервомотором, к которому подводится пар от системы регулирования котла;
- пружинный предохранительный клапан паровой турбины, срабатывающий при возрастании давления в корпусе турбины выше 1,96 МПа;
- паровые регулирующие клапаны, управляемые водяным сервомотором системы автоматического регулирования котла;
- регулирующая заслонка, обеспечивающая перепуск воздуха из выхлопного патрубка компрессора в дымовую трубу при мощности газовой турбины превышающей потребную мощность компрессора, которая также управляется водяным сервомотором.

2.4. Конструктивные особенности ПЭЖ

Назначение и составные узлы ПЭЖ – 32/20

Главный паровой эжектор предназначен для удаления воздуха из главного конденсатора, поступающего вместе с отработавшим паром турбины и через различные неплотности. На главном конденсаторе установлен один эжектор.

Эжектор пароструйный, двухступенчатый с одной первой и сдвоенной второй (основной и дополнительной) ступенями сжатия, с конденсатором поверхностного типа вертикального исполнения.

На малых нагрузках работают первая ступень и вторая основная ступень эжектора. На полных нагрузках подключается вторая дополнительная ступень.

Эжектор (рис.32) состоит из следующих основных узлов:

- эжекторов 1-ой и 2-ой дополнительной ступени 4;
- эжектора 2-ой основной ступени 17;
- конденсаторов 1-ой и 2-ой ступеней, выполненных в одном корпусе 18;
- паровой коробки с гидроприводом 11;
- щита измерительных приборов.

Все ступени сжатия вынесены за пределы конденсатора.

Эжектор 1-ой ступени и эжектор 2-ой дополнительной ступени размещены в общей камере. Эжектора включают в себя диффузоры, изготовленные из латуни или нержавеющей стали, сопла из нержавеющей стали, камеры воздушные стальные. Сопла установлены соосно с соответствующими диффузорами. Воздушные камеры соединяются с трубопроводом отсоса паровоздушной смеси из главного конденсатора. К нижнему фланцу диффузора 2-ой дополнительной ступени присоединен вентиль Ду70 с электроприводом для дистанционного ручного управления.

Конденсатор 1-ой ступени по воде выполнен одноходовым, а конденсатор 2-ой ступени – двухходовым. Они расположены в одном корпусе и отделены друг от друга перегородкой.

Паровая коробка состоит из корпуса, сетчатого фильтра и трех клапанов, при помощи которых распределяется рабочий пар по ступеням. Клапан подачи пара на вторую дополнительную ступень открывается и закрывается как вручную, так и при помощи электропривода с ПДУ.

Порядок работы эжектора

Охлаждающая вода, подаваемая конденсатным насосом, входит через патрубок верхней водяной камеры 5 в трубки конденсатора 1-ой ступени, проходит по ним и поступает в нижнюю водяную камеру, затем в трубки конденсатора 2-ой ступени, где делает два хода, и через патрубок нижней водяной камеры и трубу 19 поступает последовательно в охладители диффузоров 2-ой и 1-ой ступеней и через патрубок камеры выходит в магистраль.

Принятое охлаждение паровоздушной смеси в конденсаторах 1-ой и 2-ой ступеней позволяет использовать для подогрева питательной воды скрытую теплоту отработавшего пара, конденсируя его, а также уменьшает расход рабочего пара на эжектор благодаря уменьшению количества отсасываемой паровоздушной смеси во 2-ю ступень.

Рабочий пар подводится к паровой коробке и проходя через фильтры поступает через соответствующие клапаны к соплам 1-ой, 2-ой основной и 2-ой дополнительной ступеней.

Пар, подведенный к соплу 1-ой ступени, расширяется и с большой скоростью выходит из него в воздушную камеру, увлекает с собой паровоздушную смесь из главного конденсатора через патрубок и поступает в диффузор 1-ой ступени. Назначение диффузора заключается в сжатии смеси до давления, несколько большего, чем давление в воздушной камере 2-ой ступени.

Смесь, выходящая из диффузора 1-ой ступени, поступает в конденсатор 1-ой ступени. Проходя между трубок, смесь охлаждается, а пар частично конденсируется. Паровоздушная смесь, частично освобожденная от пара, поступает в воздушную камеру 2-ой ступени. В диффузоре 2-ой ступени происходит дальнейшее сжатие смеси до давления, несколько превышающего атмосферное. Смесь, выходящая из диффузора 2-ой ступени, поступает в межтрубное пространство конденсатора 2-ой ступени. Охлажденный воздух с небольшим количеством пара выходит в атмосферу через невозвратный клапан, назначение которого состоит в том, чтобы замедлить снижение вакуума при внезапном прекращении подачи пара на эжектор. В случае заедания невозвратного клапана и возможного повышения давления в конденсаторе 2-ой ступени срабатывает предохранительный клапан. Конденсат, образовавшийся при охлаждении паровоздушной смеси в 1-ой и 2-ой ступенях конденсаторов, сливается через патрубки 20 в главный конденсатор.

При переходе эжектора на полную нагрузку открывается сначала вентиль на выходе паровоздушной смеси из 2-ой дополнительной ступени, а затем клапан подвода рабочего пара ко 2-ой дополнительной ступени. Сжатие паровоздушной смеси во 2-ой дополнительной и 2-ой основной ступенях происходит параллельно.

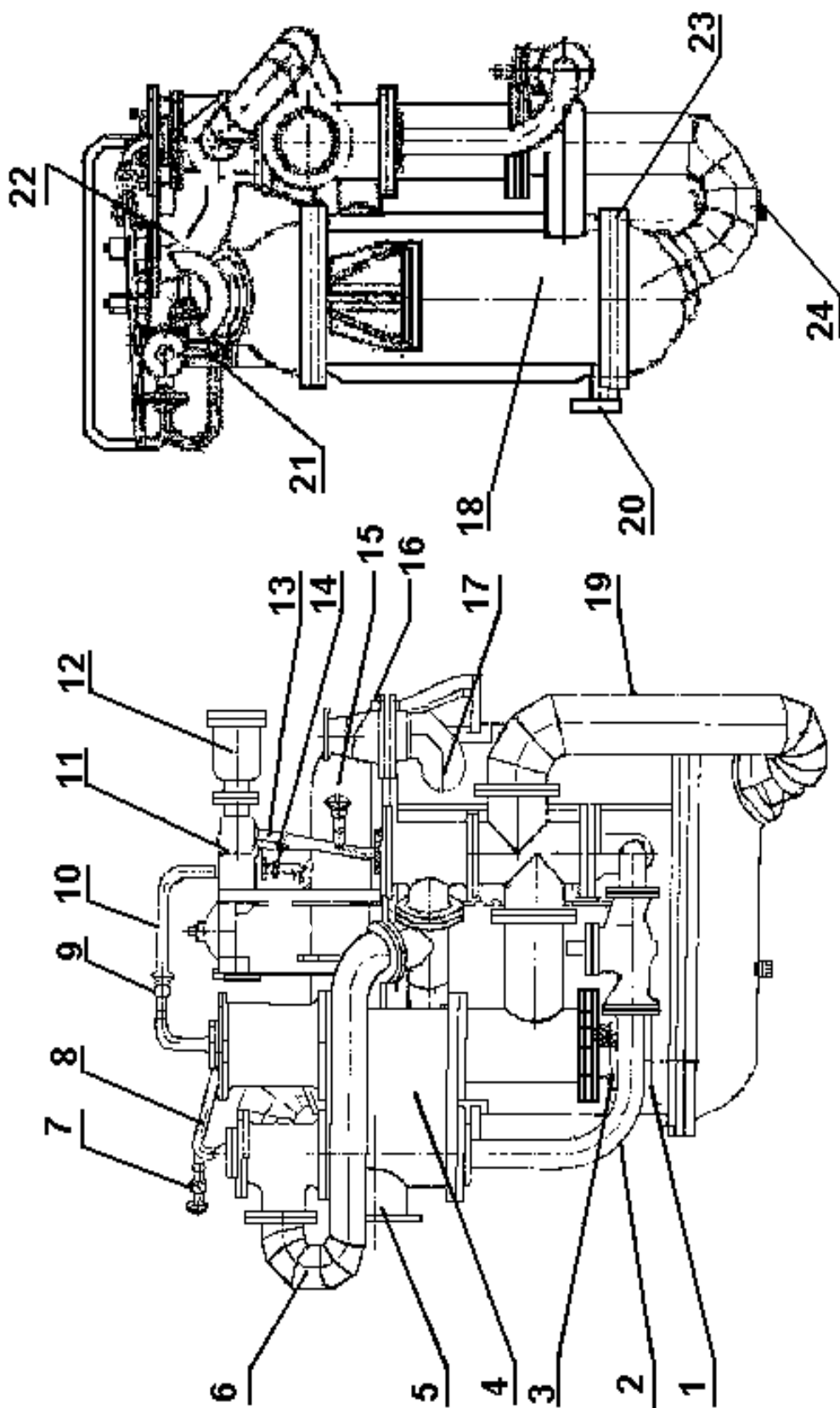


Рис. 32. Общий вид ПЭЖ 32/20:

1,2 – колено; 3 – обратный клапан Ду70; 4 – эжекторы 1-ой и 2-ой дополнительной ступеней; 5, 20, 22 – пагубки; 6, 8, 10, 13, 19 – трубы; 7, 9, 14, 15, 21 – паровая коробка с гидрприводом; 12 – фильтр; 16 – невозвратный клапан; 17 – эжектор 2-ой основной ступени; 18 – конденсатор 1-ой и 2-ой ступеней; 23, 24 – пробки

2.5. Конструктивные особенности теплообменных аппаратов

Теплообменными аппаратами называются устройства, предназначенные для изменения физического состояния рабочего тела, в подогревателях путём теплообмена происходит подогрев, в холодильниках – охлаждение.

В состав МКУ входят следующие теплообменные аппараты: деаэратор, маслоподогреватель, нефтеподогреватель, маслоохладитель.

Деаэратор выполняет четыре основные функции:

- 1) понижает кислородосодержание питательной воды до 0,03 мг/л;
- 2) подогревает питательную воду до температуры 105 °С;
- 3) компенсирует температурные расширения рабочего тела.
- 4) служит резервом для подачи воды в котёл при срыве работы конденсатного насоса.

В деаэратор в основном поступает конденсат от конденсатных насосов ПКБТ и пар из паропровода отработавшего пара.

Деаэратор (рис.33) представляет собой стальную конструкцию, состоящую из корпуса 3, деаэрационной головки 10 и изоляции. Корпус и головка соединены между собой при помощи сварки.

Корпус 3 деаэратора изготовлен из стали в виде барабана с приварными сферическими днищами и имеет высоту около 3,5 м и диаметр 2,5 м. Снаружи корпус изолирован вермикулитовыми скорлупами, ньювеливой обмазкой и тканью. Для осмотра, очистки и ремонта корпуса предусмотрены лазы с крышками. В нижней части корпуса установлены продольные и поперечные щиты 6, являющиеся успокоителями воды при качке корабля. Снаружи на корпусе установлены водоуказательный прибор, клапаны регуляторов уровня 7 и 8. В нижней части корпуса имеются два патрубка 5 для отвода конденсата к бустерным насосам ПКБТ.

Деаэрационная головка 10 выполнена в виде сварного, вертикально расположенного корпуса с приваренным к верхней части эллиптическим днищем 1, в котором вмонтирован съёмный конденсатор выпара 2. В средней части головки расположена насадка 13, в нижней части – парораспределительный коллектор 9. В верхней части головки над насадкой смонтирована труба 16 с форсунками 15 в количестве 9 шт для слива конденсата из разгрузочных камер питательных насосов.

Конденсатор выпара состоит из: обечайки 14; днища 1 и трубной водораспределительной части. Трубная водораспределительная часть конденсатора состоит из: двух приемных камер 20 и 21, в каждой из которых смонтированы по три форсунки; двух перепускных камер 19 и 22; труб 17, которые крепятся к трубным доскам 18 при помощи сварки; водораспределительных устройств 23 и 24, в которых размещены форсунки в количестве 27 и 18 шт., соответственно.

Насадка 13 представляет собой заключенный между перфорированным листом 11 и сеткой 12 слой беспорядочно расположенных омегаобразных элементов 25, обеспечивающих развитую поверхность контактирования деаэрируемого конденсата и греющего пара, что способствует интенсивному

выделению газов из конденсата. Сетка обеспечивает равномерное размещение по толщине слоя элементов в насадке, исключая возможность перераспределения их при наклонениях деаэратора.

Принцип действия деаэратора заключается в следующем: конденсат из главного конденсатора через конденсатор выпара 2 подается в водораспределительную часть к форсункам при помощи которых орошает насадку. Конденсат из разгрузочных камер питательных насосов поступает в водораспределительную трубу 16 и через форсунки 15 также орошает насадку. В насадке конденсат стекает в виде тонкой пленки по омегаобразным элементам. Греющий пар из парораспределительного коллектора 9 направляется навстречу стекающему конденсату через насадку в паровой объем. В паровом объеме над насадкой и в насадке пар нагревает конденсат до температуры насыщения, соответствующей давлению в деаэраторе, при этом происходит интенсивное выделение кислорода и других газов из конденсата. Выделившиеся из конденсата в насадке и паровом объеме газы вместе с несконденсировавшимся паром поступают в конденсатор выпара, где пар в основном конденсируется, конденсат стекает на насадку, а газы с незначительным количеством пара удаляются из деаэратора в атмосферу. Продеаэрированный конденсат стекает в корпус деаэратора 3 и через сливные патрубки 5 при помощи насоса отводится из деаэратора в питательную систему. В нижней части корпуса 3 установлено барботирующее устройство 4 (кольцо из дырчатой трубы), к которому подводится пар от вспомогательного трубопровода насыщенного пара. Барботирующее устройство предназначено для деаэрации воды при отсутствии пара в паропроводе отработавшего пара и при бездействии ПКБТ, т.е. в начальный период приготовления МКУ к действию и при постановке котлов на мокрое хранение при бездействующей МКУ.

Для обеспечения нормальной эксплуатации деаэратор снабжен необходимым комплектом арматуры и контрольно-измерительных приборов.

В деаэраторе предусмотрена установка двух регуляторов уровня конденсата. Регулятор рабочего уровня 8 предназначен для поддержания рабочего уровня воды в деаэраторе. Регулятор нижнего предельного уровня 7 предназначен для подпитывания системы питательной водой в случае выхода из строя регулятора рабочего уровня и падения уровня конденсата в деаэраторе до аварийного значения.

Местный контроль за уровнем воды в деаэраторе осуществляется с помощью водоуказательной колонки, в пределах видимости которой находится весь диапазон возможного изменения уровня.

На манометровом щите установлены мановакуумметры и манометр, показывающие давление в деаэраторе и давление конденсата из главного конденсатора.

Температура деаэрированного конденсата замеряется с помощью биметаллического термометра, установленного на корпусе деаэратора.

Защита деаэратора по давлению обеспечивается путем установки на определенных магистралях соответствующих предохранительных устройств, исключающих возможность повышения давления в деаэраторе выше $1,8 \text{ кгс/см}^2$.

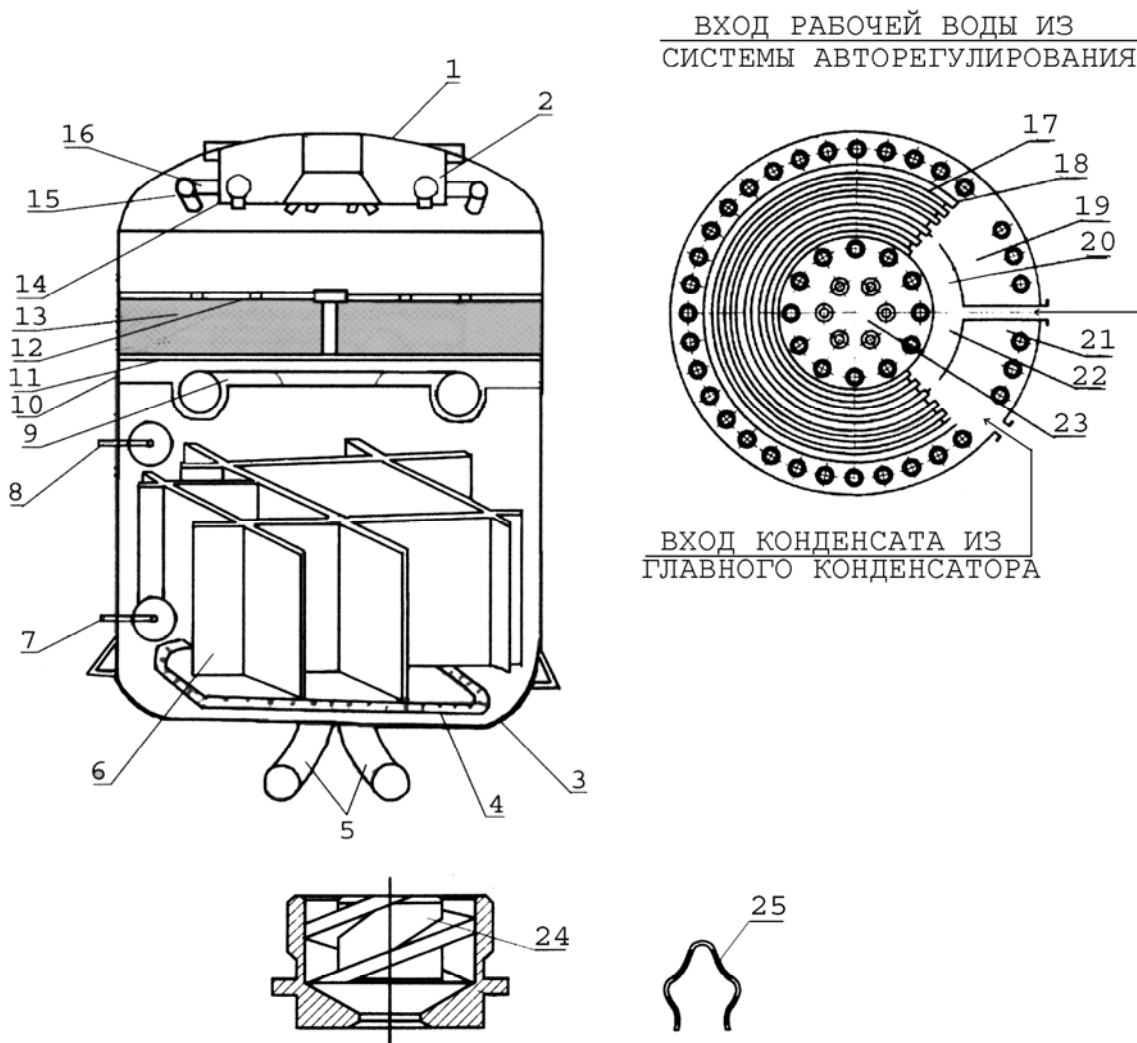


Рис.33. Деаэратор:

1– днище конденсатора выпара; 2– конденсатор выпара; 3– корпус; 4– барботирующее устройство; 5– сливные патрубки; 6– успокоительные щиты; 7– регулятор нижнего уровня; ; 8- регулятор рабочего уровня; 9– парораспределительный коллектор; ; 10– деаэрирующая головка; 11– лист перфорированный; 12– сетка; 13– насадка; 14– обечайка
15- форсунки; 16- труба водораспределительная; 17- трубы; 18- трубные доски; 19 и 22 – перепускные камеры; 20 и 21 – приемные камеры; 23 и 24– водораспределительные устройства; 25 – омегаобразные элементы

Маслоохладитель (рис.34) предназначен для охлаждения масла, подаваемого на смазку до температуры 40°C .

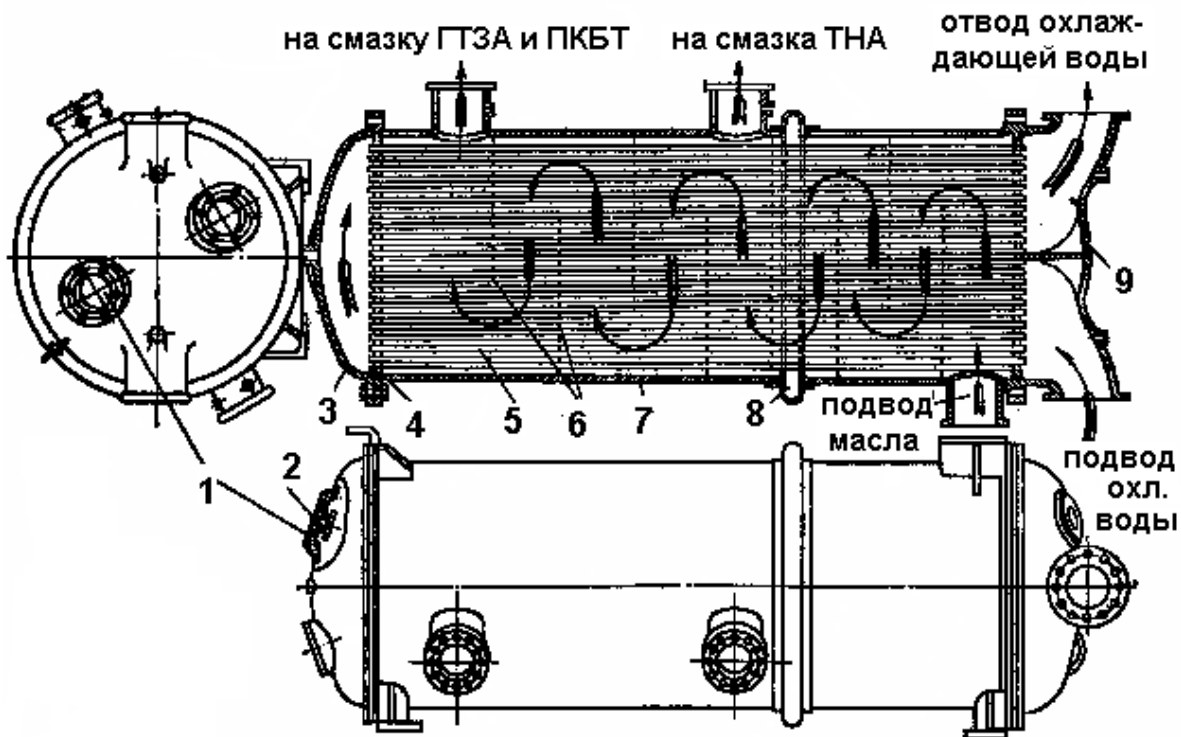


Рис. 34 Маслоохладитель:

1– смотровой лючок; 2– протектор; 3, 9– крышки; 4– трубная доска; 5– трубки; 6– диафрагмы; 7– корпус; 8– гофр

Маслоохладитель двухпроточный. Он состоит из стального сварного корпуса 7, двух латунных трубных досок 4, медно-никелевых трубок 5 и медных крышек 3, 9. Корпус имеет гофр для компенсации разности температурных расширений теплового корпуса и более холодных трубок. Внутри корпуса установлено 8 диафрагм 6, надетых на трубки 5 и прикрепленных к корпусу. Диафрагмы направляют поток масла перпендикулярно трубкам, что улучшает охлаждение масла. Трубки развальцованы в трубных досках 4. Вода подаётся ТЦН, делает прямой и обратный ход по трубкам холодильника. Качество охлаждающей воды регулируется автоматически регулятором РТМ-150.

Маслоподогреватель (рис.35) служит для подогрева масла в расходной цистерне при вводе ГТЗА до температуры $15-20^{\circ}\text{C}$. Он состоит из корпуса 5 с верхним и нижним днищами 2 и 7 и двух змеевиков 1 и 3. Внутри змеевиков вставлен цилиндр с отверстиями 4. Греющий пар проходит по змеевикам конденсируется и нагревает масло. Масло поступает снизу, растекается по

окружности (т.к. дно цилиндра сплошное), омывает змеевики и через отверстия в стенках цилиндра поступает на слив через патрубок в верхнем днище.

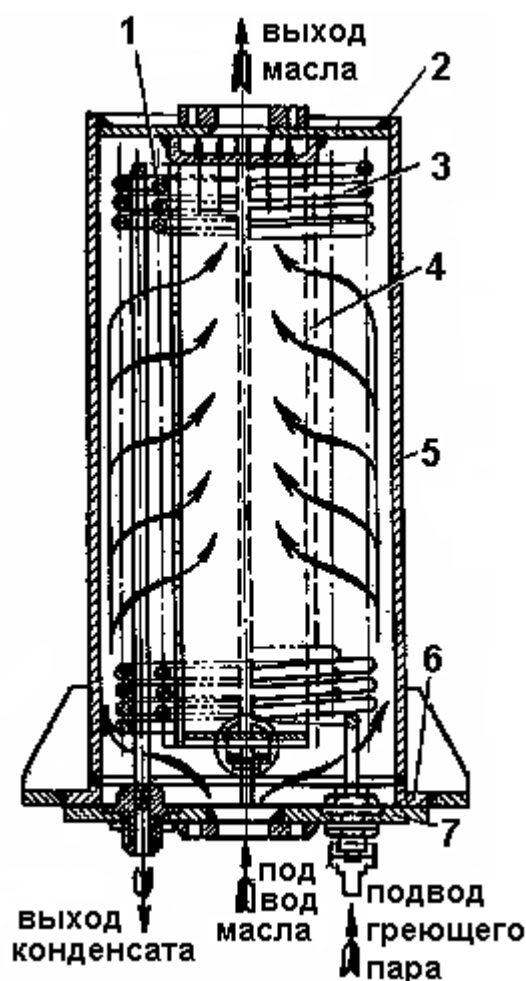


Рис.35 Маслоподогреватель:

1, 3 – змеевики; 2 – верхнее днище; 4 – цилиндр;
5 – корпус; 6 – фланец; 7 – нижнее днище

Нефтеподогреватель (рис.36) представляет собой стальной цилиндрический корпус 10 с приваренным дном 7 и фланцем 13. К фланцу с помощью шпилек крепятся трубные доски 14 и 15 и крышка 1, отлитая вместе с патрубками входа и выхода топлива. Греющий пар подводится к верхней части корпуса 12, конденсат греющего пара уходит через приварыш 8 в днище корпуса. Внутренняя полость между крышкой 1 и верхней трубной доской 15 разделена ребрами в крышке на четыре камеры: приемную, отливную и две промежуточные. Холодное топливо через фильтр поступает в приемную полость, проходит через U-образные трубки 6 и промежуточные камеры (делает 6 ходов) и из отливной камеры уходит через фильтр горячей нефти к форсункам.

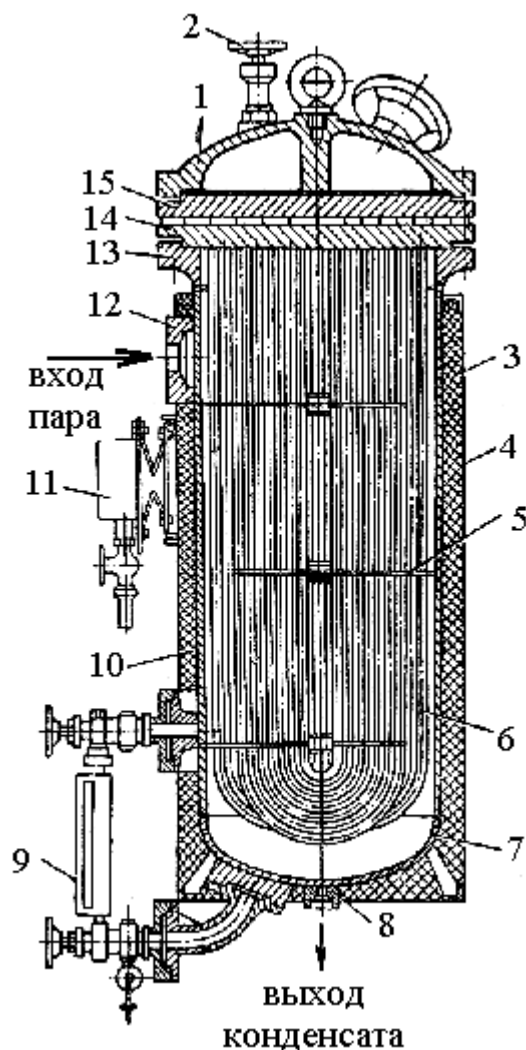


Рис.36 Подогреватель нефти:

1– крышка; 2– клапан воздушный; 3– изоляция; 4– обшивка; 5– диафрагма; 6– U-образная трубка; 7– днище; 8, 12– приварыши; 9– водоуказатель; 10– корпус; 11– манометр; 13– фланец; 14, 15– трубные доски

2.6. Конструктивные особенности турбогенератора

Назначение и устройство турбогенератора

Рассмотрим турбогенератор ТД-1500, который предназначен для выработки электроэнергии, необходимой для освещения корабля, питания электродвигателей и электрической аппаратуры. Цифра в марке турбогенератора означает его электрическую мощность, кВт. Частота вращения турбины турбогенератора 10000 об/мин, частота вращения генератора 1500 об/мин, передаточное отношение зубчатой передачи около 6,67, передача одноступенчатая планетарная.

Свежий пар турбогенератор получает от вспомогательного паропровода перегретого пара, давление пара переменное, соответствующее режиму работы котла. При любом давлении пара, предусмотренном режимом нормальной

работы МКУ, турбогенератор может развивать полную мощность. Отработавший пар ТГ отдаёт на главный конденсатор на всех режимах.

Турбина ТД-1500 активная, имеет двух ступенчатое колесо скорости и две ступени давления (рис.37).

Корпус турбины - стальной литой, горизонтальным разъемом делится на верхнюю и нижнюю половины. Верхняя половина сварена из трех литых деталей: клапанной коробки 4, передней части 5 и выхлопной части 11. Передняя часть разделена перегородками на шесть камер с отверстиями, в которые запрессованы седла клапанов 1 парораспределения в виде расширяющихся диффузоров. С внутренней стороны к передней части на болтах крепится сопловый сегмент 6 со сверленными расширяющимися соплами. К нижней половине снаружи крепятся на шпильках передний и задний 16 подшипники турбины и имеются две опорные лапы и прилив для крепления гибкой опоры. С внутренней стороны корпуса имеются кольцевые расточки, в которых установлены обойма 7 направляющего аппарата, колеса скорости, две диафрагмы 8 и 10 ступеней давления, четыре обоймы переднего 22 и заднего 15 уплотнений. Обойма 7 в районе сопел имеет направляющие лопатки с хвостами зубчикового профиля и бандажом. Бандаж изготовлен с двумя радиальными уплотнительными усиками. В остальной части окружности обойма имеет Т-образный профиль, причем, первая перегородка заменяет отсутствующую в этой части сопловую дугу, вторая – направляющие лопатки, а третья предотвращает обратное попадание пара из камеры колеса скорости во второй ряд рабочих лопаток. Диафрагмы имеют цилиндрические расточки для установки обойм уплотнений ступеней давления. Обе диафрагмы имеют сопла по всей окружности, изготовленные в виде вварных лопаток. К диафрагмам приварены цилиндрические паровые щитки 9, которые служат для уплотнения проточной части и имеют радиальные уплотнительные усики. В выхлопной части верхней и нижней половин корпуса установлен диффузор, состоящий из наружной 13 и внутренней образующих, который позволяет значительно увеличить вакуум после второй ступени давления и получить более высокий КПД турбины.

Ротор турбины стальной цельнокованный, имеет три диска 18, 19 и 20 с отверстиями для уменьшения осевого давления. Рабочие лопатки активного типа, крепятся в роторе хвостами зубикового профиля. Лопатки соединены бандажами в пакеты по 10 - 11 штук. В районе концевых уплотнений ротор имеет ряд кольцевых выточек, в которые завальцованы уплотнительные усики. В районе диафрагм на роторе проточены лабиринтовые канавки 21. На выходах из корпуса и на входах в подшипники ротор имеет паротбойные 25 и маслоотбойные 26 гребни. На концах ротора проточены шейки, кормовой конец имеет зубчатый венец 17 для установки соединительной муфты, а носовой - рабочее колесо главного масляного насоса – регулятора 27. Рабочее колесо выполнено в виде полого цилиндра с четырьмя рядами радиальных отверстий (в шахматном порядке). Торцевые поверхности цилиндра являются одновременно упорными поверхностями упорного подшипника.

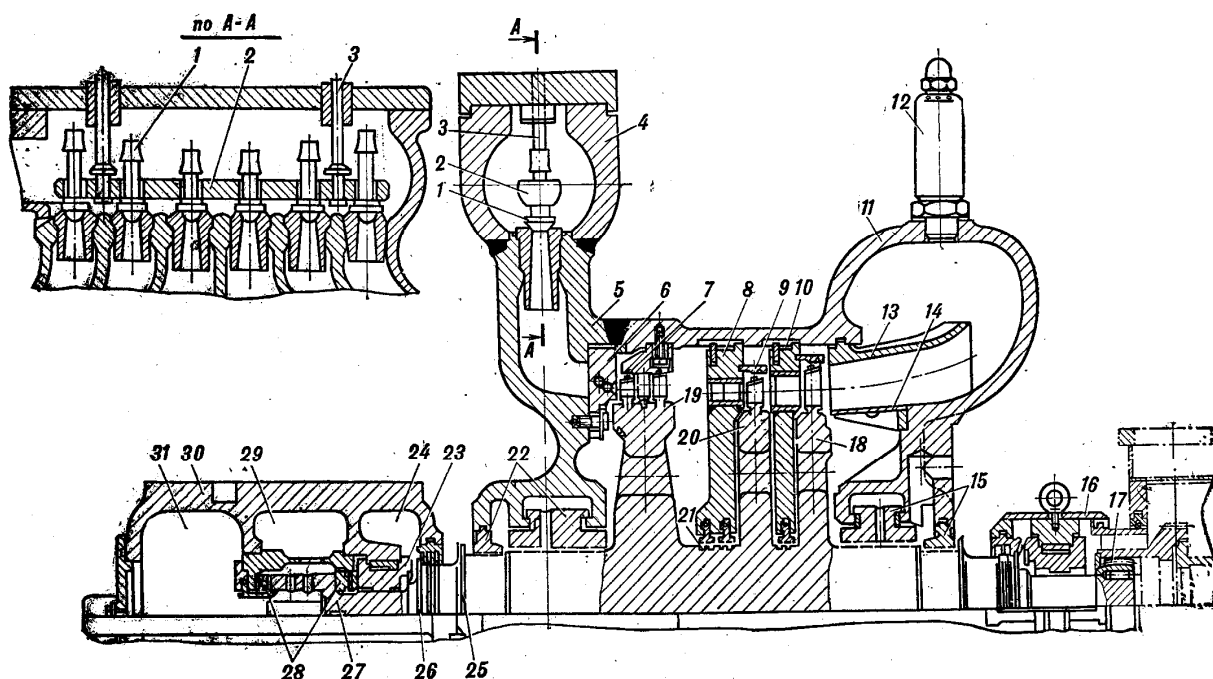


Рис.37 Турбина ТД-1500:

1– регулирующий клапан; 2– траверса регулирующих клапанов; 3– тяга траверсы; 4– клапанная коробка; 5– передняя часть турбины; 6– сопловой сегмент; 7– обойма; 8, 10– диафрагмы; 9– паровой щиток; 11– выхлопная часть турбины; 12– сигнальный клапан; 13, 14– образующие выхлопного диффузора; 15, 22– концевые уплотнения; 16– корпус заднего опорного подшипника; 17– зубчатый венец муфты; 18, 19, 20– диски ротора; 21– лабиринтные канавки; 23– вкладыш переднего опорного подшипника; 24, 29, 31– масляные полости; 25, 26– отбойные гребни вала; 27– рабочее колесо насоса-регулятора и упорный гребень ротора; 28– упорные колодки; 30– крышка

Подшипники турбины.

Передний подшипник состоит из трех взаимосвязанных узлов опорного подшипника, упорного подшипника и насоса регулятора. Опорный подшипник имеет верхний 23 (рис.37) и нижний вкладыши, залитые баббитом. Упорный подшипник имеет упорные колодки 28, залитые баббитом. Главный масляный насос - регулятор создает напор масла за счёт центробежной силы, которая при вращении ротора возникает в масле, заполняющего радиальные отверстия рабочего колеса. Вследствие этого в полости 29 создается повышенное, а в полости 31 – пониженное давление. Полость 24 соединена с полостью 31. Под действием разности давлений масло протекает через опорный и упорный подшипники и смазывает их рабочие поверхности.

Задний подшипник имеет вкладыши, залитые баббитом, и смазывается маслом, подводимым от насоса по масляной системе.

Зубчатая передача планетарная (рис.38), чем принципиально отличается от передачи других турбомеханизмов. В кинематическую схему планетарной передачи входят ведущая солнечная шестерня 5, три сателлита 2, фиксированные относительно водила 4 цапфами 3, и неподвижный венец 1. Вращение от ротора турбины передается солнечной шестерне, которая

приводит во вращение сателлиты. Сателлиты катятся по венцу и заставляют вращаться водило, с которым соединен вал генератора. За счет разности числа зубцов неподвижного венца и солнечной шестерни водило вращается медленнее. Передаточное отношение составляет 6,67.

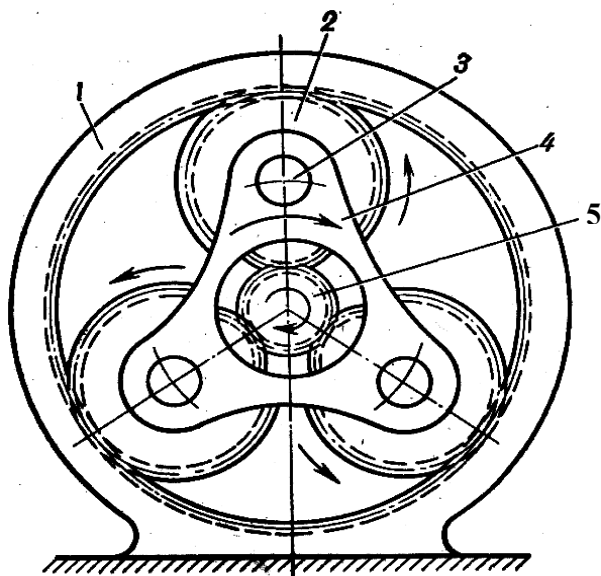


Рис.38. Схема планетарной зубчатой передачи ТД-1500:

1– венец; 2– сателлит; 3– цапфа; 4– водило;
5– солнечная шестерня.

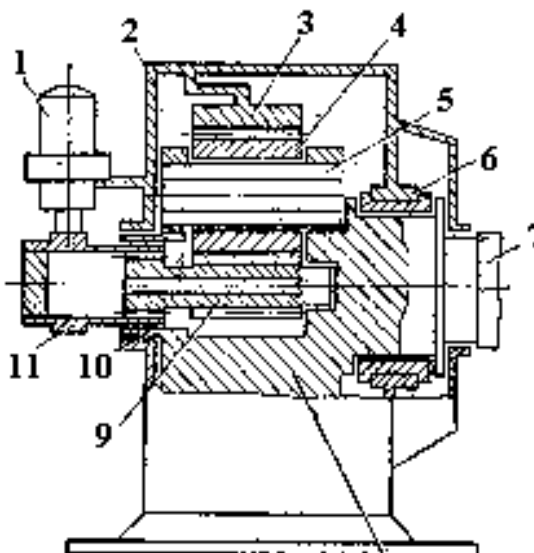


Рис.39. Редуктор ТД-1500:

1– ВПУ; 2– крышка корпуса; 3– венец передачи; 4– сателлит; 5– цапфа; 6– опорно-упорный подшипник; 7– вал водила; 8– водило; 9– солнечная шестерня; 10– опорный подшипник; 11– зубчатая полумуфта

Конструктивная схема зубчатой передачи представлена на рис.39. Вращение от ротора турбины передается солнечной шестерне 9 с помощью зубчатой муфты 11. Сателлиты 4 вращаются на цапфах 5, которые имеют внутренние сверления и радиальные отверстия, а с торцов заглушены пробками. Венец 3 закреплен в корпусе 2. Цапфы 5 установлены в водиле 8, которое валом 7 соединено с ротором генератора. Зубчатая муфта вращается внутри водила с масляным зазором 0,06-0,1 мм. Водило 8 имеет опорный подшипник 10 и опорно-упорный подшипник 6, залитые баббитом.

Масло для смазки трущихся пар поступает по каналу в корпусе к подшипнику (носовому опорному) и далее по отверстиям в солнечной шестерне, водиле и цапфах - к остальным трущимся поверхностям, после чего вытекает в корпус и уходит на слив. Внутри корпуса постоянно находится смесь воздуха с каплями масла, за счет чего смазываются зацепления сателлитов с солнечной шестерней и неподвижным венцом.

На корпусе передачи установлено валоповоротное устройство (ВПУ), которое имеет поршневой сервомотор для подключения и пружину для отключения привода. Привод ВПУ - гидравлического типа - шестеренный

насос, который вращается под действием разности давлений, если открыть вручную разобшительный клапан от напорной масляной магистрали. Масло для работы ВПУ подается от пускового масляного электронасоса.

Системы, обслуживающие турбогенератор

Масляная система (рис. 40) выполняет следующие функции:

- обеспечивает смазку подшипников турбины, зубчатой передачи и генератора, а также смазку зацепления и зубчатой муфты;
- создает импульсы для поддержания постоянной частоты вращения и остановки в случае достижения предельной частоты вращения или недопустимого падения давления масла на смазку;
- обеспечивает гидравлической энергией регуляторы парораспределения, уплотнения и БЗК;
- обеспечивает гидравлической энергией валоповоротное устройство.

В систему входят: главный масляный насос – регулятор 4 центробежного типа, пусковой масляный электронасос 9 шестеренного типа, аварийный масляный электронасос 10 шестеренного типа, масляный инжектор 7, масляный бак 8, фильтры 1, 6, 14, маслоохладитель 17, маслопроводы с обратными клапанами 3, 11, 12, 15, дроссельной шайбой 16, электромагнитные реле 2, 5, 13 и реле давления (РД), а также масляные части трансформатора давления (ТД), быстрозапорного клапана (БЗК), масляного выключателя (МВ), блока защиты (БЗ), блока регулирования (БР), регулятора уплотнения (РУ) и валоповоротного устройства (ВПУ).

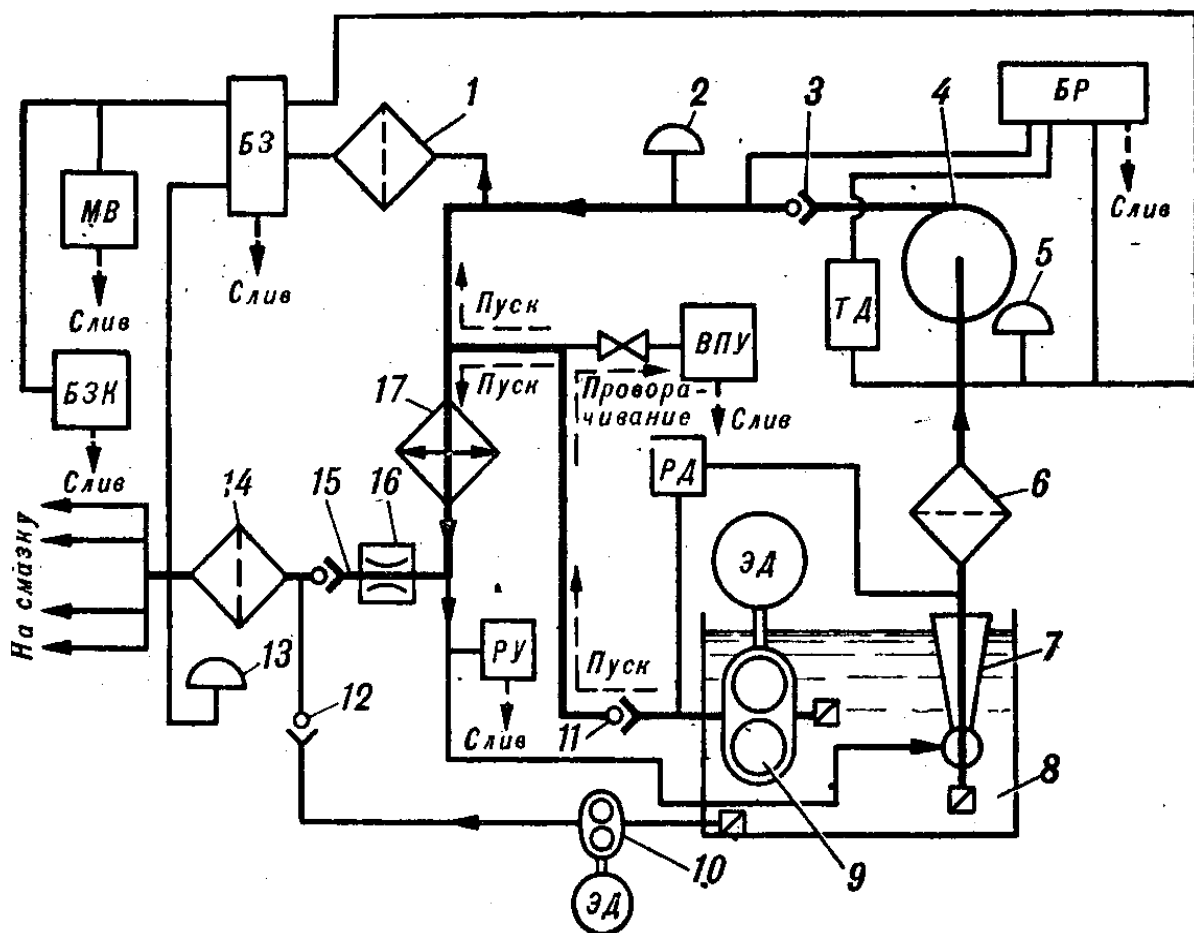


Рис. 40. Схема масляной системы ТД-1500:

1, 6, 14— фильтры; 2, 5, 13— электромагнитные реле; 3, 11, 12, 15— обратные (невозвратные) клапаны; 4— насос-регулятор; 7— инжектор; 8— резервуар с маслом; 9— пусковой масляный электронасос; 10— аварийный масляный электронасос; 16— дроссельная шайба; 17— маслоохладитель

Система смазки обеспечивает смазку и охлаждение узлов трения турбины, зубчатой передачи и генератора.

При работе турбогенератора масло подается из бака во всасывающую часть центробежного насоса 4 с помощью инжектора 7, для которой рабочей жидкостью является масло из напорного трубопровода. Инжектор создает давление на 0,05 МПа выше атмосферного и обеспечивает надежное всасывание главного насоса, который создает давление 0,95 МПа. Масло прокачивается через фильтр 6 низкого давления, маслоохладитель 17, который прокачивается забортной водой, дроссельную шайбу 16, фильтр 14 высокого давления и поступает на смазку подшипников и зацепления при давлении 0,25-0,3 МПа. Передний подшипник турбины смазывается непосредственно от главного масляного насоса.

Напорный маслопровод имеет обратный клапан 3 для предотвращения утечки масла через главный насос при работе пускового насоса 9 (при пуске, остановке и проворачивании), обратный клапан 15 для предотвращения утечки масла через инжектор в случае работы аварийного насоса 10 (при остановке

насоса 9 и вращающейся турбине). На напорном маслопроводе установлено электромагнитное реле 2, которое включает электродвигатель пускового масляного насоса при остановке турбогенератора и снижении вследствие этого давления нагнетания главного масляного насоса до 0,65 МПа. Одновременно на щите управления включается светозвуковой сигнал. Электромагнитное реле 13 на линии смазки включает аварийный масляный насос 10 при падении давления до 0,2 МПа. С помощью этих же реле, а также реле 5 на всасывании главного насоса включаются светозвуковые сигналы при падении давления: в масляной системе до 0,15 МПа, в линии смазки до 0,025 МПа и на всасывании главного масляного насоса до 0,025 МПа.

Маслоохладитель - одноходовой по маслу и двухходовой по воде. Масло под давлением выше, чем вода, движется по трубкам сверху вниз. Корпус охладителя разделен перегородкой таким образом, что вода по одной половине движется вверх, а по другой вниз.

Оба масляных фильтра 6 и 14 - сетчатые двухсекционные, имеют пробки для переключения потока масла с одной секции на другую при разборке и очистке сеток загрязненной секции.

Перед пуском турбогенератора при осмотре и проворачивании со щита управления включается пусковой электронасос 9, который подает масло при давлении 0,7 МПа в систему смазки и к масляному инжектору (для смазки переднего подшипника и создания подпора главному масляному насосу). Открывается вручную клапан подвода масла к ВПУ, сервомотор соединяет ВПУ с зубчатой муфтой турборедуктора, гидромотор ВПУ вращается и проворачивает турбогенератор. В случае отсутствия давления в масляной системе проворачивание невозможно. При закрывании клапана ВПУ отключается пружиной. Только после этого давление в системе восстанавливается до 0,7 МПа, при котором может открыться БЗК, что предотвращает пуск турбогенератора с подключенным ВПУ.

При развитии частоты вращения турбогенератора, при которой давление после главного масляного насоса становится больше 0,7 МПа, реле 2 отключает пусковой насос 9.

Система регулирования предназначена для поддержания заданной частоты вращения, которую можно изменить как с помощью местных органов на генераторе, так и дистанционно от главного распределительного щита (рис.41). В систему входят основные элементы: главный масляный насос-регулятор 24, трансформатор давления 26, отсечной переключатель 5, сервомотор 8 регулирующих клапанов 11 и обратная связь 10. Дополнительными элементами системы являются: синхронизатор 1, корректор 2 нечувствительности, корректор 13 по мощности и корректор 9 по давлению свежего пара.

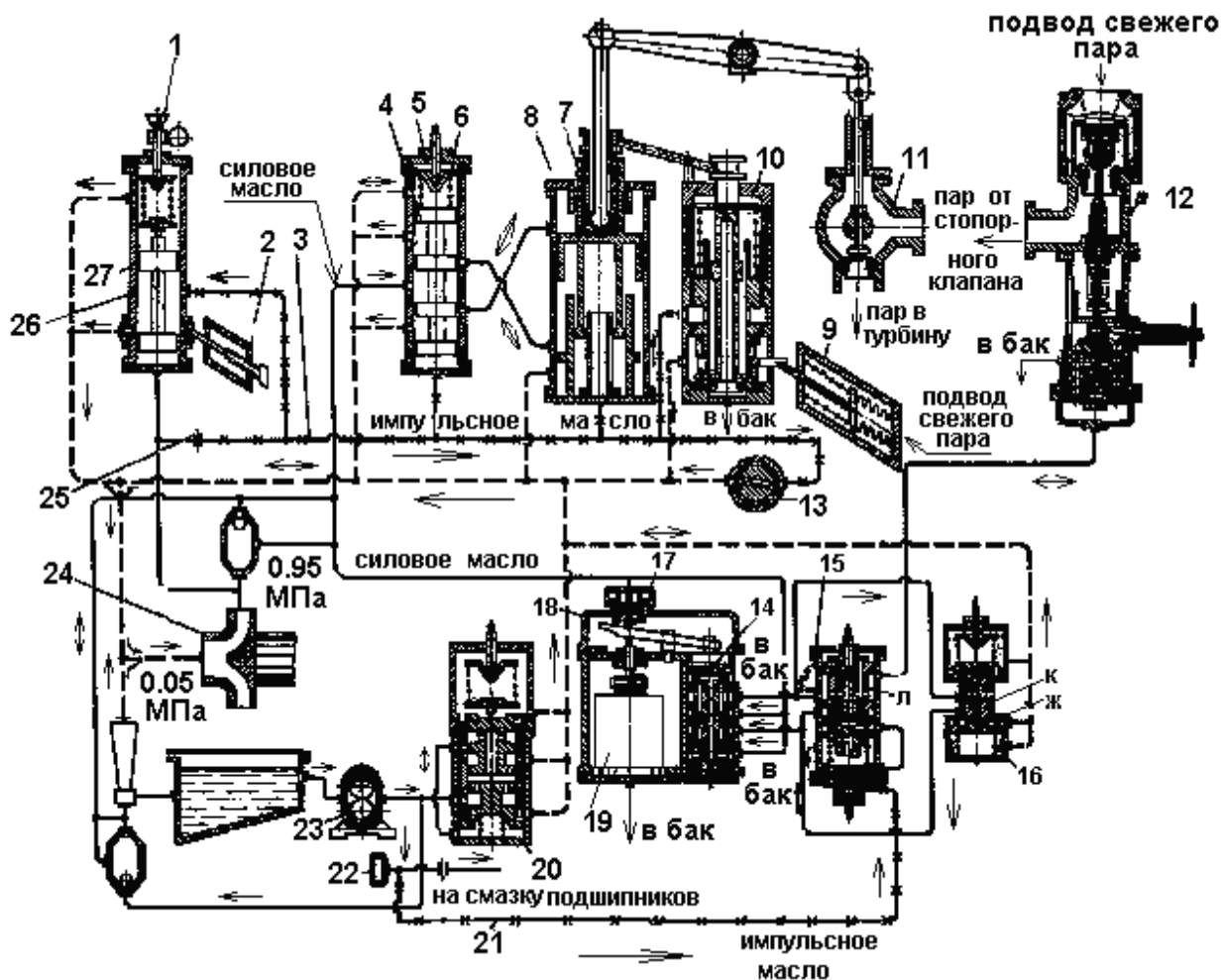


Рис. 41. схема системы регулирования и защиты ТД-1500:

1– синхронизатор; 2– корректор нечувствительности регулятора; 3, 21– импульсные маслопроводы; 4, 14, 27– золотники; 5– отсечный переключатель; 6– пружина; 7– поршень; 8– сервомотор; 9– корректор по давлению свежего пара; 10– обратная связь (гидравлическая); 11– блок регулирующих клапанов; 12– БЗК; 13– корректор по мощности; 15– реле давления в системе смазки; 16– регулятор предельной частоты вращения; 17– кнопка; 18– корпус масляного выключателя; 19– электромагнит масляного выключателя; 20– реле перепада давления; 22 – маслопровод системы смазки; 23– пусковой электронасос; 24– главный насос-регулятор; 25– дроссельная шайба; 26– трансформатор давления; Л, К, Ж– полости

Напор насоса пропорционален частоте вращения. При частоте вращения 10000 об/мин он равен 0,9 МПа. Золотник 27 трансформатора давления находится в равновесии под действием разности давлений в нижней и верхней полостях и усилия пружины. Нижнее поле золотника 27 частично перекрывает окно, через которое сообщается трубопровод 3 импульсного масла с трубопроводом всасывания насоса 24. Эти трубопроводы также соединены через зазоры в деталях 13, 10, 8 и 5. Поэтому при заданной частоте вращения поддерживается вполне определенное давление импульсного масла, которое поступает в трубопровод 3 через дроссельную шайбу 25. Золотник 4 отсечного переключателя 5 под действием разности давлений импульсного масла и всасывания насоса, а также пружины 6 находится в среднем положении и перекрывает окна,

соединенные с полостями сервомотора 8. Сервомотор находится в занятом ранее положении и поддерживает постоянной величину открытия регулирующих клапанов 11.

При увеличении электрической нагрузки на генератор становится недостаточно пара для поддержания заданной частоты вращения. Частота вращения уменьшается, напор насоса снижается. Под действием пружины золотник 27 опускается и увеличивает открытие сливного окна. Давление импульсного масла уменьшается, золотник 4 под действием пружины 6 опускается. Через верхнее окно отсечного переключателя 5 нижняя полость сервомотора 8 сообщается с всасыванием насоса 24, а через нижнее окно верхняя полость сервомотора 8 сообщается с силовым маслом (т.е. идущим непосредственно от насоса 24). Под действием разности давлений поршень 7 опускается и увеличивает открытие регулирующих клапанов 11. Пара в турбину начинает поступать больше, частота вращения восстанавливается.

Во избежание дальнейшего разгона турбогенератора установлены обратные связи сервомотора и регулирующих клапанов. При опускании поршня 7 уменьшается проходное сечение зазоров в его направляющем патроне (в нижней части сервомотора). Протечки масла уменьшаются, давление в импульсном трубопроводе начинает восстанавливаться. Через рычаг штока сервомотора 8 поднимает золотник обратной связи, окна золотника перекрываются. Давление импульсного масла восстанавливается, вследствие чего золотник 4 отсечного переключателя устанавливается в среднее положение и перекрывает окна к сервомотору 8. Регулирующие клапаны устанавливаются в новое положение.

При превышении заданной частоты вращения происходят обратные перемещения в элементах 5, 8, 10, 11 и 26.

С помощью корректора 2 нечувствительности регулятора золотник 27 может поворачиваться относительно корпуса. При этом изменяется проходное сечение сливного окна золотника, а следовательно, и скорость изменения давления импульсного масла при изменении положения золотника по вертикали. Если золотник повернут корректором 2 так, что окно открывается значительно, давление импульсного масла начинает резко уменьшаться уже при небольшом перемещении золотника, т. е. система срабатывает при незначительном изменении частоты вращения. Система имеет большую чувствительность, стремится поддерживать частоту, близкую к заданной. При этом регулирующий клапан может неоднократно «проскакивать» новое положение, заданная частота вращения устанавливается не сразу, система «качает».

Если же золотник повернут так, что окно открывается незначительно, система обеспечивает установку регулирующего клапана в новое положение без длительных «качаний», но поддерживает заданную частоту со значительными отклонениями. В различные периоды эксплуатации требуется различная нечувствительность регулятора, что и обеспечивается вручную корректором 2.

Частота вращения задается с помощью синхронизатора 1, которым изменяется нажатие пружины, а следовательно, и давление нагнетания насоса 24, при котором золотник 27 трансформатора давления 26 находится в равновесном

состоянии. На синхронизатор при пуске турбогенератора воздействуют вручную посредством маховика, а при подключении генератора в параллель с уже работающими - с помощью дистанционного привода (электромотора), управляемого с главного распределительного щита электростанции.

При параллельной работе двух генераторов нагрузка между ними распределяется с помощью корректора 13 по мощности, который управляется также с главного распределительного щита. При изменении положения корректора изменяется давление импульсного масла в трубопроводе 3, перемещается золотник 4 и изменяется величина открытия регулирующих клапанов 11 до тех пор, пока перемещение органов обратной связи не восстановит необходимое давление. Увеличение слива через корректор 13 вызывает увеличение открытия регулирующего клапана, т. е. увеличение нагрузки, принятой на генератор. Уменьшение слива имеет обратное последствие.

Корректор 9 по давлению пара действует автоматически. К сильфону корректора подведено давление свежего пара. При его увеличении шток корректора поворачивает сливную втулку обратной связи 10, слив импульсного масла уменьшается, а давление масла увеличивается. Вследствие этого регулирующие клапаны 11 прикрываются и уменьшают поступление свежего пара в турбину до восстановления равновесия системы. Уменьшение давления свежего пара вызывает обратные перемещения органов регулирования.

Система защиты (рис 41) предназначена для автоматической остановки турбогенератора в случаях:

- превышения предельно допустимой частоты вращения (11400 об/мин);
- недопустимого снижения давления масла в системе смазки, в линии нагнетания или линии нагнетания насоса - регулятора.

Система обеспечивает также автоматический пуск масляных электронасосов в необходимых случаях. В систему входят быстрозапорный клапан 12 (БЗК), регулятор 16 предельной частоты вращения, реле 15 давления в системе смазки, масляный выключатель 18 с кнопкой и электромагнитом 19, реле перепада давления и давления в линии всасывания насоса - регулятора. В систему также входит сигнальный клапан пружинного типа, установленный на патрубке отработавшего пара, срабатывающий при превышении давления до 0,02 МПа. О падении вакуума в конденсаторе до 150 мм рт. ст. сигнализирует светозвуковой сигнал от электромагнитного реле.

Система автоматической остановки турбогенератора гидравлическая, дублируется электрическим сигнализатором на щите управления и электрическими импульсами на электромагнит 19 масляного выключателя 18.

БЗК 12 имеет механический привод, пружину и сервомотор. В нижнем положении клапан закрыт, а в верхнем - открыт. Пружина стремится держать клапан в нижнем (закрытом) положении, а сервомотор под действием давления масла - в верхнем. Перед пуском турбогенератора БЗК взводят вращением маховика на закрытие (по часовой стрелке). При этом шток сервомотора ввинчивается в поршень, пружина сжимается, а клапан закрывается. Если в сервомотор подать силовое масло при давлении 0,6 МПа от пускового насоса 23,

поршень сервомотора прижмется вверх с силой, которая больше усилия пружины, веса движущихся деталей БЗК и давления пара на клапан. Поэтому при вращении маховика на открытие шток сервомотора вывинчивается из неподвижного (прижатого давлением вверх) поршня, а паровой клапан открывается. Турбогенератор стравливается и развивает обороты. Вступает в действие главный насос-регулятор 24, автоматически останавливается пусковой насос 23, вступает в действие система регулирования. Поршень сервомотора остается прижатым в верхнем положении. БЗК открывается вручную полностью и остается в этом положении во время действия турбогенератора. Протечки масла из сервомотора отводятся в бак.

Если прекратить подвод силового масла к БЗК или уменьшить его давление, усилие пружины становится больше усилия сервомотора и БЗК под ее действием закрывается.

Силовое масло к БЗК подведено через масляный выключатель 18. При нормальной работе турбогенератора золотник 14 масляного выключателя находится в нижнем положении и открывает доступ силовому маслу к сервомотору БЗК. В этом положении золотник удерживается своим весом. Давление силового масла, подведенного в его нижнюю полость, при этом незначительно, поскольку нижняя полость по отверстию соединяется со сливом. Если золотник 14 поднять вверх, то отверстие отсекается от слива и давление силового масла удерживает золотник в верхнем положении после прекращения действия силы, вызвавшей такое перемещение. При этом отсекается подача силового масла к БЗК, который сразу же закрывается. Подъем золотника 14 может быть вызван нажатием на кнопку 17, подачей электропитания на электромагнит 19 (от регуляторов безопасности или при дистанционном выключении) и подачей силового масла во вторую снизу полость золотника (при срабатывании реле 15 или регулятора 16).

Регулятор предельной частоты вращения 16 имеет золотник, нагруженный пружинами. К регулятору подведено давление масла до и после насоса-регулятора. При развитии предельно-допустимой частоты вращения турбогенератора создается напор насоса, при котором золотник перемещается и сообщает полости К и Ж. Силовое масло через эти полости и трубопровод поступает во вторую снизу полость золотника 14 масляного выключателя, поднимает его вверх и вызывает закрытие БЗК.

Аналогичное действие вызывает перемещение золотника реле 15 давления в системе смазки, в нижнюю часть которого подведено масло под давлением из системы смазки 22. При падении давления смазки золотник опускается и через окно Л подает силовое масло к золотнику 14 масляного выключателя.

Реле 20 перепада давления и давления в линии всасывания насоса-регулятора имеет два золотника, которые находятся под действием пружин и измеряемых давлений. При достижении недопустимых значений положение того или другого золотника изменяется, включается питание на электромагнит 19 и БЗК закрывается.

Система уплотнения и отсоса предназначена для поддержания постоянного давления пара несколько выше атмосферного в уплотнениях турбины и для удаления паровоздушной смеси из конденсатора, концевых уплотнений турбины и штока регулятора уплотнений. Она состоит из блок-эжектора и регулятора уплотнений. Блок-эжектор по принципу действия сходен с главным пароструйным эжектором ГТЗА. Охлаждающей водой блок-эжектора является конденсат от вспомогательного конденсатора ТД-1500, а рабочим паром - насыщенный пар. Регулятор уплотнений в зависимости от режима турбогенератора либо подает свежий пар в систему уплотнения, либо отдает пар из системы в конденсатор.

2.7. Эксплуатация вспомогательных механизмов

В пособии изложены только общие правила эксплуатации изучаемых механизмов. Для каждого из них имеется конкретная инструкция завода-изготовителя, отступить от которой запрещается.

Приготовление и пуск вспомогательных механизмов

Приготовление к пуску турбомеханизма предназначено для приведения его в состояние, обеспечивающее безаварийную и надежную работу. Перед началом приготовления механизмов следует убедиться, что все паровые клапаны, находящиеся на пути пара к механизму, расхожены и закрыты, но не обжаты. Затем производят замеры положения роторов турбины и зубчатой передачи. Результаты замеров зазоров заносятся в "Суточный и вахтенный журнал" установки и сравниваются с предыдущими и формулярными. Если просадка (сдвиг) ротора или колеса больше допустимого значения, приготовление механизма к действию не разрешается.

Производится тщательный наружный осмотр механизмов, проверяют состояние открытых частей валов и узлов регулирования. Проверяют наличие и исправность штатных контрольно-измерительных приборов.

Обеспечив подачу масла на узлы механизмов, проворачивают механизм вручную или с помощью валоповоротного устройства, прослушивая при этом турбину, редуктор, насос. Убедившись в отсутствии заеданий и задеваний подвижных частей о неподвижные, проворачивание заканчивают.

Проворачивают на 3-4 оборота рукоятки масляных фильтров. Проверяют уровень масла в картерах механизмов, спускают отстойную воду и производят замер ее солености (не более 15^0 Бр). В случае понижения уровня масла ниже верхней метки по маслоуказательному прибору доливают масло. Открывают все клапаны продувания и отсоса от уплотнений турбины, медленно открывают клапан (клинкет) отработавшего пара, взводят БЗК и открывают клапаны добавочных сопел. Только после этого можно подводить свежий пар к закрытому (но взведенному) БЗК.

Паропровод свежего пара продувают, после чего клапан свежего пара к механизму приоткрывают на $1/2$ - $1/3$ оборотов маховика. После прогрева паропровода в течение 2-3 минут и выравнивания давления до и после клапана, последний открывают полностью.

На гидравлической части открывают приемный и отливные клапаны ТЦН, нагнетательные клапаны ТМН, ТНН, клинкет приема к конденсатному насосу ПКБТ, воздушные краны на насосах. Проверяют электросхему управления ПКБТ и механизм включают на дистанционное управление из ПДУ. О готовности механизма к пуску заведующий механизмом докладывает старшине вахты.

Прогревание и пуск турбомеханизмов производят при прокачке подшипников и редуктора масляным насосом с давлением не ниже 0,02 МПа запускаемого нажатием кнопки на щите дистанционного управления. Масло к ПКБТ и ТНА подводится от напорного маслопровода ГТЗА при давлении не ниже 0,2 МПа. Подшипники ТМН и ТНН прокачивают ручным насосом.

Для прогревания приоткрывают пусковой клапан (у ТМН, ТНН и ТГ), открывают БЗК и приоткрывают регулирующий клапан 1 группы сопел у ПКБТ и ТЦН. Механизмы должны начать вращаться при давлении страгивания не выше 0,25 МПа - для ТГ и ПКБТ; 0,3 МПа – для ТМН, ТНН; 0,5 МПа – для ТЦН. Превышать эти величины давления страгивания запрещается.

После страгивания механизм прослушивают, его частоту вращения медленно доводят до такой, при которой масляный насос обеспечивает устойчивую смазку подшипников и зубчатых зацеплений. Прокачку вручную при этом прекращают и останавливают пусковые масляные насосы. Работа механизмов на этих оборотах продолжается до тех пор, пока температура турбины не достигнет 75-80°C.

В случае обнаружения ненормального шума или задеваний при прослушивании механизма следует его немедленно остановить для выяснения причин неисправности. При появлении жидкости из воздушных кранов их закрывают. Проверяют уровень масла по маслоуказателям. Он должен быть не ниже отметки “Уровень масла при работе”. Убедившись в достаточном прогревании корпуса турбины, закрывают клапаны продувания. Производят медленное развитие оборотов до заданного режима. После достижения заданной частоты вращения, проверяют показания всех приборов и механизм прослушивают.

При достижении температуры подшипников 40 - 50 °С включают воду на маслоохладитель.

О запуске механизма и замечаниях по его работе вахтенный докладывает старшине вахты.

Обслуживание вспомогательных механизмов в действии и их остановка

Прежде всего нужно помнить: в случаях, грозящих аварией, - сильная вибрация, ненормальные шумы или звуки в механизме, падение давления масла - немедленно остановить механизм, но при этом помнить о влиянии работы механизма на работу всего МКО.

Уход за механизмом во время его работы заключается в поддержании необходимых напора и производительности, а также в наблюдении:

- за давлением масла на смазку, которое должно быть не ниже: для ТНН и ТМН - 0,1 МПа; для ТЦН - 0,07 МПа; для ПКБТ - 0,2 МПа; для ТГ - 0,05 МПа; для ТНА - 0,1 - 0,2 МПа.
- за уровнем масла в картере, который не должен быть ниже нижней риски маслоуказателя;
- за температурой масла в подшипниках, которая не должна превышать величины 70 °С для опорных подшипников и 60 °С для упорных;
- за сальником насоса (нет ли нагрева или больших протечек перекачиваемой жидкости);
- за работой механизма (шум, вибрация и т.п.);
- за чистотой механизма, а также за чистотой трюма и площадки, с которой производится обслуживание механизма.

В соответствии с инструкцией по эксплуатации механизма необходимо с определенной периодичностью прослушивать турбину, зубчатую передачу, гидравлическую часть и результаты докладывать старшине вахты.

По отдельным турбонасосам, кроме того, следует:

- по ТЦН - не допускать превышения полного напора насоса, указанного в ТТД механизма;
- по ТНН и ТМН периодически проверять на ощупь температуру крышек гидравлической части насоса ($t \approx 40 - 50$ °С);
- по ПКБТ - не допускать давления в разгрузочной камере более 4,5 МПа, причем, давление воды на смазку нижнего подшипника должно быть выше давления в разгрузочной камере не менее, чем на 0,12 МПа;
- по ТНА – следить за работой компрессора, не допускать появления помпажных явлений. При первых признаках помпажа агрегат немедленно остановить. Через 2000 часов работы агрегата производить промывку проточной части компрессора от солевых отложений насыщенным паром. Следить за показаниями приборов системы защиты.

Вывод механизма из действия должен производиться в соответствии с последовательностью вывода из действия энергетической установки. При остановке основное внимание должно быть направлено на осушение внутренних полостей турбины, консервацию подшипников и устранение замеченных в работе дефектов. Остановка производится в следующем порядке:

- перевести механизм на ручное управление;
- закрыть клапан к механизму на паропроводе свежего пара, одновременно начать прокачку подшипников пусковым насосом;
- закрыть стопорный клапан механизма (ТМН, ТНН), закрыть БЗК, не сбрасывая его, ослабить пружину (у ТМН и ТНН нажать на рукоятку масляного выключателя);
- закрыть добавочные клапаны, если они были открыты;
- закрыть клапаны отсоса от уплотнений или подвода к ним свежего пара;
- закрыть клапан отработавшего пара и открыть клапаны продувания корпуса турбины, сопловых коробок, БЗК.

Подшипники прокачать пусковым масляным насосом до полной остановки механизма и далее до прекращения роста температуры подшипников, грозящего их подплавлением, одновременно проворачивая механизм вручную или (где предусмотрено) валоповоротным устройством. После этого производят осмотр механизма в объеме ежедневного осмотра. Все выявленные в ходе эксплуатации и при осмотре дефекты подлежат немедленному устранению. Производят приборку. После остывания турбины замеряют положения ротора турбины и колеса редуктора. Результаты замеров заносят в Суточный и вахтенный журнал установки.

Неисправности вспомогательных механизмов.

В процессе эксплуатации механизмов по мере износа узлов и деталей возникают характерные неисправности, которые также могут возникать вследствие нарушения или неполноты выполнения инструкции по эксплуатации того или иного технических средств.

1. Парение по валу турбины.

Причины:

- не полностью открыт клапан отсоса пара от уплотнения;
- неисправность системы уплотнения механизма;
- повышенная влажность пара (вследствие засоления котловой воды);
- механический износ или повреждение уплотнений.

2. Значительные протечки через сальник насоса.

Причина - ослабление или износ набивки;

3. Значительное парение сальников паровой арматуры.

Причина – ослабление или износ набивки.

4. Не держатся постоянные обороты ТНН и ТМН, не поддерживается необходимый перепад у ПКБТ, рывки в работе, турбогенератор не поддерживает заданную частоту тока.

Причина – неисправности системы регулирования, неустранимые при работе механизма.

5. Срабатывание предохранительного или сигнального клапана на корпусе турбины.

Причина – превышение допустимого давления в корпусе турбины.

6. Нагрев сальника насоса.

Причина – перекос или излишне сильное зажатие сальника насоса.

7. Постепенное падение давления масла.

Причины:

- загрязнение фильтра;
- снижения уровня масла в картере (расходной цистерне) ниже минимально допустимого.

8. Постепенное повышение или снижение температуры масла всех подшипников.

Причина – несоответствие количества охлаждающей воды нагрузке механизма.

9. Появление заметной вибрации механизма.

Причины:

- попадание в турбину воды со свежим паром;
 - низкая температура масла в системе смазки;
10. Сброс быстрозапорного клапана.

Причины:

- превышение предельно допустимых оборотов или неисправность регулятора предельной частоты вращения;
- резкое падение давления отработавшего пара в МКО;
- наличие воды в свежем паре.

11. Резкое повышение температуры масла на одном из подшипников свыше 70⁰С.

Причина – засорение маслопроводящего канала подшипника, попадание в подшипник вместе с маслом механических примесей, разрыв маслопроводной трубки.

12. Резкое падение давления масла на смазку.

Причина – неисправность масляного насоса, разрыв маслопровода, снижение уровня масла в картере ниже допустимого.

13. Сильная вибрация механизма.

Причина – прогиб вала, перекос соединительной муфты, попадание значительных масс воды в турбину, подплавление подшипников.

14. Ненормальные шумы или звуки в турбине, зубчатой передаче, насосе.

Причина – повреждение деталей ротора или статора, касание ротора о статор, попадание воды в турбину, попадание посторонних предметов в турбину, насос, генератор, компрессор.

При обнаружении неисправности и выяснении ее причины производят необходимые действия в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Уход за механизмами в период бездействия

В период бездействия за механизмами организуют тщательный уход с целью предохранения от коррозии внутренних полостей турбомеханизма, их защитных устройств, зубчатой передачи, шеек и гребней валов и для поддержания их в состоянии, обеспечивающем готовность механизма к действию в установленный срок.

Для предотвращения коррозии необходимо держать плотно закрытыми все паровые клапаны за исключением клапанов продувания, которые должны быть открыты в трюм.

Для обеспечения всегда исправного состояния механизма и его надежной работы должны производиться периодические осмотры, которые регламентируются Инструкцией по периодическому планово-предупредительному осмотру технических средств. Осмотры бывают: ежедневные, еженедельные, раз в месяц и реже.

Их проводят заведующие механизмами во время, предусмотренное расписанием, и в дни, отведенные для ППО и ППР. В этот период проверяется состояние всех открытых частей, крепление механизма к фундаменту, плотность всех соединений паропроводов и трубопроводов. Вся запорная

арматура проворачивается на открытие и закрытие, спускается отстой воды из масла, (кроме ПКТБ и ТНА), замеряется его соленость, которая не должна быть выше 15⁰ Бр и значительно отличаться от предыдущего замера.

Проверяется внешнее состояние всех контрольно-измерительных приборов, предохранительных устройств и систем управления. Подается масло на подшипники. С помощью специальных ключей или ВПУ механизмы проворачиваются, прослушиваются. Производят при необходимости переконсервацию наружных обработанных и неокрашенных деталей. О результатах осмотра и проворачивания, обнаруженных дефектах и принятых мерах заведующий механизмом докладывает по команде.

Все дефекты, обнаруженные при осмотрах, а также данные всех произведенных замеров должны немедленно заноситься в "Суточный и вахтенный журнал" установки. Выявленные дефекты необходимо устранять немедленно, а при отсутствии такой возможности заносить в раздел журнала "Для внесения в ремонтную ведомость" с указанием срока устранения дефекта.

Глава III. Трубопроводы, системы КТЭУ и их эксплуатация

3.1 Классификация трубопроводов и систем ЭУ

Корабельными системами называется совокупность специализированных трубопроводов, механизмов, аппаратов и приборов, предназначенных для выполнения определенных функций по обеспечению боевой и повседневной деятельности корабля, бытовых и хозяйственных нужд личного состава.

Корабельные системы играют важную роль в обеспечении жизнедеятельности корабля. С их помощью осуществляется борьба за непотопляемость корабля, тушение различных видов пожаров, вентиляция корабельных помещений, снабжение личного состава питьевой и мытьевой водой и т.п.

На современных кораблях корабельные системы представляют собой автоматизированные комплексы с дистанционным управлением и централизованной системой контроля.

По назначению и характеру выполняемых задач все системы корабля делятся на:

1) Общекорабельные системы (ОКС) обеспечивающие деятельность корабля в целом.

2) Специальные системы, обеспечивающие работу отдельных механизмов и устройств энергетической установки и оружия.

Классификация общекорабельных и специальных систем представлены в табл. 3. и 4.

Таблица 3

Классификация общекорабельных систем

Общекорабельные системы	
По назначению, характеру выполняемых функций и по роду использования	По роду среды, перемещаемой в трубопроводах
<p style="text-align: center;"><u>Боевые:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Трюмные• Балластные• Противопожарные• Защиты от ОВ, РВ, БС	<ul style="list-style-type: none">• Водопроводы• Воздухопроводы• Газопроводы• Паропроводы
<p style="text-align: center;"><u>Повседневные:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Бытового водоснабжения• Отопления и хозяйственного пароснабжения• Вентиляции и кондиционирования воздуха• Сточно-фановые• Холодильные• Отопления и хозяйственного пароснабжения• Вентиляции и кондиционирования воздуха	

Классификация специальных систем

Специальные системы				
Главная энергетическая установка		Вспомогательная энергетическая установка		Системы независимых механизмов
Паропроводы	Трубопроводы	Паропроводы	Трубопроводы	
<ul style="list-style-type: none"> • Перегретого пара • Насыщенного пара • Отработавшего пара • Продувания ГК • Продувания ВД • Продувания НД • Отсос от уплотнений штоков арматуры • Отсос от сальниковых уплотнений ГТЗА • Отсос от уплотнений вспомогательных механизмов 	<ul style="list-style-type: none"> • Питательный • Перекачки питательной воды и мокрого хранения • Дозерной установки и отбора проб воды • Топливные ГК • Приема и перекачки топлива • Зачистки топливных цистерн • Маслопровод ГТЗА, ПКБТ, ТНА • Дистанционного управления и защиты ГТЗА • Системы охлаждения главного конденсатора и ТО* МКО • Охлаждение ТО* вспомогательных механизмов 	<ul style="list-style-type: none"> • Свежего пара • Отработавшего пара • Продувания вспомогательного котла • Паропроводы испарительных установок 	<ul style="list-style-type: none"> • Конденсата и дистиллята испарительных установок • Заборной воды в испарительные установки • Топливные вспомогательного котла • Водоопреснительной установки • Отвода конденсата от холодильных машин • Подогрева топлива и отвода конденсата 	<ul style="list-style-type: none"> • Смазочного масла • Топливная • Газовыхлопная • Заборной воды • Пресной воды • Подогрева пресной воды

* ТО – теплообменные аппараты

3.2. Системы, обеспечивающие работу КТЭУ

Паровые системы

Паровые системы служат для передачи пара от паровых котлов к потребителям. К ним относятся системы:

- главного пара;
- вспомогательного перегретого пара;
- вспомогательного насыщенного пара;
- отработавшего пара и др.

Система главного пара предназначена для подачи перегретого пара от главных котлов к турбинам переднего и заднего хода.

Конструкция и расположение главных паропроводов должны обеспечить достаточную живучесть и надежность действия установки и возможно меньшие потери давления пара и тепла в окружающую среду по пути от котла к турбине.

На рис. 42 показана система главного пара для энергетической установки одного эшелона.

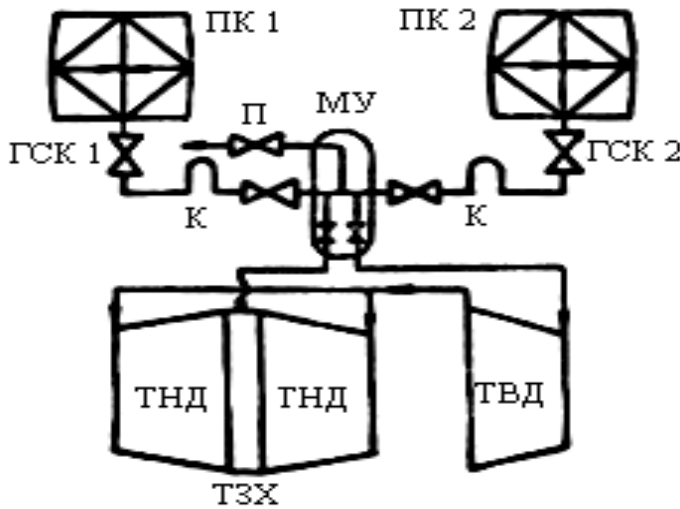


Рис. 42. Система главного пара

Пар из коллектора пароперегревателя через главный стопорный клапан (ГСК) по паропроводу поступает к МУ (маневровое устройство), через которое свежий пар направляется к турбинам переднего или заднего хода.

В двухвальных КТЭУ магистрали главного паропровода энергетических установок обоих бортов соединяются перемычкой (П), обеспечивающей передачу пара в количестве, необходимом для обеспечения 50 % мощности ГТЗА.

По перемычке можно передавать пар от котлов одного эшелона на оба ГТЗА или от котла одного эшелона на ГТЗА другого эшелона, что повышает надёжность и живучесть установки.

При нагревании происходит тепловое расширение паропровода. При высоких температурах оно может достигать больших значений. В системах главного пара предусматривают специальные компенсирующие устройства (К), с помощью которых обеспечивается расширение паропровода, а следовательно, и надёжность действия установки. Часто для компенсации тепловых расширений паропроводам придаётся соответствующая пространственная конфигурация. Изгибы труб дают возможность паропроводам расширяться и выполнять функцию гибких элементов.

Система вспомогательного перегретого пара служит для подвода

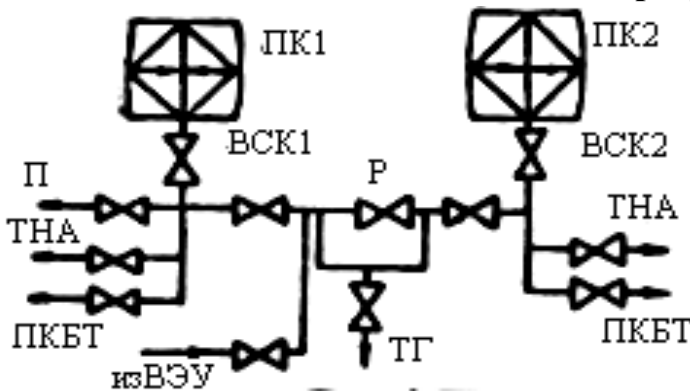


Рис. 43 Система вспомогательного перегретого пара.

перегретого пара от главных котлов к вспомогательным механизмам (рис. 43).

Магистраль начинается от вспомогательного стопорного клапана (ВСК) обоих паровых котлов, объединяется в одну и направляется к механизмам котельной и турбинной установок и турбогенераторам электростанций, а именно: ПКБТ, ТНА, ТГ.

В системе вспомогательного перегретого пара имеются переключки (П) и разобщительный клапан (Р), с помощью которых можно подать перегретый пар от одного главного котла ко всем турбомеханизмам обоих котлов, а также перекрывать повреждённые участки трубопроводов, обеспечивая надёжную работу установки в боевых и аварийных условиях.

При нормальной работе переключки закрыты, разобщительные клапана открыты и магистрали обоих бортов работают автономно.

Система вспомогательного насыщенного пара обеспечивает подачу пара к потребителям насыщенного пара от главных и вспомогательных котлов (рис. 44).

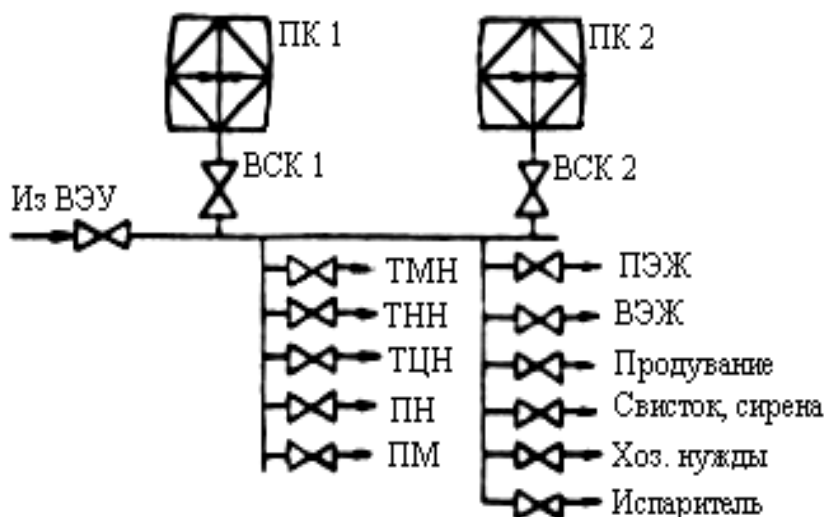


Рис.44. Система вспомогательного насыщенного пара

Она начинается двумя магистралями от паровых коллекторов главных котлов, которые после вспомогательных стопорных клапанов (ВСК) объединяются в один трубопровод, откуда пар через запорные клапаны распределяется потребителям. Давление пара в системе поддерживается постоянным с помощью регулятора. Магистраль связана с системой пара вспомогательного котла. Основными потребителями пара являются: ТМН, ТНН, ТЦН, подогреватель нефти, подогреватель масла, ПЭЖ, ВЭЖ, кроме того, насыщенный пар используется для:

- продувания кингстонов и других забортных отверстий при их обледенения;
- работы свистка и сирены корабля;
- различных хозяйственных нужд.

В целях повышения надежности действия и живучести установки часть механизмов и теплообменных аппаратов могут работать как от главного, так и от вспомогательных котлов (например, ТГ).

Испаритель работает, как правило, на паре, отработавшем во вспомогательных турбинах, но может работать и на насыщенном паре.

Система отработавшего пара предназначена для отвода пара, совершившего полезную работу во вспомогательных турбомеханизмах, и использования его для подогрева питательной воды в деаэраторе (ДР). Кроме

основного назначения отработавший пар может использоваться для работы испарителя (И), в системе уплотнения главных турбин (СУ) и на другие нужды (рис. 45).

Вторичное использование отработавшего пара на нужды энергетической установки повышает её экономичность.

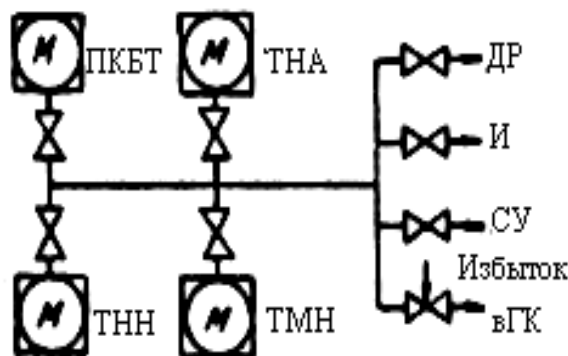


Рис.45. Система отработавшего пара

В магистрали отработавшего пара поддерживается давление 0,1-0,2 МПа, а в случае повышения давления избыток отработавшего пара автоматически сбрасывается на главный конденсатор.

Для уменьшения потерь тепла и обеспечения безопасности обслуживающего персонала все паропроводы покрывают изоляцией. Толщина изоляции должна быть 40-90 мм при условии, что температура её наружной поверхности не превышает 50-60 °С. В качестве изоляционных материалов используют асбестовую ткань, алюминиевую фольгу, ньювель и т.д.

Для всех паропроводов и других элементов установки, имеющих паровые полости, характерным является конденсация пара в период прогревания паропроводов и механизмов во время ввода установки в действие и в период после вывода из действия.

Наличие влаги в паропроводах может привести к попаданию ее в проточную часть турбины и выходу ее из строя. Для удаления воды из паропроводов в местах ее вероятного скопления устанавливаются трубопроводы продувания с клапанами.

Паропровод продувания ВД предназначен для отвода конденсата и продуваемого пара на деаэратор, вспомогательный конденсатор, в трюм или за борт от:

- труб и арматуры паропроводов перегретого и насыщенного пара;
- быстрозапорных стопорных клапанов перегретого пара главных котлов и стопорного клапана перегретого пара вспомогательного котла;
- быстрозапорных клапанов и сопловых коробок вспомогательных турбомеханизмов;
- паровых коробок маневрового устройства ГТЗА;
- сопловых коробок ТВД.

Паропровод продувания ВД состоит из сборной магистрали, подключенной через клапан к деаэратору и к вспомогательному конденсатору,

и отростков, отводящих конденсат и продуваемый пар от труб и арматуры перегретого и насыщенного пара в магистраль или в трюм.

На каждом участке магистрали установлены сигнально-предохранительные клапаны, отрегулированные на 25 кгс /см², а в нижних точках участков магистрали - клапаны для осушения магистрали в трюм. Кроме этого предусмотрена возможность продувания магистрали через невозвратно-запорные клапаны.

Паропровод продувания НД предназначен для отвода конденсата и продуваемого пара из корпусов турбин вспомогательных механизмов и паропровода отработавшего пара в трюм, деаэрактор и на главный конденсатор.

Паропровод продувания НД представляет собой отдельные трубы, отводящие конденсат и продуваемый пар:

- из труб паропровода отработавшего пара и корпусов турбин ТНН, ТМН через клапаны, установленные в точках продувания, и конденсатоотводчики на одну или две точки продувания - в трюм;

- из корпусов турбин ПКБТ через трехходовые краны в трюм и на деаэрактор;

- из автоматических регулирующих клапанов паропровода отработавшего пара через клапаны в точках продувания и клапан в трубку сброса отработавшего пара на главный конденсатор.

Паропровод отсоса пара от уплотнений вспомогательных турбомеханизмов предназначен для отвода пара от уплотнений вспомогательных турбомеханизмов на систему отсоса пара от уплотнений главных турбин, в трюм и на вспомогательный конденсатор, а также для отвода конденсата от системы уплотнений ТГ на главный или вспомогательный конденсатор.

Паропровод состоит из:

- сборной магистрали, подключенной через задвижку к системе отсоса пара уплотнений главных турбин;

- отростков, отводящих пар от концевых уплотнений ТНА, ПКБТ, ТМН, ТНН и ТЦН и от штоков быстрозапорных и регулирующих клапанов, перечисленных турбомеханизмов (кроме ТЦН) через трехходовые краны в магистраль и в трюм;

- труб подачи пара на уплотнение сальников ТЦН от системы уплотнения главных турбин и отвода пара от штоков быстрозапорного и регулирующего клапанов ТЦН в магистраль отсоса пара от штоков сопловых клапанов ТВД;

- труб отвода конденсата от системы уплотнений ТГ на главный и вспомогательный конденсатор.

На ходовых режимах и на стоянке под главными котлами пар от уплотнений ТНА, ПКБТ, ТМН через трехходовые краны у механизмов, а от концевых уплотнений ТЦН - без запора, отводится на магистраль. Из магистрали пар через задвижку отводится в паропровод отсоса пара от уплотнений главных турбин и далее на эжектор уплотнений ГТЗА.

Пар от уплотнений штоков БЗК и регулирующего клапана ТЦН отводится в трубу отсоса пара от второй ступени уплотнения штоков МУ.

Пар на уплотнение турбины ТЦН подаётся через клапан из паропровода уплотнения сальников главных турбин.

Конденсат из конденсатора системы уплотнения ТГ через конденсатоотводчик и трёхходовые краны отводится на главный конденсатор.

На стоянке под вспомогательным котлом и при разводке главных котлов от вспомогательного котла конденсат от системы уплотнения ТГ отводится на вспомогательный конденсатор.

При пуске ТНА, ПКБТ, ТМН и ТНН при разводке главных котлов пар от уплотнений отводится в трюм через трёхходовые краны у механизмов.

Конденсатно-питательная система

Конденсатно-питательная система (КПС) служит для приема конденсата из главного конденсатора и обеспечения котлов питательной водой. Она является одним из основных звеньев котлотурбинной энергетической установки, связывающей между собой главный конденсатор и паровой котёл. Надёжность и эффективность КТЭУ в значительной степени зависит от работы конденсатно - питательной системы и от качества питательной воды. Любая конденсатно - питательная система должна обеспечивать:

- возможность откачки воды из ёмкости, находящейся под вакуумом;
- подачу воды в котёл, в котором поддерживается высокое давление;
- поддержание качества питательной воды на требуем уровне;
- компенсацию температурных расширений рабочего тела.

Для выполнения указанных функций в состав любой конденсатно-питательной системы должны входить:

- конденсатный (КН) и питательный (ПН) насосы;
- подогреватель воды, поступающей в котёл;
- устройство для улучшения качества питательной воды;
- компенсирующая ёмкость.

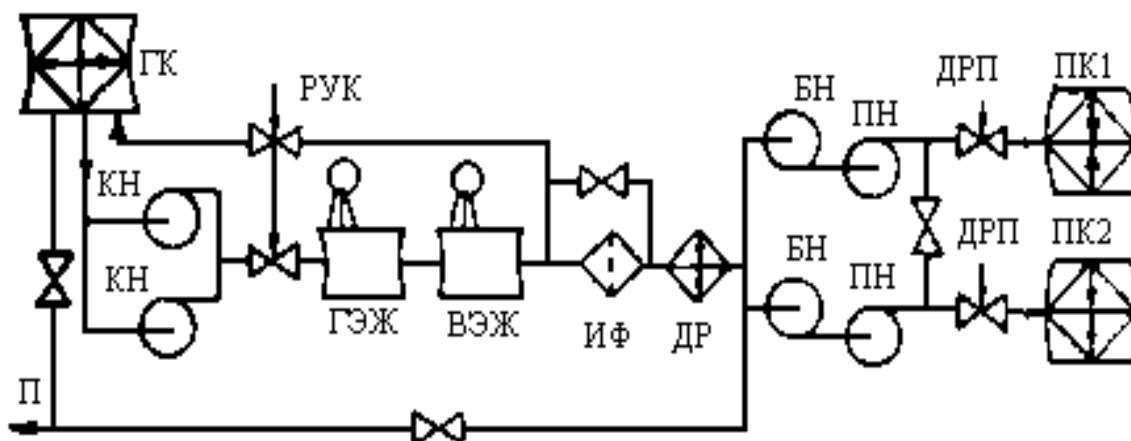


Рис. 46. Схема конденсатно-питательной системы

Схема КПС приведена на рис. 46. На ней показаны:

- конденсатный (КН), питательный (ПН) и бустерный (БН) насосы;
- деаэратор (ДР);
- ионообменный фильтр (ИФ);
- регулятор уровня воды в конденсаторе (РУП);
- двухимпульсный регулятор питания (ДРП).

Принцип действия КПС состоит в следующем.

Конденсат из конденсатора забирается конденсатным насосом, специально приспособленным для откачки воды из ёмкости, находящейся под вакуумом, и направляется в конденсаторы эжекторов, охлаждая в них паровоздушную смесь. Принципиально охлаждение эжекторов можно осуществлять забортной водой, но в этом случае при нарушении плотности трубок конденсатора может произойти засоление питательной воды. После эжекторов конденсат направляется в деаэратор.

В деаэратор подаётся пар, который смешивается с конденсатом и подогревает его. Температура подогрева достигает 105 °С и является близкой к температуре насыщения. Это способствует обескислороживанию питательной воды. Во время работы деаэратор примерно на половину всегда заполнен питательной водой. Из деаэратора вода забирается бустерным насосом, специально приспособленным для откачки воды с температурой, близкой к температуре насыщения.

Бустерный насос направляет воду к питательному насосу, который через регулятор питания подаёт ее в паровой коллектор котла. Питательный насос должен иметь давление несколько большее, чем давление пара в паровом коллекторе. В противном случае вода не будет поступать в котёл.

Изменение количества рабочего тела в паросиловом цикле обеспечивается компенсирующей ёмкостью, которой в данном случае является деаэратор. При уменьшении количества рабочего тела в цикле происходит добавка воды из запасной цистерны. При этом уровень воды в конденсаторе поддерживается постоянным с помощью РУК, а уровень воды в паровом коллекторе котла - с помощью ДРП.

Конструктивное совмещение трёх насосов в один агрегат (ПКБТ) позволяет уменьшить массу и габариты КТЭУ.

Надёжность и живучесть установки в КПС обеспечивается за счет:

- наличия двух ПКБТ, один из которых находится в резерве, а другой обеспечивает работу двух котлов;
- наличия перемычек между эшелонами, позволяющих котлам одного эшелона давать пар турбинам другого эшелона;
- возможности кратковременного питания котлов (2-3мин) из деаэратора при срыве конденсатного насоса;
- байпасирования ионообменного фильтра;
- возможности ручного управления клапанами РУК и ДРП.

Системы парового котла

К системам парового котла относятся: топливная система и система подачи воздуха.

Топливная система предназначена для подачи топлива к форсункам паровых котлов из нефтяных цистерн. В её состав входят следующие основные элементы (рис. 47):

- нефтяные цистерны (НЦ);
- топливные насосы (ТНН и ЭНН);
- фильтры (ФГН и ФХН).

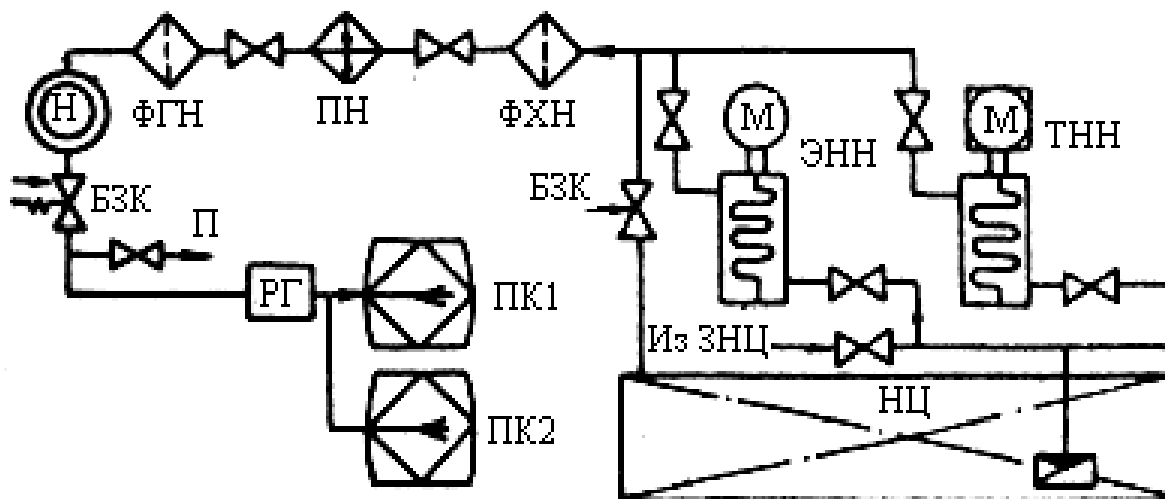


Рис. 47. Топливная система

Топливо из нефтяной цистерны через приёмную сетку забирается топливным насосом, проходит через фильтры, подогреватель нефти и через пульт регулирования горением (РГ) поступает к форсункам котла. Регулирование давления топлива, поступающего к форсункам, происходит автоматически таким образом, что при повышении давления выше некоторого значения топливо сливается в цистерну. На пути к форсункам котла топливо проходит через нефтемеры, служащие для определения расхода топлива на котёл, что необходимо для оценки экономичности работы установки. В подогревателе температура топлива повышается до требуемой. Фильтры служат для очистки топлива от механических примесей. Для повышения качества очистки предусмотрены сдвоенные фильтры холодной и горячей нефти. В случае засорения одной из секций производится переключение на другую.

Надёжность и живучесть установки обеспечивается за счет:

- установки БЗК, мгновенно прекращающего подачу топлива в случае возникновения аварийной ситуации;
- наличия перемычки между двумя топливными системами обоих бортов в двухвальной КТЭУ, позволяющей топливному насосу обеспечивать котёл любого борта;

- наличия сдвоенных фильтров и двух топливных насосов системе: основного (ТНН) и резервного (ЭНН). Кроме того, ЭНН позволяет осуществлять ввод в действие ГЭУ при отсутствии пара на корабле.

Система подачи воздуха обеспечивает паровой котел воздухом, необходимым для сжигания топлива в топке. В состав системы входят всасывающий и нагнетающий воздухопроводы и турбонаддувочный агрегат.

Воздух из атмосферы через специальную шахту, а затем через всасывающий воздухопровод засасывается ТНА и по нагнетающему воздухопроводу подаётся в пространство между обшивкой парового котла, откуда через ВНУ поступает в топку. Регулирование подачи воздуха в котёл в соответствии с количеством сжигаемого топлива производится автоматически.

Системы ГТЗА

К основным системам ГТЗА, относятся: масляная; циркуляционная; отсоса воздуха из главного конденсатора; отсоса и уплотнения турбин.

Масляная система ГТЗА предназначена для подачи масла из расходных цистерн к подшипникам ГТЗА и зубчатым зацеплениям редукторов для их охлаждения и смазки, а также в систему защиты ГТЗА. Основными элементами системы являются (рис.48.): расходные масляные цистерны (РМЦ); насосы (ТМН, ЭМН); фильтры (МФ); маслоохладитель (МО).

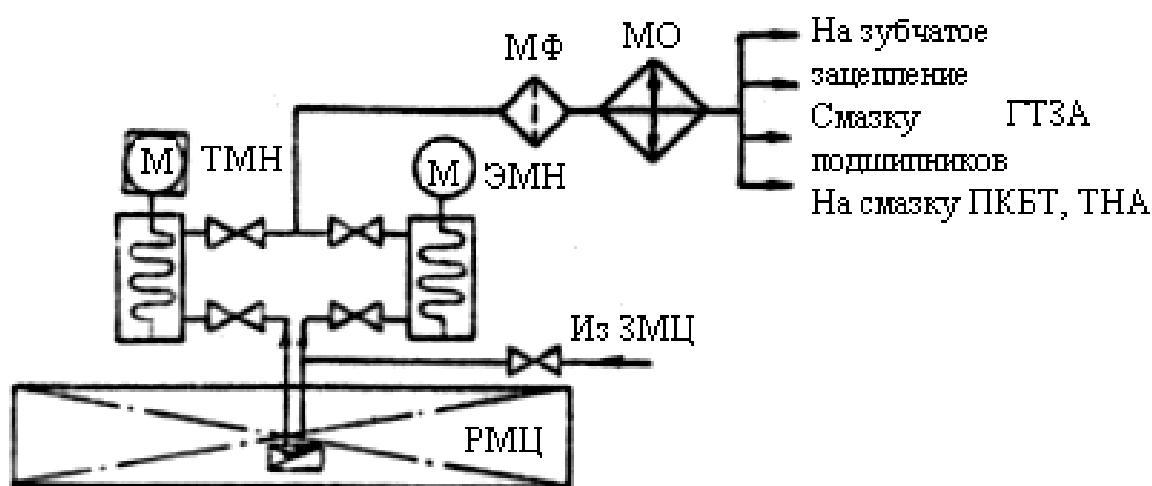


Рис. 48. Масляная система.

Масло из расходной цистерны через приемную сетку забирается насосом, проходит через фильтры, маслоохладитель к подшипникам и зубчатым зацеплениям. Отработавшее масло из подшипников и поддона редуктора стекает в расходную цистерну.

С целью повышения надёжности масляной системы ГТЗА на корабле предусматривают запасные масляные цистерны, а также устанавливают два главных масляных насоса, один из которых является резервным. Основной насос имеет турбо-, а резервный - электропривод. Электромасляный насос

включается в работу автоматически при понижении давления масла перед подшипниками ниже предельно допустимого значения.

Циркуляционная система служит для прокачки главных конденсаторов забортной водой. Как правило, на кораблях устанавливается самопроточная система, в которой циркуляция забортной воды через главный конденсатор осуществляется самопротоком за счет напора набегающего потока воды, образующегося при движении корабля. Самопроточная циркуляция происходит только при скорости движения корабля более 14 уз. На малых и задних ходах и во время стоянки прокачка главного конденсатора производится циркуляционным насосом.

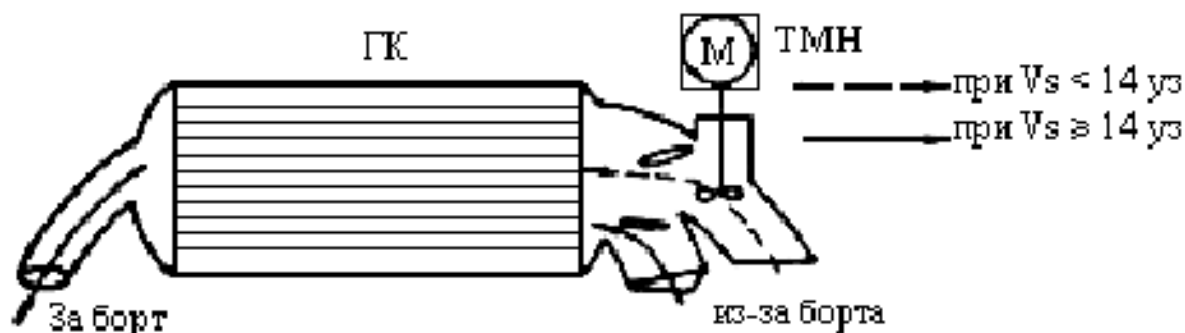


Рис. 49. Схема самопроточной циркуляции

На рис. 49. приведена схема самопроточной циркуляции. Циркуляционный насос расположен на дополнительном приемном патрубке. На приемном и отливном патрубках имеются козырьки, выступающие за наружную обшивку корпуса корабля. Они способствуют увеличению напора воды, движущейся относительно корпуса с большой скоростью. Переключение от принудительной циркуляции к самопроточной происходит с помощью специальных устройств.

Система отсоса воздуха из главного конденсатора (рис. 50) предназначена для поддержания вакуума в главном конденсаторе. Основным элементом системы является главный пароструйный эжектор ПЭЖ. Он представляет собой насос струйного типа в совокупности с холодильником. Рабочим телом струйного насоса является пар. Струйный насос отсасывает паровоздушную смесь из конденсатора за счет увлекающего действия струи рабочего пара, движущейся в сопле с большой скоростью. В холодильнике эжектора рабочий пар и пар, поступивший вместе с воздухом, конденсируются. Образующийся конденсат удаляется из холодильника в конденсатор через конденсатный горшок, а воздух удаляется в атмосферу.

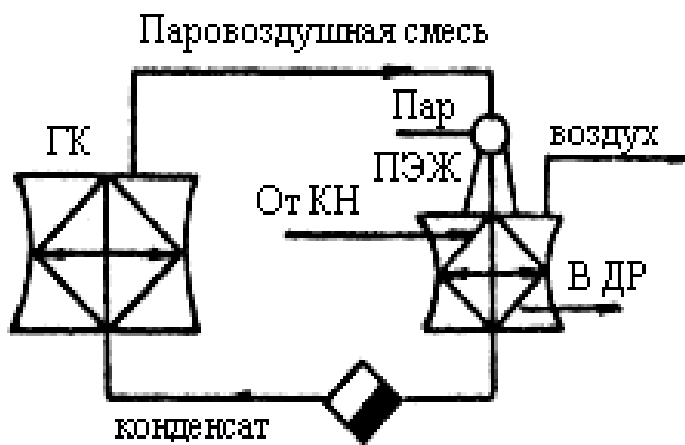


Рис.50. Система отсоса воздуха из главного конденсатора

В качестве охлаждающей воды для холодильника главного эжектора обычно используют конденсат из главного конденсатора. В этом случае холодильник эжектора устанавливают на магистрали конденсатно-питательной системы между конденсатным и питательным насосами. Такое решение позволяет обеспечить охлаждение эжектора и дополнительно подогреть воду, поступающую из главного конденсатора в котел.

Следует подчеркнуть, что создание вакуума в главном конденсаторе в основном происходит за счет превращения пара, отработавшего в главной турбине и занимающего большой объем, в воду, объем которой во много раз меньше. Уменьшение объема рабочего тела ведет к созданию вакуума. Главный эжектор служит для отсоса воздуха, вместе с которым увлекается и пар (паровоздушная смесь). Воздух просачивается в конденсатор через различного рода неплотности, и накопление его в конденсаторе приводит к снижению вакуума.

Система отсоса и уплотнения турбин (рис.51) служит для уменьшения утечки пара из корпуса турбины, когда давление в нем больше атмосферного, и предотвращения подсоса воздуха из атмосферы внутрь корпуса, когда давление в нем ниже атмосферного.

Принцип действия системы заключается в следующем. На кормовом и концевом уплотнениях турбины имеется две камеры: внутренняя и наружная. В первой поддерживается постоянное давление выше атмосферного, около 0,12 МПа, во второй – ниже атмосферного, около 0,095 МПа. Во внутренние камеры подводится пар из уравнительного коллектора, в котором автоматически поддерживается постоянное давление. В коллектор пар поступает из системы отработавшего пара. Из наружных камер отсасывается паровоздушная смесь через паросборник с помощью вспомогательного эжектора (ВЭЖ). Паровоздушная смесь в наружных камерах образуется из воздуха, просачивающегося из машинного отделения, и пара, проникающего из внутренних камер концевых уплотнений. Таким образом, система отсоса и уплотнения обеспечивает изоляцию внутренней полости турбин от атмосферы.

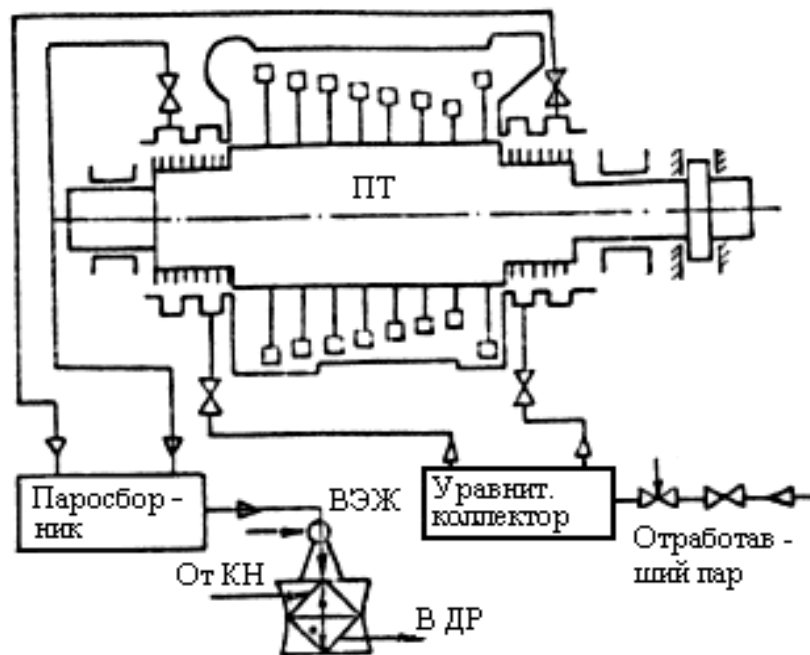


Рис.51. Система отсоса и уплотнения турбины

Трубопроводы магистральной автоматики и охлаждения

Система охлаждения главных конденсаторов и теплообменных аппаратов машинно-котельных отделений предназначена для подачи забортной воды на охлаждение главных конденсаторов ГТЗА, воздухоохлаждателей МКО, цистерны грязных конденсатов, маслоохладителей ГТЗА, охладителя выпара конденсаторов уплотнений. Работу системы обеспечивает турбоциркуляционный насос.

Система охлаждения вспомогательных механизмов предназначена для подачи охлаждающей воды на:

- маслоохладители, воздухоохлаждатели, конденсаторы отсоса ТГ;
- маслоохладители ТМН, ТНН ГТЗА;
- охладители рабочей воды системы автоматики ЭУ;
- маслоохладители подшипников валопроводов;
- прокачку дейдвудных труб валопровода;
- маслоохладители и гидроусилители успокоителей качки;
- воздухоохлаждатели машинной вентиляции;
- кингстонные ящики охлаждающих и пожарных насосов.

Кроме того от охлаждающей магистрали предусмотрен отбор воды на теплообменные аппараты дизель-генераторов, на охладители проб котловой и питательной воды, на опреснительную установку и бытовые нужды.

Работу системы охлаждения обеспечивают 4 насоса охлаждающей воды, размещенные в НМКО и КМКО, помещении вспомогательного котла, кормовой электростанции. Кроме того, система может быть запитана от пожарной магистрали через редукционный клапан в МКО.

Трубопровод автоматики предназначен для подачи рабочей воды на автоматические регуляторы. Работу трубопровода автоматики обеспечивают питательные насосы ПКБТ или в период приготовления энергетической установки электронасос пуска ПКБТ. Рабочая вода отбирается за первой ступенью питательного насоса.

Рабочая вода подается через регулятор давления рабочей воды, где дросселируется до давления $8 \pm 2 \text{ кгс/см}^2$, далее очищается от механических примесей в сетчатом сдвоенном фильтре, подается к автоматам регулирования давления пара в системах паропроводов, к регулятору уровня в главном конденсаторе, а также через охладитель рабочей воды или помимо его к напорному коллектору системы регулирования давления пара в системах паропроводов, к регулятору уровня в главном конденсаторе, а также через охладитель рабочей воды или помимо его к напорному коллектору систем регулирования РГ и ДРП. В охладителе вода остывает до температуры около 60°C , что позволяет увеличить срок годности резинотехнических изделий регуляторов.

3.3. Эксплуатация трубопроводов и систем МКУ

Эксплуатация трубопроводов регламентируется описаниями и инструкциями по обслуживанию трубопроводов, составленными конструкторским бюро – проектантом корабля, и инструкцией по периодическим планово-предупредительным осмотрам трубопроводов на надводных кораблях ВМФ.

Эксплуатация трубопроводов имеет своей целью предохранение трубопроводов и связанных с ними механизмов от каких-либо повреждений, а также обеспечение безопасности личного состава.

Меры безопасности

При разборке и ремонте паропроводов запрещается:

- пользоваться неисправным или не соответствующим по размеру инструментом, применять удлинители, затягивать крепеж ударами по ключам;
- поджимать сальники и соединения на паропроводах под давлением;
- использовать бывшие в употреблении прокладки, некомплектные сильфонные компенсаторы, не соответствующий по размерам крепеж;
- собирать штуцера с нарушенной соосностью и фланцы с перекосом или излишним натягом;
- подвешивать к паропроводам подъемные приспособления, стропить тяжелую арматуру за штоки или маховики.

При разборке паропроводов (даже при замене прокладки) разобращающие клапаны должны быть плотно закрыты, завязаны и снабжены табличками: **«Не трогать. Жизнеопасно!»**. На открытых концах должны стоять равнопрочные заглушки с прокладками. Все работы по разборке паропроводов нужно производить только с ведома командира машинно-котельной группы, под его руководством или после его инструктажа.

Запрещается эксплуатация паропроводов с неисправной изоляцией и снятыми с фланцевых и штуцерных соединений матрацами. Все контрольно-измерительные приборы должны быть исправны, опломбированы и проверены в установленные сроки.

Уход за паропроводами при их бездействии заключается в ежедневном осмотре паропроводов, восстановлении поврежденной изоляции и окраски и проворачивании всей арматуры. При проворачивании все клапаны, задвижки, краны (кроме отсекающих бездействующие участки от участков под паром) полностью открываются и закрываются для обеспечения легкости вращения их штоков, после чего резьба штоков смазывается. Паропроводы должны постоянно содержаться в осушенном состоянии, для чего при выводе из действия их на определенное время (20 – 30 мин) сообщают с конденсаторами через турбины механизмов (паропроводы свежего пара) или через регулятор (паропровод отработавшего пара).

Отдельные выводимые участки осушают через систему продувания. После осушения разобщительную арматуру и клапаны продувания закрывают. За сохранением давления не выше атмосферного на бездействующих участках наблюдают по контрольно-измерительным приборам. В случае повышения давления выше нуля (пропуски в арматуре) необходимо открыть продувание в трюм и устранить неисправности арматуры. При бездействии паропроводов в МКО должна поддерживаться относительная влажность не более 70-80%.

Подготовка и ввод в действие трубопроводов предполагают, что:

- все неисправности и неполадки, обнаруженные в предыдущем периоде эксплуатации, или во время планово-предупредительных осмотров и ремонтов трубопроводов устранены;
- отсутствует демонтаж трубопроводов и повреждение сальников арматуры, контрольно-измерительных приборов, подвесок и изоляции;
- осмотрены путевые соединения при снятых изоляционных материалах на участках паропроводов, подвергавшихся по каким-либо причинам демонтажу;
- проверено наличие пломб на предохранительных клапанах;
- проверена исправность и подготовлены к действию регулирующие клапаны давления в соответствии с инструкциями по их обслуживанию.

Производится осмотр, проворачивание арматуры, проверка правильности открытия и закрытия всех клапанов, задвижек и кранов.

Закрытые клапаны и задвижки паропроводов следует приоткрыть на 1/4-1/3 оборота маховика во избежание их заклинивания при нагревании. При этом открываются все клапаны продувания, обводные краны конденсатоотводчиков, системы продувания включаются на конденсатор.

Сообщение пара нужно производить постепенно. Для этого клапан, через который пар сообщается на паропровод, осторожно приоткрывают на 1/4 - 1/3 оборота маховика пока не послышится шум проходящего через клапан пара. В этом положении клапан оставляют до тех пор, пока паропровод не прогреется.

Признаком окончания прогрева паропровода служит выравнивание давлений во фланцевых соединениях. Затем клапан медленно открывают

полностью, а обводные клапаны на конденсатоотводчиках закрывают. Через 5-10 минут после сообщения пара клапаны продувания паропроводов закрывают.

Во время действия все разобщительные клапаны должны быть полностью открыты или закрыты. Паропроводы систематически осматриваются в районе фланцевых соединений и арматуры. При сильном пропаривании эксплуатация паропровода не разрешается.

Закрытые клинкетные задвижки и клапаны трубопроводов расхаживают (открыть и закрыть 1-2 раза), оставив их в положении «закрыто». Готовят в соответствии с инструкциями к действию насосы, открывают клапаны к манометрам. Настраивают в соответствии с инструкцией систему. Вводят в действие насосы. После достижения полного давления подключают потребители в соответствии с режимом работы установки. При включении потребителей запорная арматура на распределительных патрубках должна открываться полностью. Регулировать расходы воды степенью открытия клапанов запрещается.

Обслуживание во время работы и разобщение паропровода

Во время работы необходимо следить за:

- плотностью сальников арматуры и соединений паропроводов. При обнаружении пропусков пара или подсоса в вакуумных магистралях устранять их, руководствуясь указаниями раздела «Наладка и повреждения трубопроводов и меры по их устранению» инструкции по обслуживанию паропроводов;
- исправностью и показаниями контрольно-измерительных приборов;
- чистотой и исправностью фильтров. При обнаружении неисправности или загрязнения, произвести ремонт или промывку фильтра.
- продуванием неработающих участков паропроводов, находящихся под давлением пара;
- состоянием подвесок и опор паропроводов, а также сильфонных компенсаторов и переборочных уплотнений.

При повреждении труб принимать меры для сохранения полной или частичной работоспособности трубопровода вплоть до замены трубы новой.

Повреждения труб паропроводов и напорных труб масляных, топливных и питательных насосов исправлять только после вывода из действия поврежденного участка или всего трубопровода.

Для остальных трубопроводов решение о выводе из действия поврежденного участка принимать с учетом обстановки, а также размеров и характера повреждений.

Разобщение паропроводов производится быстрым закрытием соответствующего клапана, после чего на 5-10 минут открываются обводные краны на конденсатоотводчиках и все клапаны продувания выведенного участка. Продувание высокого давления при этом переводится на вспомогательный конденсатор. Если после закрытия клапанов продувания, обводных клапанов и клапанов приема на конденсатор давление в паропроводе остается нулевым, паропровод считается разобщенным. Производится его

осмотр, проворачивание арматуры и устранение недостатков, обнаруженных во время действия. Смазывание арматуры производится после остывания паропровода.

Для вывода из действия трубопровода необходимо остановить насосы в соответствии с инструкцией по их обслуживанию, отключить потребители от напорной магистрали, закрыть клапаны нагнетания и приемные кингстоны. По выводу трубопровод осматривают и замеченные дефекты устраняют.

Неисправности трубопроводов

При обнаружении и устранении любой неисправности паропровода следует помнить о том, что разобшение паропровода, как правило, влечет за собой изменение режима работы всей МКУ. Все переключения паропроводов, за исключением аварийных, надлежит производить только по разрешению вахтенного инженера-механика.

Характерные неисправности и меры по их устранению:

1. Повышенная вибрация участка трубопровода, которая может происходить по причине ослабления затяжки хомутов или хвостовиков подвесок, их пружин. После вывода трубопровода из действия проверить состояние подвесок и установочную длину пружин по формуляру и при необходимости подтянуть их.

2. Вибрация участков изоляции относительно труб происходит по причине ослабления или повреждения бандажа крепления изоляции. Для устранения необходимо подтянуть или заменить бандажи. При их отсутствии можно использовать мягкую проволоку на прокладках из асбокартона.

3. Парение через фланцевые и штуцерные соединения происходит вследствие слабой затяжки болтов или наружных гаек. Устраняется путем подтягивания разъемного соединения ключами нормальной длины после вывода трубопровода из действия и отключения труб продувания. Если причина связана с разрушением прокладки или сорвана резьба на болтах, шпильках или накидных гайках необходимо немедленно отключить неисправный участок трубопровода, после чего проверить состояние крепежа и прокладок и при необходимости заменить негодные детали.

4. Парение через сальники арматуры происходит по нескольким причинам: недостаточное уплотнение сальника; неправильная его набивка; задиры на шпинделе под сальником.

Для устранения такого рода неисправностей необходимо равномерно подтянуть болты нажимной втулки сальника, одновременно проверяя степень обжатия шпинделя. Если при этом втулка углубится более чем на половину своей высоты – заменить или добавить набивку. Сальники арматуры паропроводов можно поджимать после вывода из действия участка паропровода, на котором находится арматура с сальником, требующим подтяжки. Задиры на шпинделе под сальником необходимо подшлифовать, а при необходимости заменить его.

5. Запорная арматура не обеспечивает плотности закрытия. Причина - наличие на уплотнительных поверхностях раковин, износ уплотнительных

поверхностей, попадание в арматуру посторонних тел. В этом случае необходимо отключить участок трубопровода, на котором находится неисправный клапан, кран или задвижка, тщательно осмотреть, прочистить. При необходимости притереть или проточить уплотнительные поверхности.

6. Тугое вращение приводов управления арматурой может происходить по причине заедания шарниров или шестерен конических передач. Для устранения такого рода неисправности необходимо разобрать привод, тщательно прочистить, смазать солидолом и собрать. В случае износа зубьев конических шестер заменить их новыми.

7. Нагрев разобщенного участка, подъем давления в нем при закрытых клапанах возможен по причине износа или неплотной пригонки тарелки клапана к седлу. Для устранения необходимо отвести пар от неисправной арматуры, отключить ее, вскрыть, очистить; при необходимости проточить, притереть или заменить.

8. Пропаривание по штокам арматуры вследствие износа, выгорания сальниковой набивки. Для устранения необходимо поджать гайку нажимной втулки. При необходимости перенабить сальник, отведя перед этим пар от арматуры.

9. Пропаривание по фланцевому соединению по причине ослабления болтов фланцевого соединения, износа (разрушения) прокладки. Для устранения необходимо отвести пар от неисправного участка. Поджать болты, не превышая допустимых усилий. При высоких параметрах пара применять специальные ключи. При износе и разрушении прокладки заменить ее.

10. Сотрясения, толчки, удары в паропроводе по причине попадания воды в паропровод. Для устранения необходимо открыть все клапаны продувания, обводные клапаны конденсационных горшков. Прикрыть разобщительный клапан перед данным участком и по возможности уменьшить отбор пара из него.

11. Резкое повышение температуры в отсеке, оглушающий свист, парение, падение давления в трубопроводе по причине разрыва паропровода. Значительные поступления пара угрожают жизни людей. Необходимо немедленно включить орошение сходов и вахт и покинуть отсек только через шахту аварийного выхода. При отсутствии его категорически запрещается подниматься вверх. Надо спуститься в трюм, чтобы не получить смертельные ожоги от поднимающегося вверх пара.

В процессе эксплуатации систем трубопроводов могут возникать подсосы воздуха в приемных трубопроводах из-за неплотности в соединениях. Для устранения подобного рода неисправностей необходимо тщательно осмотреть места соединений труб, подтянуть разъемные соединения. Если выявить место подсоса не удалось, необходимо испытать участок гидравлическим давлением.

Для того чтобы не допустить поломок в период эксплуатации трубопроводов корабельных систем, необходимо следить за:

- исправностью механизмов, трубопроводов, арматуры, изоляции, шарнирных и упругих соединений, компенсаторов, мест соединений отростков

трубопроводов систем, работающих на забортной воде, сальников и других уплотнений приводов, трубопроводов, проходящих через непроницаемые корпусные конструкции;

- исправностью работы дистанционного управления, автоматики и сигнализации систем;
- исправностью крепления трубопроводов к корпусным конструкциям;
- свободным доступом ко всем клапанам, клинкетам, их приводам и другой арматуре;
- сохранностью пломб на арматуре и контрольно-измерительных приборах.

Арматуру систем открывать плавно, ключи, редукторы, трещотки от приводов ручного управления арматурой хранить на штатных местах.

Поддерживать в исправности и частоте указатели и отличительные планки; по мере надобности подтягивать или заменять сальниковые уплотнения, периодически смазывать трущиеся части арматуры и приводов; своевременно восстанавливать изоляцию, окраску и маркировку трубопроводов. Проворачивать периодически арматуру со всех постов управления ею; проверять системы в действии по прямому назначению; проверять состояние средств защиты трубопроводов и арматуры от коррозии и своевременно производить замену протекторов; проверять в соответствии с РЗК-НК состояние диэлектрических соединений систем.

Периодические планово-предупредительные осмотры

С целью предупреждения преждевременного износа отдельных узлов и деталей механизмов, выявления конструктивных и технологических недостатков материальной части и для принятия мер по сохранению надежности и экономичности технических средств на кораблях организована система планово-предупредительных осмотров технических средств, подразумевающая проведение осмотров ежедневных, еженедельных, ежемесячных и в более длительные сроки, отличающихся друг от друга объемом работ и степенью их сложности.

Ежедневный осмотр. Наружным осмотром убеждаются в целостности и сухости изоляции, отсутствии следов пропуска пара и воды в арматуре и соединениях, целостности креплений, наличии и исправности приборов, наличии пломб на предохранительных клапанах. Проверяется чистота, проворачивается вся арматура, не находящаяся в действии, а также ее дистанционные приводы.

Еженедельный осмотр. Дополнительно к ежедневному осмотру добавляется смазка в масленки и добавляется или заменяется по необходимости сальниковая набивка арматуры.

Ежемесячный осмотр. Дополнительно к еженедельному осмотру проверяются состояние крепления и упругость пружин подвесок, регулируется натяг пружин, проверяются болтовые соединения переборочных стаканов, компенсаторов и т.п. (со съемом изоляции). При паровой пробе после ежемесячного ППО и ППР давление во всех паропроводах поднимается до полного рабочего и проверяется на отсутствие пропусков пара, плотность и

легкость вращения арматуры, исправность системы продувания, свободное движение паропроводов в скользящих опорах, переборочных сальниках, подвесках, исправность автоматики паропроводов.

Осмотр раз в год. Дополнительно к ежемесячному осмотру снимаются все изолирующие матрацы, очищаются и проверяются, а в случае необходимости, заменяется крепеж. При осмотре убеждаются в отсутствии наружных трещин, выпучин, механических повреждений у сильфонных компенсаторов и переборочных уплотнений сильфонного типа. Неисправные сильфонные элементы заменяются новыми (разборка и внутренний осмотр сильфонных элементов производятся раз в два года). Вскрываются и притираются импульсные клапаны защитно-предохранительных устройств и клапаны продувания.

Литература

1. В.Н. Темнов, Ю.И. Плотников Корабельные котлотурбинные энергетические установки.– М.: ЛВВМИУ, 1990.
2. К.Г. Булах. Учебник по паротурбинным установкам надводных кораблей. – М.: Воениздат, 1981.
3. Р.А. Гасиев. Учебник машиниста котельного надводных кораблей. – М.: Воениздат, 1974.
4. Правила эксплуатации паровых турбинных установок надводных кораблей ВМФ с котлотурбинными энергетическими установками. – М.: Воениздат, 1989.
5. Справочник по корабельным вспомогательным механизмам. – М.: Воениздат, 1981.
6. Справочник корабельного инженера-механика. – М.: Воениздат, 1984.
7. Описания и инструкции по техническому обслуживанию вспомогательных механизмов, теплообменных аппаратов, трубопроводов и систем КТЭУ. – Техническая документация.

Оглавление

Принятые сокращения	3
<i>Глава I.</i> Характеристики ЭУ, КТЭУ корабля	5
1.1 Характеристики корабельных ЭУ	5
1.2 Тепловая схема	17
<i>Глава II.</i> Вспомогательные механизмы КТЭУ	24
2.1 Классификация и основные узлы вспомогательных турбомеханизмов..	24
2.2. Конструктивные особенности турбонасосов	30
2.3. Конструктивные особенности ТНА	53
2.4. Конструктивные особенности ПЭЖ	57
2.5. Конструктивные особенности теплообменных аппаратов	60
2.6. Конструктивные особенности турбогенератора	65
2.7. Эксплуатация вспомогательных механизмов	76
<i>Глава III.</i> Трубопроводы, системы КТЭУ и их эксплуатация	82
3.1 Классификация трубопроводов и систем ЭУ	82
3.2. Системы, обеспечивающие работу КТЭУ	83
3.3. Эксплуатация трубопроводов и систем МКУ	95
Литература	102