

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ	7
1.1. Основные понятия и определения. Классы автоматизации	7
1.2. Режимы и типовая структура комплексной системы управления техническими средствами судна	9
1.3. Функциональные модули КСУ ТС	10
1.4. Пример формирования облика ИСУ ТС научно-исследовательского судна	23
1.5. Перспективные технологии организации информационного взаимодействия компонентов ИСУ ТС	27
Резюме – 1	32
2. РЕГУЛИРОВАНИЕ И РЕГУЛЯТОРЫ	34
2.1. Основные понятия	34
2.2. Принципы регулирования	35
2.3. Классификация конструктивных типов регуляторов	39
2.4. Особенности автоматических устройств, использующих различные виды энергии	45
2.5. Статические характеристики регуляторов непрямого действия	47
2.6. Динамические характеристики САР	49
2.7. Типовые динамические звенья	58
2.8. Структурная схема САР	60
2.9. Структура и свойства сложного регулятора	61
2.10. Следящие системы	63
2.11. Конструкции и принцип действия силовых блоков САР	64
2.12. Примеры конструктивной организации регуляторов	71
Резюме – 2	79
3. ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ СУДОВОЙ ДИЗЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ (СДУ)	82
3.1. Автоматизация переменных режимов работы судового дизеля (пуска и реверса)	82
3.2. Автоматизация стабильных режимов работы судового дизеля	84
3.3. Особенности управления дизелем, снабжённым механическим (или гидромеханическим) всережимным регулятором	90
3.4. Особенности применения электронных регуляторов	92
3.5. Особенности применения всережимного регулятора главного двигателя при изменении винтовой характеристики	94
3.6. Электронное управление топливоподачей в дизель	96

3.7. Автоматизация систем, обслуживающих главные судовые дизели	99
Резюме – 3	115
4. ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ СУДОВЫХ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	117
4.1. Ядерная энергетика ледоколов.	117
4.2. Ядерный реактор как объект контроля и управления	119
4.3. Режимы работы и способы управления судовой ядерной энергетической установкой	124
4.4. Аппаратурные модули комплексной системы управления, контроля и защиты ЯЭУ атомных ледоколов проекта 10580.	130
Резюме – 4	143
5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ТЕСТИРОВАНИЮ	145
5.1, 5.2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ № 1 и 2	145
5.3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	152
5.4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	157
5.5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5	164
5.6, 5.7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ № 6 и 7	170
5.8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8	174
5.9. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9	176
5.10. ИТОГОВОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ	178
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	180
<i>Приложение 1. Вопросы для зачёта с оценкой</i>	<i>182</i>
<i>Приложение 2. ТЕСТ-51 (бумажный вариант).</i>	<i>184</i>
ЛИТЕРАТУРА	194

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЗ	— Аварийная защита
АППУ	— Атомная паропроизводящая установка
АПТУ	— Атомная паротурбинная установка
АПС	— Аварийно-предупредительная сигнализация
ВРШ	— Винт регулируемого шага
ВФШ	— Винт фиксированного шага
ГД	— Главный двигатель
ГК	— Главный конденсатор
ГТГ	— Главный турбогенератор
ГПН	— Главный питательный насос
ДАУ	— Дистанционное автоматизированное управление
ДК	— Дроссельный клапан
ДУАМ	— Дистанционное управление арматурой и механизмами
ДУУ	— Дроссельно-увлажнительное устройство
ИМ	— Исполнительный механизм
КСУ ТС,	— Комплексная, интегрированная система управления
ИСУ ТС	— техническими средствами
ЛЗМ	— Логика засветки мнемосхемы
МО	— Машинное отделение
МОД	— Малооборотный дизель
ОСС	— Общесудовые системы
ПК	— Питательный клапан
ПУГО	— Пост управления грузовыми операциями
РР	— Рулевая рубка
РТПД	— Регулятор температуры прямого действия
CAN	— Controller Area Network — сеть контроллеров
САР	— Система автоматического регулирования
САУ	— Система автоматического управления
СОД	— Среднеоборотный дизель
СТД	— Система технической диагностики
СУЗ	— Система управления и защиты
СЦК	— Система централизованного контроля
СЭУ	— Судовая энергетическая установка
ТНВД	— Топливный насос высокого давления
УНС	— Устройство непрерывного сравнения
ЦНПК	— Центробежный насос первого контура
ЦПУ	— Центральный пост управления
ЭЭС	— Электроэнергетическая система
ЯЭУ	— Ядерная энергетическая установка

ВВЕДЕНИЕ

Слово «автоматика» пришло к нам из Древней Греции. Греки (которые тогда ещё не знали, что мы будем называть их древними) применяли это слово к устройствам, способным действовать без участия человека. Вообще говоря, такие устройства применялись людьми и в более древних цивилизациях. Например, до наших дней сохранились в работоспособном состоянии автоматические ловушки, предназначавшиеся для защиты от разграбления гробниц и пирамид Древнего Египта, построенных 4000–4500 лет назад. Эти устройства приводились в действие, например, весом человека, наступившего на определённый камень в полу, после чего непрошеные гости запирались падающими решётками, засыпались песком, заливались водой из Нила или им на голову опускалась каменная потолочная плита. В античном мире применялись уличные автоматы для продажи воды, часы с гидравлическим приводом и другие устройства. В Средние века автоматика использовалась для укрепления религиозных чувств верующих (слезоточивостью икон, самовозгоранием священного огня и т. п.).

Однако действительная потребность в практическом применении автоматических устройств возникла только при наступлении периода бурного развития промышленного производства и транспорта, в частности морских и речных судов, снабжённых судовой энергетической установкой. Автоматизация в эпоху научно-технической революции превратилась в основное средство улучшения технико-экономических показателей работы морского флота.

Успешная эксплуатация современных судов обеспечивается с помощью автоматических систем, решающих задачи управления, регулирования, защиты и контроля параметров и обеспечивающих эффективное и безопасное использование современных сложных технических систем и агрегатов, ручное управление которыми в принципе невозможно.

Системы комплексной автоматизации судовой энергетики предназначены для обеспечения следующих направлений повышения эффективности эксплуатации судов и их энергетических установок:

- максимальное использование возможностей судовых механизмов и устройств и оптимизация их режимов, расширение диапазонов рабочих параметров с целью увеличения коэффициента полезного действия энергомеханического оборудования и снижения удельных расходов топлива и масла;
- повышение надёжности и безопасности эксплуатации агрегатов и механизмов, обеспечение максимальной экономичности эксплуатации (сокращение затрат на техническое обслуживание при минимальной численности судового экипажа).

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

1.1. Основные понятия и определения. Классы автоматизации

Управление – это целенаправленное воздействие системы более высокого уровня (управляющего устройства) на систему более низкого уровня (объект управления), обеспечивающее достижение заданных правил поведения и заданных функций.

Общие закономерности управления и информационного взаимодействия в природных, общественных, экономических и других системах изучает наука, которая называется **кибернетикой**.

Автоматикой называется научно-техническое направление, которое занимается вопросами исследования, разработки, изготовления, испытания и эксплуатации устройств и систем управления техническими объектами.

Управляющее устройство называется **автоматическим**, если оно выполняет свои функции без участия человека.

Системой автоматического управления (САУ) называется совокупность управляющего устройства и объекта управления.

Алгоритм управления – это совокупность процедур управления, выполняемых в определённой последовательности.

Степенью автоматизации называют отношение количества автоматически выполняемых процедур управления к общему количеству процедур, предусмотренных алгоритмом управления:

$$\chi = \frac{Z_{\text{авт.}}}{Z} \times 100\%.$$

Если $\chi = 100\%$ – система называется **автоматической**. Если $0 < \chi < 100\%$ – система называется **автоматизированной**.

Управление такими сложными энергомеханическими комплексами, как судовая энергетическая система (СЭУ), выполняется автоматизированными системами, в которых человек (оператор) взаимодействует с автоматами и полуавтоматами.

При выборе рациональной степени автоматизации исходят из того, что с повышением степени автоматизации снижаются эксплуатационные расходы за счёт сокращения персонала и оптимизации режимов использования оборудования (график С₁ на рис. 1.1).

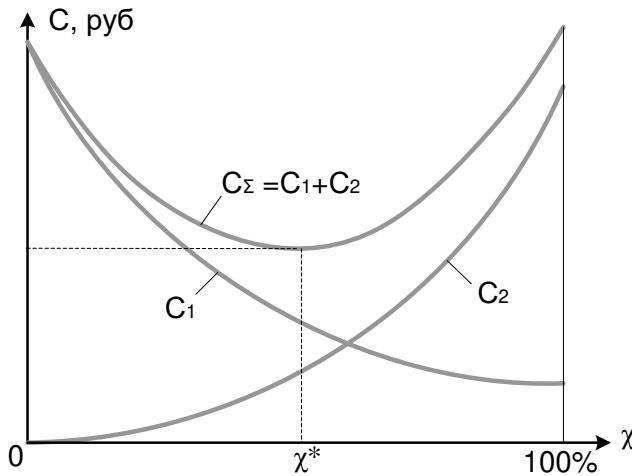


Рис. 1.1. Экономические результаты автоматизации

Однако при этом повышается стоимость проектирования, изготовления и эксплуатации самой автоматики (график C_2). Суммарные расходы отображаются кривой C_{Σ} , имеющей минимум при некоторой степени автоматизации χ^* , которая и является оптимальной с экономической точки зрения [9].

Необходимые для успешного решения указанных задач степени автоматизации морских судов регламентируются **классами автоматизации**, установленными Морским регистром судоходства РФ:

AUT1 – если объем автоматизации позволяет эксплуатацию механической установки без постоянного присутствия обслуживающего персонала в машинных помещениях и в центральном посту управления (ЦПУ);

AUT2 – если объем автоматизации позволяет эксплуатацию механической установки одним оператором из ЦПУ без постоянного присутствия обслуживающего персонала в машинных помещениях;

AUT3 – если объем автоматизации позволяет эксплуатацию механической установки судна с мощностью главных механизмов не более 2250 кВт без постоянного присутствия обслуживающего персонала в машинных помещениях и ЦПУ;

AUT1-C, AUT2-C или AUT3-C – если автоматизация выполнена с применением компьютеров или программируемых логических контроллеров (PLC);

AUT1-ICS, AUT2-ICS или AUT3-ICS – если автоматизация выполнена с применением компьютерной интегрированной системы управления и контроля.

1.2. Режимы и типовая структура комплексной системы управления техническими средствами судна

Комплексная система управления техническими средствами (КСУ ТС) должна обеспечивать бесперебойное управление оборудованием на следующих эксплуатационных режимах:

- конечные режимы – пуск и остановка оборудования;
- стационарные режимы – обеспечение длительного движения судна с заданной скоростью;
- маневренные режимы (разгон и экстренное торможение судна, маневрирование при плавании в узкостях и при швартовке);
- перегрузочные режимы (при плавании во льдах и буксировке плавсредства);
- аварийные режимы (при отказах оборудования систем, обеспечивающих функционирование СЭУ, аварийных кренах и дифферентах судна, пожарах и заполнении водой отдельных помещений).

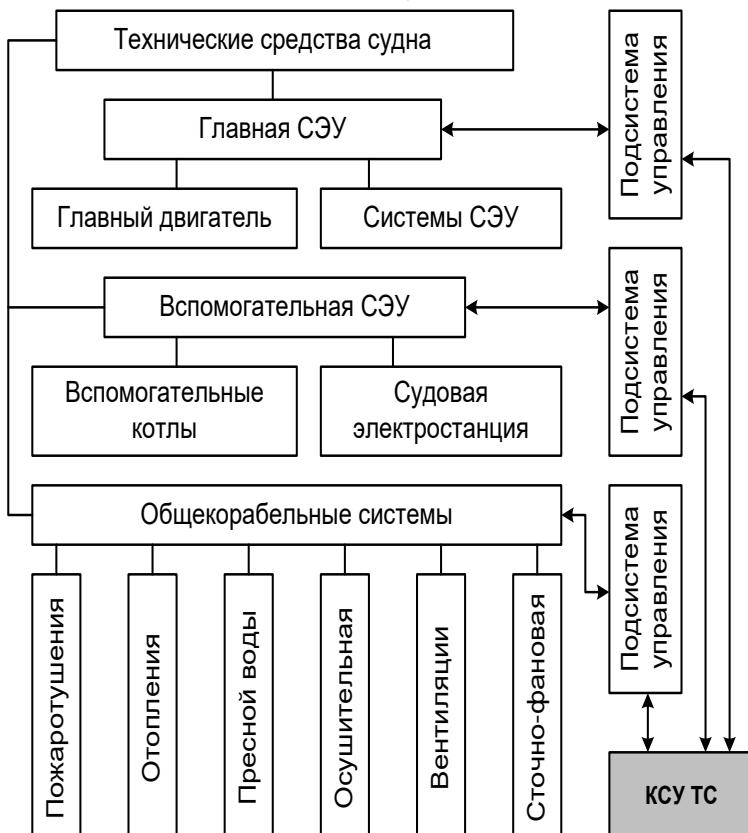


Рис. 1.2. Типовая структура КСУ ТС

1.3. Функциональные модули КСУ ТС

1.3.1. Системы дистанционного автоматизированного управления (ДАУ)

Назначение: дистанционное управление главными судовыми двигателями и энергетическим оборудованием, находящимся в машинном отделении судна (см. рис. В1).

Управление из рулевой рубки выполняется со специальных пультов судоводителя (см. рис. В2).

На судах, оборудованных центральным постом управления (ЦПУ), управление судовой энергетической установкой может выполняться с помощью установленного там пульта (см. рис. В3).

Сигналы на изменение режимов подаются с помощью дискретных и аналоговых командных органов, размещённых на панелях пульта судоводителя в РР и пульта в ЦПУ.

Дискретные органы (кнопки, тумблеры, переключатели) выдают команды на запуск и остановку механизмов, открытие и закрытие клапанов, включение и выключение муфт и т. п. Подтверждение исполнения дискретных команд выполняется с помощью цветных табло и лампочек, расположенных на панелях пультов и на мнемосхеме. Лампочки и табло получают сигналы от конечных выключателей, расположенных на механизмах и запорной аппаратуре. Сигналы с пультов управления в МО и обратно передаются с помощью сигнальных электрических кабелей.

Аналоговые командные органы – рукоятки управления – выдают электрические сигналы для плавного изменения частоты вращения главного двигателя, угла установки лопастей гребного винта с регулируемым шагом и т. п. (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Сдвоенная рукоятка управления и панели со световыми табло для электрической ДАУ ГД

Аналоговые сигналы от рукояток управления поступают через блоки управления на исполнительные механизмы, воздействующие на регулятор частоты вращения главного двигателя или механизм изменения шага винта (рис. 1.4 и 1.5).

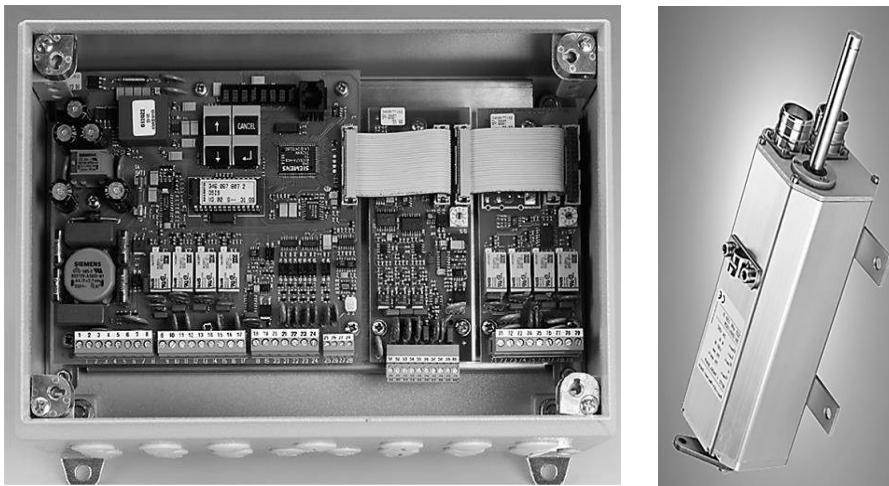


Рис. 1.4. Блок управления (слева) и исполнительный механизм (справа) электрической системы ДАУ

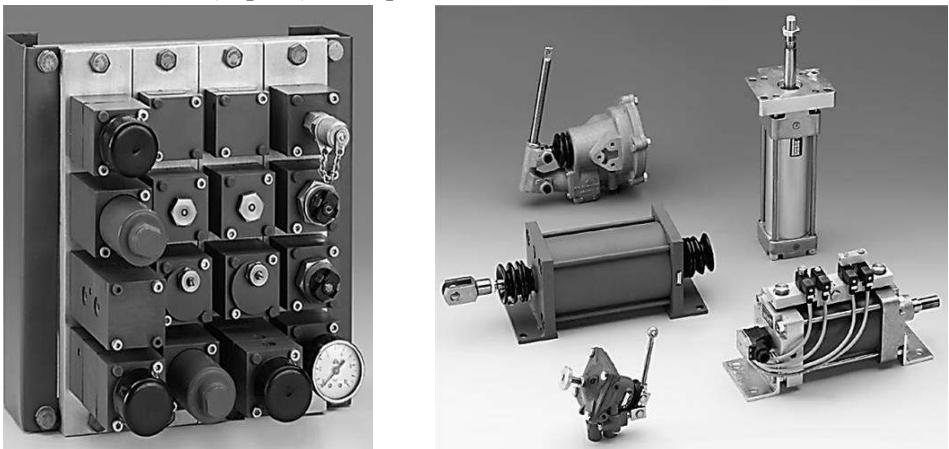
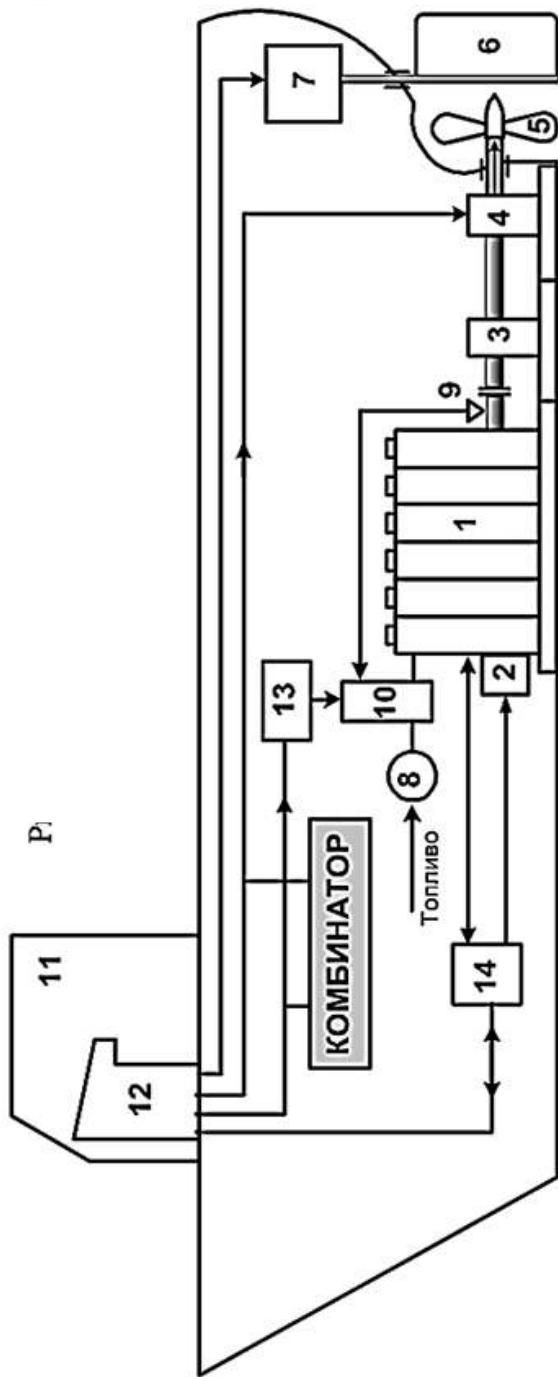


Рис. 1.5. Блок управления (слева) и исполнительные механизмы (справа) пневматической системы ДАУ

Исполнение команд управления контролируется с помощью диодных указателей и цифровых индикаторов. Для вывода обобщённой информации могут применяться мониторы интегрированной системы управления.

Кроме следящих линий в состав систем ДАУ входят блоки логики, программные устройства и комбинатор (см. рис. 1.6).



- 1 - главный двигатель
 2 - Механизм реверса
 3 - главный упорный подшипник
 4 - Механизм изменения шага винта
 5 - ВРШ
 6 - руль
 7 - рулевая машина
 8 - топливный насос
 9 - датчик частоты вращения
 10 - регулятор частоты вращения
 11 - рулевая рубка
 12 - пульт управления
 13 - исполнительный механизм системы ДАУ ГД
 14 - блок логики системы ДАУ ГД

Рис. 1.6. Функциональная схема системы автоматизированного управления двигателем-движителем комплексом

Блоки логики предназначены для блокировки управляющих сигналов при неправильных действиях операторов или при получении системой сигналов о нештатном состоянии оборудования.

Программные устройства автоматически реализуют заданную последовательность команд, предусмотренных алгоритмом запуска или реверса главного двигателя.

Комбинатор предназначен для оптимизации режимов работы пропульсивного комплекса с ВРШ.

1.3.2. Системы автоматического регулирования (САР)

Назначение САР: автоматическое поддержание на заданном уровне (стабилизация) или изменение по заданному закону параметров оборудования при изменении режимов его использования или при возникновении внешних возмущений. Эти параметры называются регулируемыми. Применительно к судовому энергетическому оборудованию регулируемыми являются теплотехнические параметры:

- давление рабочих сред (жидкостей, газов и паров) в различных ёмкостях, резервуарах, трубопроводах;
- перепады давлений при прохождении рабочих сред через элементы энергетического оборудования (запорную арматуру, фильтры, сепараторы);
- расходы жидкостей, газов и паров через трубопроводы и элементы энергетического оборудования;
- температуры рабочих сред;
- уровни жидкостей в цистернах и ёмкостях;
- влажность воздуха в системах кондиционирования;
- частота вращения главного двигателя;
- угловое положение лопастей гребного винта в установках с ВРШ;
- нейтронная мощность реактора;
- напряжение и частота электрического тока и т. п.

Основным компонентом САР является специальное автоматическое управляющее устройство, которое называется *регулятором*.

В составе комплексной системы автоматизации СЭУ применяется широкая номенклатура регуляторов.

В зависимости от реализуемых *принципов регулирования* различают регуляторы, реагирующие на отклонение регулируемого параметра от заданного значения, регуляторы, реагирующие на внешнее возмущение (обычно это изменение нагрузки) и двухимпульсные регуляторы, совмещающие оба принципа регулирования.

В зависимости от реализуемых **законов регулирования** различают:

- П-регуляторы (пропорциональные);
- ПИ-регуляторы (пропорционально-интегральные);
- ПД-регуляторы (пропорционально-дифференциальные);
- ПИД-регуляторы (пропорционально-интегрально-дифференциальные).

В зависимости от наличия или отсутствия подводимой дополнительной энергии различают регуляторы прямого типа (механические) и регуляторы не-прямого типа (электрические, гидравлические и пневматические). Особое место занимают электронные регуляторы, в которых алгоритм регулирования обеспечивается вычислительным устройством (микропроцессором).

Основным преимуществом регуляторов прямого действия (механических) является относительная простота устройства. Регулятор частоты вращения (рис. 1.7) действует следующим образом.

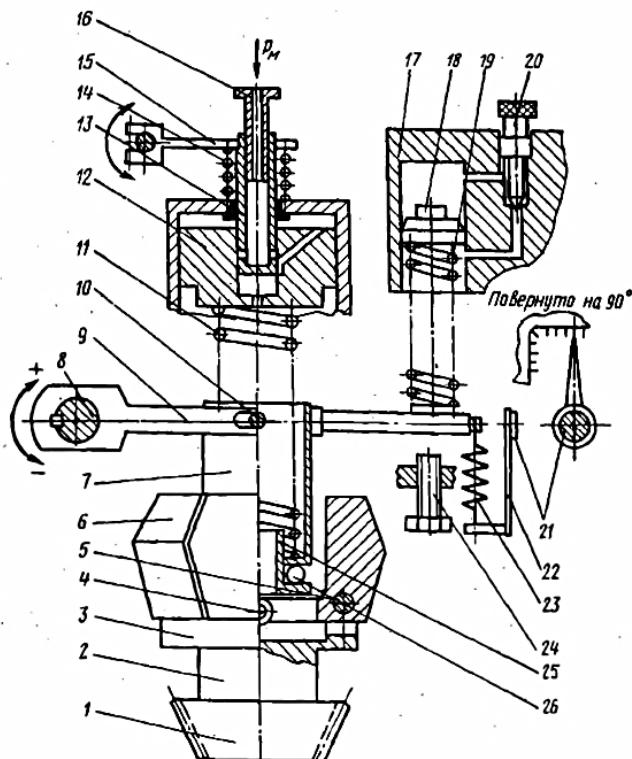


Рис. 1.7. Схема регулятора частоты вращения прямого действия двигателя 6Ч 25/24 [2]

Вращение от коленчатого вала двигателя через коническую шестерню 7 передается на вертикальный вал 1, на котором неподвижно насыжена крестови-

на 2, имеющая четыре стойки с осями 5. На осях закреплены четыре угловых груза 6, имеющие снизу прорези, в осях которых закреплены ролики 4. На ролики опирается торцом муфта 25, которая может перемещаться вертикально. Между муфтой и стаканом 7 установлен упорный шарикоподшипник 26. На дно стакана опирается задающая пружина 11, а верхний её конец прижат поршнем 12.

В верхней части стакан имеет кольцевую канавку, в которой расположены два сухарика 10. С помощью сухариков и вильчатого рычага 9 перемещение стакана преобразуется во вращательное движение исполнительного валика 8, соединенного с рейкой топливных насосов.

Раздвоенный правый конец вильчатого рычага имеет ось, которая в него запрессована. К одной стороне оси присоединена пружина 19 масляного катаракта, а к другой – пружина 23 механизма изменения неравномерности.

Механизм изменения задания состоит из поршня 12 и плунжера 12, расположенного внутри поршня. Масло под давлением p из системы смазки двигателя через штуцер 16 подается внутрь плунжера, в нижней части которого имеются радиальные отверстия. В верхней части плунжера выполнена кольцевая канавка, в которую входят пальцы вильчатого рычага 15, жестко закрепленного на валике, соединенном приводом от поста управления.

При увеличении частоты вращения грузы расходятся и стакан 7 перемещается вверх, разворачивая тем самым вал 8 против часовой стрелки. Рейка топливных насосов перемещается на уменьшение подачи топлива, и частота вращения уменьшается. При уменьшении частоты вращения все происходит в обратной последовательности.

Нетрудно заметить, что регулятор статический: при разных нагрузках в установленныхся режимах положение вала 8, а следовательно, и рычага 9 будет разнос. При этом затяжка пружины 17 тоже будет разная, и ей будет соответствовать разная частота вращения: при большей нагрузке – меньшая частота (пружина разжата), при меньшей нагрузке – большая частота (пружина сжата).

Для поддержания заданной *температуры* среды в системах судовых дизелей широкое применение получили регуляторы прямого действия (РПД) различных модификаций (рис. 1.8).

Внутри регулятора между корпусом 13 и крышкой 3 установлено седло 1 с кронштейном 10. Количество охлаждаемой среды, направляемой в охладитель и на перепуск, определяется положением стакана 2, клапан 7 которого опирается на седло 1, а клапан 12 – на гнездо в корпусе 13 регулятора.

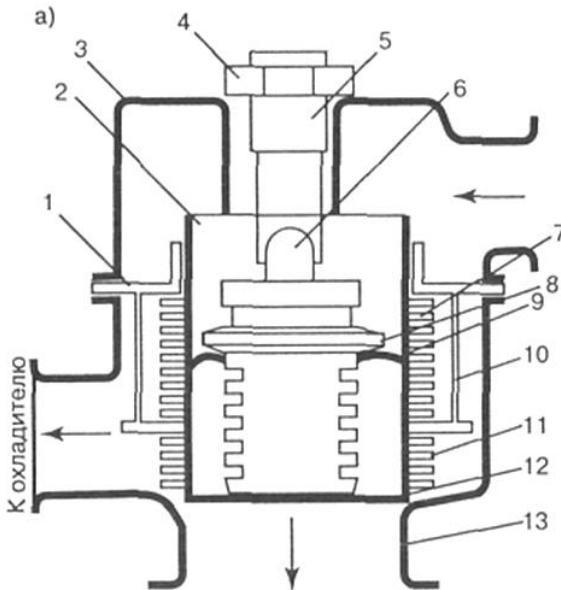


Рис. 1.8. Схема регулятора температуры охлаждаемой среды

При повышении температуры охлаждаемой среды объем жидкости в чувствительном элементе (сильфоне 8) увеличивается. Сильфон разжимается и, упираясь в бурт стакана 2, смещает его, растягивая пружину перегрузки 11 вниз. Проходное сечение верхнего клапана увеличивается, а нижнего – уменьшается. Большая часть охлаждаемой среды поступает в охладитель.

С понижением температуры среды сильфон 8 сжимается и пружина возврата 9 прикрывает клапан 7, направляя большую часть воды (смазочного масла) на перепуск, минуя охладитель.

Сильфон в верхней части связан со штоком 6, опирающимся на регулировочный винт 5. Вращением последнего терморегулятор настраивают на заданное значение температуры. После настройки винт стопорят контргайкой 4.

Основные недостатки регуляторов прямого действия: относительно низкая мощность воздействия на регулируемый орган и сложность реализации улучшенных алгоритмов регулирования.

Регуляторы непрямого действия более приспособлены для реализации сложных алгоритмов регулирования, вследствие чего обеспечивают более качественное регулирование (меньшая величина статических и динамических ошибок), но имеют более сложное устройство и большую стоимость. Два типа регуляторов непрямого действия (гидромеханических) показаны на рисунке 1.9.

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru