



Федеральное агентство по рыболовству
БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»
Калининградский морской рыбопромышленный колледж

Утверждаю
Заместитель начальника колледжа
по учебно-методической работе
А.И. Колесниченко

ПМ.01 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Методическое пособие для выполнения самостоятельных работ
по специальности

26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок

МО-26 02 05-ПМ.01. СР

РАЗРАБОТЧИК	Отделение морской конвенционной подготовки
ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ	Никишин М.Ю.
ГОД РАЗРАБОТКИ	2025

МО-26 02 05-ПМ.01.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	С.2/14

Содержание

Введение	3
Перечень самостоятельных занятий.....	3
Самостоятельное занятие № 1	4
Самостоятельное занятие № 2	4
Самостоятельное занятие № 3	11
Самостоятельное занятие № 4	12
Используемые источники литературы.....	14

МО-26 02 05-ПМ.01.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	С.3/14

Введение

Методические указания по выполнению самостоятельных занятий составлены в соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ 01.

Рабочей программой дисциплины предусмотрено 10 академических часов.

Выполнение самостоятельных заданий направлено на формирование у обучающихся следующих элементов компетенций:

ПК 1.1. Обеспечивать техническую эксплуатацию главных энергетических установок судна, вспомогательных механизмов и связанных с ними систем управления.

ПК 1.2. Осуществлять контроль выполнения национальных и международных требований по эксплуатации судна.

ПК 1.3. Выполнять техническое обслуживание и ремонт судового оборудования.

ПК 1.4. Осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов.

ПК 1.5. Осуществлять эксплуатацию судовых технических средств в соответствии с установленными правилами и процедурами, обеспечивающими безопасность операций и отсутствие загрязнения окружающей среды.

ПК 1.6 Осуществлять техническую эксплуатацию и ремонт судового электрооборудования и средств автоматики.

Перечень самостоятельных занятий

№ п/п	Самостоятельное занятие	Кол-во часов
1	Основы маркировки зарубежных ДВС	2
2	Изучение основных неисправностей газотурбонагнетателей	2
3	Неисправности и аварии систем	2
4	Понятие о комплексной автоматизации судовой энергетической установки	4
	итого	10

МО-26 02 05-ПМ.01.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	С.4/14

Самостоятельная работа №1 Основы маркировки зарубежных ДВС.

Цель работы:

Изучить маркировку судовых ДВС основных зарубежных дизелестроительных фирм.

Методические рекомендации по выполнению работы:

Изучение темы необходимо начать с ознакомления с рекомендованной литературой. Изучить маркировку судовых ДВС, которая отражает основные конструктивные показатели дизелей или носит условный характер, таких как:

- фирма Бурмейстер и Вайн;
- фирма Зульцер;
- фирма МАН;
- фирма Фиат;
- фирма Гетеверкен;
- фирма Мицубиси;
- фирма Вяртсиле;
- дизели ГДР.

Проверить качество усвоения материала путем ответа на вопросы для самоконтроля.

Контроль:

1. Проверка правильности ответов на вопросы после самостоятельного изучения темы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Поясните цифры и буквы, входящие в маркировку дизелей фирмы B&W?
2. Поясните цифры и буквы, входящие в маркировку дизелей фирмы MAN?
3. Поясните цифры и буквы, входящие в маркировку дизелей фирмы ZULZER?

Самостоятельная работа №2 Изучение основных неисправностей газотурбоагнетателей

Цель работы:

Изучить назначение наддува, виды наддува, схемы систем наддува, изучить устройство газотурбоагнетателей (ГТН) и основные неисправности ГТН.

Методические указания по выполнению работы:

Документ управляется программными средствами 1С Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся 1С Колледж

МО-26 02 05-ПМ.01.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	С.5/14

Изучение темы необходимо начать с ознакомления с рекомендованной литературой. Понятие наддува. Виды наддува: механический, газотурбинный, комбинированный.

Степень наддува. Классификация наддува по давлению наддува. Принципиальные схемы систем наддува: одноступенчатый, двухступенчатый, последовательный, параллельный, последовательно-параллельный.

Использование кинетической энергии выпускных газов при наддуве. Импульсный газотурбинный наддув и наддув при постоянном давлении. Достоинства и недостатки.

Конструкция газотурбонагнетателей: корпус, ротор, сопловой аппарат, рабочее колесо турбины, и компрессора, диффузор, подшипники, уплотнения.

Подпоршневые насосы, воздухоохладители, ресиверы.

Явления помпажа при газотурбинном наддуве.

Затем изучить понятие наддува и конструкцию ГТН «Броун-Бевери» по схеме (рис.1).

В основе работы дизеля лежит преобразование энергии сжигаемого топлива в механическую работу, т.е. чем больше сожжено топлива, тем большую работу сможет развить двигатель. Но количество топлива, которое может эффективно сгореть в цилиндрах лимитируется массой размещаемого в них свежего заряда воздуха:

$$M_B = V_s \cdot \eta_n \cdot \rho_s$$

где M_B – масса свежего заряда воздуха;

V_s – рабочий объем цилиндра;

η_n – коэффициент наполнения;

ρ_s – плотность воздуха.

Для увеличения массы необходимо увеличить его плотность.

В свою очередь плотность воздуха:

$$\rho_s = \frac{P_s}{RT_s}$$

где P_s – давление свежего заряда воздуха, поступающего в цилиндры;

T_s – температура свежего заряда воздуха;

МО-26 02 05-ПМ.01.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	С.6/14

R – газовая постоянная.

Эта плотность может быть увеличена за счет увеличения P_s и уменьшения T_s .

Такое решение, которое позволяет повысить агрегатную мощность двигателя за счет увеличения цикловой подачи топлива и массового заряда воздуха при неизменном η_n носит название наддува, а степень увеличения мощности посредством наддува принято оценивать коэффициентом получившим название степень наддува:

$$\lambda_n = \frac{N_{ен}}{N_e}$$

где $N_{ен}$ – мощность двигателя, форсированного наддувом;

N_e – мощность двигателя без наддува.

По достигнутому значению λ_n двигатели подразделяют на три категории:

λ_n	4-тактные ДВС	2-тактные ДВС
умеренная	1,5	1,2
повышенная	2,5	1,5
высокая	4,5 – 4,9	3,5 – 3,8

Для продувки и наддува 2-тактных двигателей применяют нагнетатели объемного и центробежного типа. К нагнетателям объемного типа относятся:

- поршневые насосы приводятся в действие от специального кривошипа коленчатого вала или через балансир от крейцкопфа рабочего цилиндра;
- роторно-лопастные нагнетатели приводятся в действие либо от коленчатого вала, либо имеют автономный привод. Их преимущество по сравнению с поршневым – меньшие размеры и равномерная подача воздуха, недостаток – большой уровень шума;
- подпоршневые насосы (или подпоршневые полости цилиндров) в 2-тактных крейцкопфных двигателях.

К нагнетателям центробежного типа относятся центробежные компрессоры с электроприводом или газотурбокомпрессоры, работающие на энергии выпускных газов.

В зависимости от типа привода нагнетателей воздуха наддув судовых двигателей принято подразделять на:

- механический наддув, где сжатие воздуха осуществляется от атмосферного давления до давления наддува P_s в надувочном агрегате центробежного или объемного типа. Преимущества: конструктивная простота, относительно невысокая

МО-26 02 05-ПМ.01.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	С.7/14

стоимость дополнительного оборудования и надежность. Недостаток – с увеличением P_s резко возрастают механические потери, что отрицательно сказывается на экономичности двигателя;

- газотурбинный наддув – сжатие воздуха осуществляется от атмосферного давления до давления P_s в наддувочном агрегате, представляющим собой центробежный компрессор, объединенный с приводной газовой турбиной, для работы которой используется значительная часть энергии выпускных газов, которая в двигателях без наддува теряется в атмосферу. Преимущества: пропадает необходимость в отборе мощности от двигателя; с увеличением P_s индикаторная мощность увеличивается, а мощность механических потерь практически не меняется. В результате механический КПД растет, удельный расход топлива, соответственно, снижается;

- комбинированный наддув – сжатие воздуха осуществляется в газотурбонагнетателе и в приводном нагнетателе, в качестве которого обычно используются подпоршневые полосы цилиндров в крейцкопфных ДВС, которые в свою очередь могут быть включены в работу последовательно, параллельно и последовательно-параллельно.

Конструкция газотурбокомпрессоров

В качестве наддувочных агрегатов используются ГТК состоящие из центробежного компрессора и газовой турбины, установленной на одном валу.

Компрессор состоит из неохлаждаемого корпуса, всасывающей камеры, воздухонаправляющего аппарата (ВНА), рабочего колеса, диффузора и улитки.

Всасывающая камера снабжается глушителем шума и воздушным фильтром.

Неподвижный ВНА представляет собой решетку неподвижных лопаток, направляющих воздух в сторону колеса. Вращающийся ВНА образуется лопатками рабочего колеса компрессора.

Рабочее колесо компрессора открытого типа имеет радиальные лопатки, закрытого типа – лопатки, загнутые назад.

Диффузоры, предназначенные для преобразования кинетической энергии воздуха в потенциальную энергию давления, применяют двух типов: безлопаточные (щелевые) и лопаточные, которые получили все большее распространение, т.к. их применение увеличивает КПД компрессора.

Спиральные улитки снижают скорость движения воздуха.

МО-26 02 05-ПМ.01.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	С.8/14

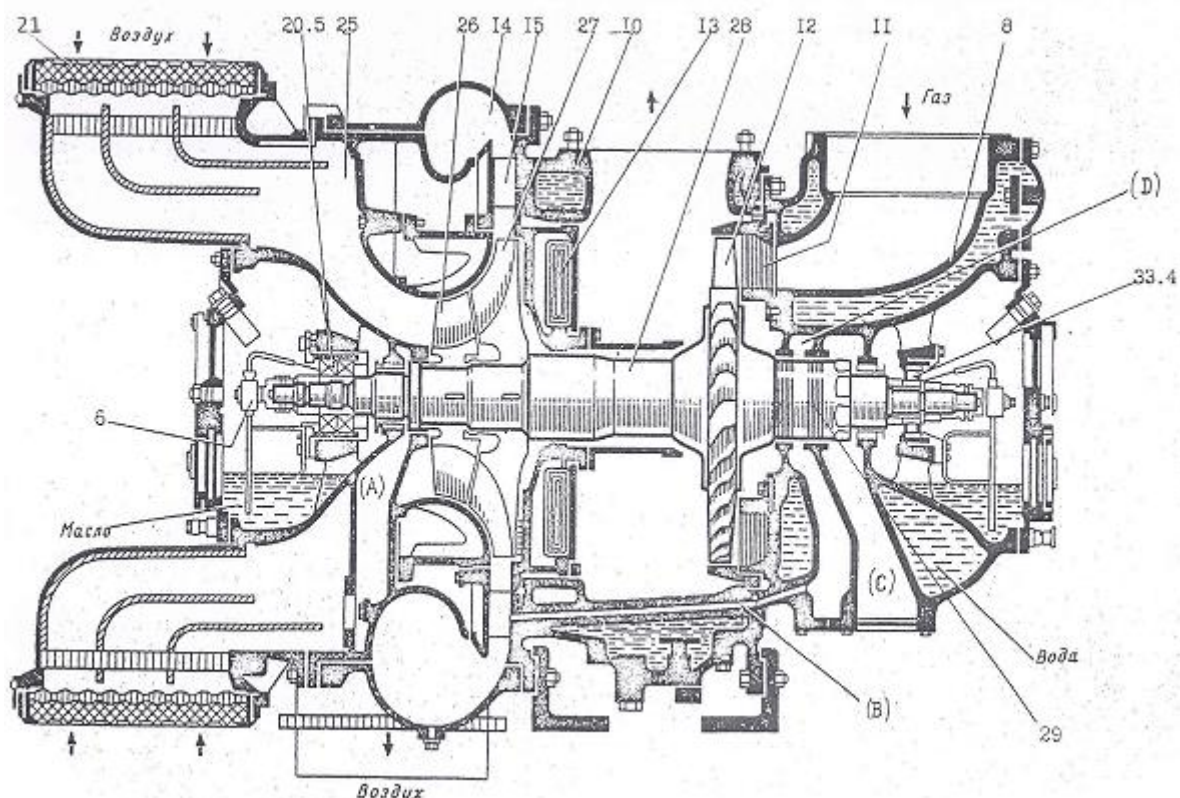
Вращающиеся ВНА и колеса компрессоров изготавливают из алюминиевых сплавов.

Газовая турбина состоит из следующих основных элементов:

- корпуса турбины охлаждаемого или неохлаждаемого;
- газоподводящих каналов;
- соплового аппарата;
- рабочего колеса турбины;
- подшипников опорных и упорных;
- уплотнителей различного типа.

Лопатки соплового аппарата и рабочего колеса компрессора изготавливаются из жаропрочной аустенитной стали. Валы изготавливают из углеродистой или легированной стали. Подшипники, применяемые в ГТК – качения или скольжения.

Лабиринтовые уплотнения служат для отделения газовой полости от воздушной и для защиты опорно-упорного подшипника.



5 – смазочные диски; 8 – газовыпускной корпус; 10 – впускной корпус; 11 – сопловой аппарат; 12 – рабочие лопатки; 13 – теплозащитная вставка; 14 – воздушная улитка; 15 – лопаточный диффузор; 20 – подшипник; 21 – воздушный

МО-26 02 05-ПМ.01.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	С.9/14

фильтр; 25 – корпус; 26 – направляющий аппарат; 27 – колесо; 28 – ротор; 29 – лабиринтовое уплотнение; 33 – опорный подшипник.

Рисунок 1 – ГТН фирмы «БРОУН-БОВЕРИ» типа VTR

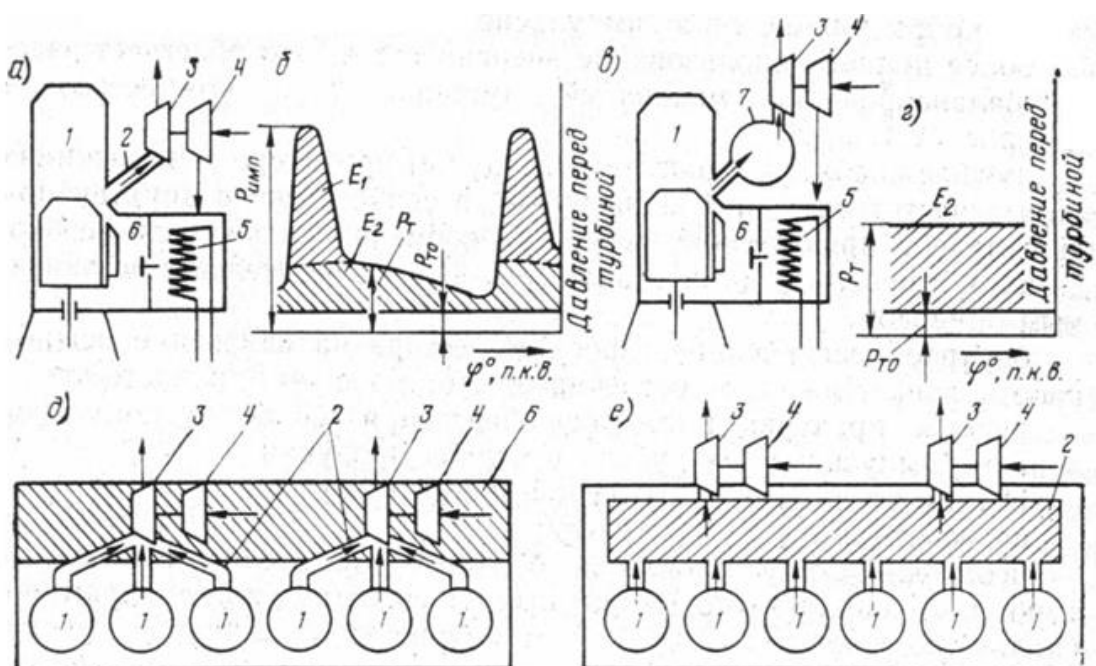
Схемы наддува

Полная энергия выпускных пазов E складывается из энергии расширения газов:

- от давления в цилиндре P_v до давления в выпускном коллекторе перед турбиной P_T составляющая E_1 , которая носит импульсный характер

- от давления P_T до давления $P_{зт}$ (давление за турбиной), составляющая E_2 . Она имеет постоянный характер, характеризующийся относительно постоянным давлением, температурой, скоростью газа.

В газовой турбине могут быть использованы обе составляющие энергии газов, однако степень использования импульсной составляющей зависит от способа подвода газов к турбине, отсюда и газотурбинный наддув подразделяют на импульсный и постоянный.



а, д – импульсная система наддува;

б, в – наддув при постоянном давлении.

Рисунок 2 – Схема систем наддува

Преимущества импульсной схемы наддува:

- более полное использование энергии выпускных газов;

МО-26 02 05-ПМ.01.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	С.10/14

- лучшее снабжение двигателя воздухом при пуске и на режимах малых частот вращения и нагрузок, в результате чего в ДВС с контурной схемой продувки пропадает необходимость в использовании дополнительных нагнетателей с независимым приводом;

- быстрое регулирование ГТК на изменение режима работы двигателя, что обеспечивает его хорошую приемистость;

- лучшая продувка цилиндров, благодаря более низкому давлению в выпускных патрубках в период продувки.

Недостатки:

- сложность выпускного тракта, необходимость установки на больших двигателях нескольких турбин максимально приближенным к цилиндрам двигателя;

- более низкий КПД турбины, вследствие непостоянства давления и скорости голов на входе в турбину и дополнительных гидродинамических потерь.

Постоянный газотурбинный наддув происходит при постоянном давлении газов перед турбиной. Продукты сгорания из всех цилиндров направляются в общий коллектор, в котором давление газа выравнивается из-за его большого объема.

При такой организации выпуск кинетической энергии E_1 не используется, а ее часть переходит в потенциальную составляющую. Постоянство потока газа в турбину позволяет получить более высокие значения КПД ГТК.

Недостаток – на режимах долевого нагружения до 40% данная схема не обеспечивает хорошее снабжение двигателя воздухом, в результате чего требуются дополнительные механические нагнетатели.

Основные неисправности газотурбонагнетателей:

- загрязнение воздушного фильтра или проточной части компрессора.
- высокое противодавление газовой турбины из-за загрязнения выхлопного коллектора.

- загрязнение проточной части турбины.

- повреждение лабиринтового уплотнения.

- повреждение соплового аппарата.

- повреждение подшипников.

- задевание ротора.

- коррозия и эрозия на газовой стороне.

- коррозия на водяной стороне.

Контроль:

МО-26 02 05-ПМ.01.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	С.11/14

1. Проверка правильности ответов на вопросы после самостоятельного изучения темы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Виды наддува судовых ДВС?
2. Достоинства и недостатки импульсного наддува?
3. Достоинства и недостатки наддува при постоянном давлении?
4. Схемы наддува.
5. Основные неисправности ГТН и причины их вызывающие.

Самостоятельная работа N3 Неисправности и аварии систем.

Цель работы:

Изучение основных неисправностей деталей узлов системы охлаждения судовых ДВС и причины их возникновения.

Методические рекомендации по выполнению работы:

Изучение материала начать с ознакомления с рекомендуемой литературой.

Технический уход за системой охлаждения осуществляется в сроки, указанные в инструкции по эксплуатации двигателя, и состоит главным образом в периодической очистке от накипи водяных полостей блока, крышек цилиндров.

Состояние системы охлаждения контролируется по температуре, давлению и качеству охлаждающей воды.

Быстрое повышение или понижение температуры воды, охлаждающей двигатель, не допускается, так как это может привести к появлению температурных напряжений и деформации деталей и, как следствие, задиру поршней или возникновению трещин в крышках цилиндра.

При заполнении системы охлаждения двигателя водой обращают особое внимание на ее химический состав. При изучении материала обратить внимание на определение качества охлаждающей воды, ее влияние на параметры работы двигателя.

Контроль:

Проверка правильности ответов на вопросы после самостоятельного изучения.

МО-26 02 05-ПМ.01.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	С.12/14

Вопросы для самопроверки:

1. Кто отвечает за определение качества охлаждающей воды?
2. В какие сроки осуществляется технический уход за системой охлаждения?
3. В каких случаях циркуляционный насос забортной воды не создает давление?
4. В какие сроки необходимо отбирать пробы охлаждающей воды дизеля для определения ее качества?
5. Понижение уровня воды в расширительной цистерне указывает на...?
6. Повышение или понижение температуры воды у отдельных цилиндров указывает на...?
7. Какая должна быть температура воды на выходе из цилиндров двигателя при охлаждении двигателя забортной водой?
8. Назначение, количество кингстонов на судне?
9. Причины падения давления у циркуляционного насоса пресной воды?

Самостоятельная работа 4. Понятие о комплексной автоматизации судовой энергетической установки

Цель работы: обрести понятие о комплексной автоматизации судовой энергетической установки.

Методические рекомендации по выполнению работы:

Изучение темы необходимо начать с ознакомления с рекомендованной литературой. Далее рассмотреть основные операции, которые выполняются из рулевой рубки и центрального поста управления по управлению судовой энергетической установкой и принцип их реализации на примере схемы, приведенной в учебнике.

Проверить качество усвоения материала путем ответа на вопросы для самоконтроля.

Виды контроля:

МО-26 02 05-ПМ.01.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	С.13/14

1. Проверка правильности ответов на вопросы после самостоятельного изучения темы по учебнику.
2. Обсуждение содержания темы на уроке.

Вопросы для самоконтроля

1. Назначение системы ДАУ судовой энергетической установкой из рубки судна;
2. Перечень функций управления СЭУ из рубки и ЦПУ;
3. Основные блоки системы ДАУ и их назначение.

МО-26 02 05-ПМ.01.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	С.14/14

Используемые источники литературы

1. Правила по охране труда на морских судах и судах внутреннего водного транспорта: приказ Минтруда России от 11.12.2020 N 886н (ред. от 05.10.2021) (Зарегистрировано в Минюсте России 30.12.2020 N 61969). - Москва: КонсультантПлюс, 2021.

2. Аполлонский, С. М. Электрические машины и аппараты: учебное пособие / С. М. Аполлонский. - Москва: КноРус, 2024. - 387 с.: on-line. - (Среднее профессиональное образование).

3. Бодров, М. В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: учебник / М. В. Бодров. - Санкт-Петербург: Лань, 2024. - 228 on-line. - (Высшее образование).

4. Дайнего, Ю. Г. Анализ причин повреждений судовых технических средств: учебное пособие / Ю. Г. Дайнего. - Москва: ИНФРА-М, 2024. - 70 on-line. - (Среднее профессиональное образование).

5. Широков, В. В. Охрана труда : учебник / В. В. Широков. - 4-е изд. - Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 376 on-line. - (Среднее профессиональное образование).

Дополнительные источники

1. Кузнецов, В. В. Эксплуатация судовых энергетических установок. Системы охлаждения судовых дизельных энергетических установок : учебное пособие / В. В. Кузнецов, С. В. Максимов, С. И. Толстой. - Москва: ИНФРА-М, 2023. - 38 on-line. - (Профессиональное образование).