

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет мореходный

Кафедра ЭУЭС

Утверждаю  
Декан мореходного факультета

  
Труднев С.Ю.

«23» октября 2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Судовые энергетические установки»

направление подготовки

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
(уровень бакалавриата)

Направленность (профиль):  
«Электрооборудование и автоматика судов»  
Бакалавриат

Петропавловск-Камчатский  
2024

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО по направленности (профилю) «Электрооборудование и автоматика судов».

Составитель рабочей программы

Доцент кафедры ЭУЭС

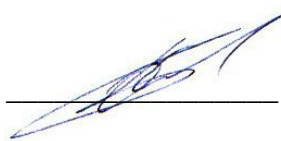


к.т.н., доц. А.Н. Рак

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов» «17» октября 2024 г. протокол № 4.

Заведующий кафедрой «Энергетические установки и электрооборудование судов»,  
к.т.н., доцент

«23» октября 2024 г.



О. А. Белов

# 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

## 1.1 Цели и задачи изучения дисциплины

Дисциплина рассматривает вопросы, связанные с получением различных видов энергии (электрической и тепловой) для обеспечения движения морских судов с помощью механических и электрических движителей, а также различных судовых механизмов.

*Целью дисциплины* является формирование знаний о судовых энергетических установках.

В результате освоения дисциплины «Судовые энергетические установки» студенты должны:

*иметь представление:* о назначении, конструкции и принципе действия судовых энергетических установок.

*знать:* основные методы расчета судовых энергетических установок; средств управления и технического контроля; выбора защитных устройств; понимать требования Правил технической эксплуатации.

*уметь:* выполнять поверочные расчеты для выбора основного оборудования и средств автоматики для управления ним.

*владеть:* навыками измерения и анализа диагностических параметров энергетических установок, решения задач с помощью специализированного программного обеспечения.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

## 1.2 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование профессиональных компетенций:

ПК-2 – Способен обосновывать планы и программы технического обслуживания и ремонта оборудования электрических сетей.

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Код и наименование индикатора достижения ПК	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ПК-2	Способен обосновывать планы и программы технического обслуживания и ремонта оборудования электрических сетей	ИД-1ПК-2 Знает правила технической эксплуатации электрических станций и сетей в части оборудования подстанций электрических сетей; правила эксплуатации и организации ремонта электрических сетей; Правила устройства электроустановок; порядок и методы планирования работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей;	Знать: Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей в части оборудования подстанций электрических сетей;	3(ПК-2)1
			Правила эксплуатации и организации ремонта электрических сетей;	3(ПК-2)2
			Правила устройства электроустановок;	3(ПК-2)3
			Порядок и методы планирования работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей;	3(ПК-2)4
			Порядок организации обеспечения производства ремонтов оборудования	3(ПК-2)5

Код компетенции	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Код и наименование индикатора достижения ПК	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
		<p>порядок организации обеспечения производства ремонтов оборудования подстанций электрических сетей материально-техническими ресурсами; нормы и требования, стандарты по испытаниям оборудования подстанций электрических сетей, пусконаладке; методы анализа качественных показателей работы оборудования подстанций электрических сетей; порядок вывода оборудования подстанции в ремонт и оформления нарядов-допусков для выполнения на них работ; технологию производства ремонтных работ оборудования подстанций электрических сетей; основы экономики и организации производства, труда и управления в энергетике</p>	<p>подстанций электрических сетей материально-техническими ресурсами; Нормы и требования, стандарты по испытаниям оборудования подстанций электрических сетей, пусконаладке; Методы анализа качественных показателей работы оборудования подстанций электрических сетей; Порядок вывода оборудования подстанции в ремонт и оформления нарядов-допусков для выполнения на них работ; Требования к составу, содержанию и оформлению проекта производства работ для ремонта оборудования подстанций электрических сетей; Технология производства ремонтных работ оборудования подстанций электрических сетей; Основы экономики и организации производства, труда и управления в энергетике.</p>	<p>3(ПК-2)6 3(ПК-2)7 3(ПК-2)8 3(ПК-2)9 3(ПК-2)10 3(ПК-2)11</p>
		<p><b>ИД-2пк-2</b> Умеет анализировать и прогнозировать ситуацию по техническому состоянию и ходе ремонта оборудования подстанций электрических сетей; оценивать состояние техники безопасности на подстанций электрических сетей; оценивать качество произведенных работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей; применять справочные материалы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей; проводить техническое освидетельствование оборудования подстанций электрических сетей; планировать производственную деятельность, ремонты оборудования подстанций электрических сетей</p>	<p><b>Уметь:</b> Анализировать и прогнозировать ситуацию по техническому состоянию и ходе ремонта оборудования подстанций электрических сетей; Оценивать состояние техники безопасности на подстанции электрических сетей; Оценивать качество произведенных работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей; Применять справочные материалы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей; Проводить техническое освидетельствование оборудования подстанций электрических сетей; Планировать производственную деятельность, ремонты оборудования подстанций электрических сетей.</p>	<p>У(ПК-2)1 У(ПК-2)2 У(ПК-2)3 У(ПК-2)4 У(ПК-2)5 У(ПК-2)6</p>
		<p><b>ИД-3пк-1</b> Владеет навыками подготовки проектов планов-графиков и программ технического обслуживания и ремонта оборудования подстанций электрических сетей; составления заявок на оборудование, запасные части, материалы, инструмент,</p>	<p><b>Владеть:</b> Навыками подготовки проектов планов-графиков и программ технического обслуживания и ремонта оборудования подстанций электрических сетей; составления заявок на оборудование, запасные части, материалы, инструмент, защитные средства, приспособления, механизмы; составления планов мероприятий по подготовке к особым условиям работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций</p>	<p>В(ПК-2)1</p>

Код компетенции	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Код и наименование индикатора достижения ПК	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
		защитные средства, приспособления, механизмы; составления планов мероприятий по подготовке к особым условиям работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей.	электрических сетей	

### 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательного процесса в структуре основной образовательной программы.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин:

1. физика;
2. теория устройства судов;
3. системы управления энергетическими и технологическими процессами.

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентами при изучении последующих дисциплин «Тренажерная подготовка», «Техническая эксплуатация судна», «Производственная практика».

## 2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1 Тематический план дисциплины

*ЗФО*

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы контроля
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		
		14	6	8	-	121	
Раздел 1. Назначение, состав, классификация судовых энергетических установок. Введение. Требования, предъявляемых к СЭУ. Показатели СЭУ. Судовые дизельные электрические установки. Виды передач, используемых в судовых энергетических установках.	33	3	2	1		30	Практикум, Собеседование,
Раздел 2. Выбор типа главного и вспомогательного двигателей.	35	5	4	1		30	Практикум, Собеседование,
Зачет	4						
Всего	72	8	6	2		60	

### 2.2 Описание содержания дисциплины «Судовые энергетические установки»

Раздел 1. Назначение, состав, классификация судовых энергетических установок.

Темы раздела 1:

Введение. Требования, предъявляемых к СЭУ. Показатели СЭУ. Судовые дизельные электрические установки. Виды передач, используемых в судовых энергетических установках [1,2,3].

Раздел 2. Выбор типа главного и вспомогательного двигателей.

Темы раздела 2:

Габариты машинного отделения. Совместная работа главных двигателей и движителей. Мощность судовых дизельных установок. Утилизация тепла выпускных газов и тепла, отводимого охлаждающей водой. Паротурбинные установки [1,2,3].

### **2.3 Лабораторные работы**

Лабораторные работы и индивидуальное задание по дисциплине учебным планом не предусмотрены.

### **2.4 Самостоятельная работа студента**

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час.
1	Изучение лекционного материала	50
2	Подготовка к практическим занятиям	1
6	Выполнение индивидуального задания (не менее 9 часов)	9
Итого:		60

### **2.5 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание**

Курсовой проект (работа) и индивидуальное задание по дисциплине учебным планом не предусмотрены.

Тематика индивидуального задания связана с самостоятельным выполнением расчетной работы в соответствии с [3].

Объем учебной нагрузки при выполнении индивидуального задания – 9 часов.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – не более 12 страниц формата А4 (210×297 мм).

## **3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

### ***Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся***

В целом внеаудиторная самостоятельная работа обучающегося при изучении курса включает в себя следующие виды работ:

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- подготовка к практическим занятиям;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по

дисциплине.

Основная доля самостоятельной работы обучающихся приходится на подготовку к

практическим занятиям, тематика которых полностью охватывает содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к практическим занятиям предполагает умение работать с первичной информацией.

#### **4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

##### **4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций**

###### *Составляющая компетенции – полнота знаний*

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

###### *Составляющая компетенции – умения*

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

###### *Составляющая компетенции – владение навыками*

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

#### *Обобщенная оценка сформированности компетенций*

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

#### **Вопросы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (зачет)**

1. Назначение, состав, классификация судовых энергетических установок.
2. Двигатели и движители.
3. Главные и вспомогательные энергетические установки.
4. Требования, предъявляемые к СЭУ.
5. Особые требования, предъявляемые к СЭУ.
6. Показатели СЭУ.
7. Мощностные показатели СЭУ.
8. Массогабаритные показатели СЭУ.
9. Теплоэкономические показатели СЭУ.
10. Судовые дизельные энергетические установки.
11. Энергетический баланс судовой дизельной установки.
12. Передачи, используемые в судовых дизельных установках.
13. Муфты, используемые в судовых дизельных установках.
14. Гидравлические передачи.
15. Электрические передачи.
16. Комбинированные передачи.
17. Механические передачи.
18. Порядок выбора главных двигателей.
19. Порядок выбора вспомогательных двигателей.
20. Определение габаритов машинного отделения.
21. Совместная работа главных двигателей и движителей.
22. Повышение мощности и экономичности судовых дизельных установок.
23. Утилизация тепла выпускных газов.
24. Системы, обеспечивающие работу главных двигателей.



25. Принципиальные схемы утилизационных установок.
26. Параметры отработавших газов.
27. Паропроизводительность утилизационного котла.
28. Использование тепла, отводимого водой, охлаждающей двигатель.
29. Паротурбинные установки.
30. Циклы паротурбинных установок.
31. Идеальный регенеративный цикл.
32. Цикл с промежуточным перегревом пара.
33. Цикл с сепарацией пара.
34. Реальный цикл Ренкина.
35. Принципиальные схемы ПТУ на органическом топливе.
36. Парогазотурбинная установка.
37. Пути совершенствования ПТУ на органическом топливе.
38. Применение ПТУ.

## 5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *5.1. Основная литература:*

1. **И. В. Возницкий.** Судовые двигатели внутреннего сгорания, том 1: М. Моркнига, 2008. 282с.
2. **И. В. Возницкий, А.С. Пунда.** Судовые двигатели внутреннего сгорания, том 2: М. Моркнига, 2008. 470с.
3. **Труднев, Сергей Юрьевич.** Электрическое движение на морских судах: [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. Ю. Труднев, А.Н. Рак - Текстовое (символьное) электронное издание. - Новокузнецк: Издательство «Знание-М», 2022. - 1 электрон. опт. диск (CD-R). - Сист. требования: IBM PC, любой, более 1 GHz ; 512 Мб RAM; 10 Мб HDD; MS Windows XP и выше; CD/DVD-ROM дисковод, мышь; Adobe Reader 8.0 и выше. - 350 с.

### *5.2. Дополнительная литература:*

1. **Рак А.Н.** Особенности расчета параметров вспомогательно-аварийного движения на морских судах с комбинированным дизель-электрическим движителем / А.Н. Рак, С.Н. Царенко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. - 2021. - Т. 13. - № 1. - С. 115–125.
2. **Судовой механик:** Справочник / Авт. кол.: Под редакцией А.А. Фока. д-ра техн. наук. судового старшего механика – В 3-х томах. – Т.1. – Одесса: Феникс. 2008. -1036с.
3. **Судовой механик:** Справочник / Авт. кол.: Под редакцией А.А. Фока. д-ра техн. наук. судового старшего механика – В 3-х томах. – Т.2. – Одесса: Феникс. 2010. -1032с.

### *5.3 Методические указания*

### *5.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»*

1. Российское образование. Федеральный портал: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.edu.ru>
2. Электронно-библиотечная система «eLibrary»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Буквоед»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://91.189.237.198:8778/poisk2.aspx>

## 6 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

## ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методика преподавания данной дисциплины предполагает чтение лекций, проведение практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций по отдельным специфическим проблемам дисциплины. Предусмотрена самостоятельная работа студентов, а также прохождение аттестационных испытаний промежуточной аттестации (экзамен).

*Лекции* посвящаются рассмотрению наиболее важных и общих вопросов.

*Целью проведения практических занятий* является закрепление знаний обучающихся, полученных ими в ходе изучения дисциплины на лекциях и самостоятельно.

При изучении дисциплины используются интерактивные методы обучения, такие как:

- проблемная лекция, предполагающая изложение материала через проблемность вопросов, задач или ситуаций. При этом процесс познания происходит в научном поиске, диалоге и сотрудничестве с преподавателем в процессе анализа и сравнения точек зрения;
- лекция-визуализация - представление материала осуществляется средствами технических средств обучения с кратким комментированием демонстрируемых визуальных материалов (презентаций).

## 7 КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

По дисциплине не предусмотрено выполнение курсового проекта.

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

### *8.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса*

- электронные образовательные ресурсы, представленные выше;
- использование слайд-презентаций;
- интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством электронной почты.

### *8.2 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса*

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

- текстовый редактор MicrosoftWord;
- пакет Microsoft Office;
- электронные таблицы MicrosoftExcel;
- презентационный редактор MicrosoftPowerPoint.

### *8.3 Перечень информационно-справочных систем*

- справочно-правовая система Консультант-плюс <http://www.consultant.ru/online>
- справочно-правовая система Гарант <http://www.garant.ru/online>

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. **Лекционные занятия:** проводятся в аудиториях учебных корпусов согласно расписанию. Аудитория должна соответствовать стандартным требованиям, предъявляемым к лекционным аудиториям. К оснащению лекционных аудиторий требования не предъявляются.
2. **Практические работы:**

- учебный кабинет;
  - доска классная;
  - 25 посадочных мест;
  - Стеллажи для приборов и оборудования;
  - Шкафы для приборов и оборудования;
  - Рабочее место преподавателя;
  - Амперметры;
  - Вольтметры;
  - Однофазные ваттметры;
  - Однофазные и трехфазные фазометры;
  - Магазины сопротивлений;
  - Осциллографы;
  - Реостаты;
  - Катушки индуктивности;
  - Автотрансформаторы;
  - Комплекты измерительных приборов (К-50)
  - Для эффективной работы студент может использовать пакеты ПО общего назначения: Microsoft Word; Microsoft Excel;
  - Специализированные программы: Mathcad.
- мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор);
  - презентации в PowerPoint по темам курса.

**Дополнения и изменения в рабочей программе на \_\_\_\_\_ учебный год**

В рабочую программу по дисциплине «Судовые энергетические установки» по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» для направленности (профиля) «Электрооборудование и автоматика судов» вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес \_\_\_\_\_

(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭУЭС \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202 г.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
подпись / ФИО

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет

*Мореходный*

\_\_\_\_\_ (наименование факультета, к которому относится кафедра)

«УТВЕРЖДАЮ»  
Декан мореходного факультета  
\_\_\_\_\_ Труднев С. Ю.  
«23» октября 2024 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине

*Судовые энергетические установки*

\_\_\_\_\_ (наименование дисциплины)

по направлению  
(специальности)

*13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»*

\_\_\_\_\_ (шифр и направление направления, специальности)

Составитель фонда оценочных средств

*доцент кафедры ЭУЭС*  
(должность, ученое звание, степень)

*Жуков С.А.*  
(Ф.И.О.)

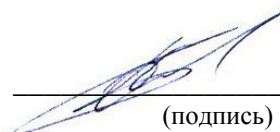


(подпись)

Фонд оценочных средств рассмотрен на заседании кафедры ЭУ и ЭС «17» октября 2014 г.

Заведующий кафедрой

«23» октября 2024 г.



(подпись)

Белов О.А.  
(Ф.И.О.)

АКТУАЛЬНО НА

2025 /2026 учебный год



(подпись)

Белов О.А.  
(Ф.И.О. завкафедрой)

20\_\_\_/20\_\_\_ учебный год

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Белов О.А.  
(Ф.И.О. завкафедрой)

**ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Судовые энергетические установки»

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролирующей компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1.	Общие сведения о СЭУ	ПК-2	Контрольный лист; Тестовое задание № 1 «Принцип действия и устройство судового дизеля». Комплект карточек из 25 штук. В каждой карточке по одному вопросу
2.	Принцип действия судовых двигателей внутреннего сгорания	ПК-2	Контрольный лист
3.	Режимы работы судовых дизелей	ПК-2	Тренажерный комплекс «Дизельсим»
4.	Автоматизация судовых дизелей	ПК-2	Программный комплекс «Юнитест»
5.	Судовые котельные и водоопреснительные установки	ПК-2	Программный комплекс «Юнитест»
6.	Судовые системы	ПК-2	Тестовые задания
7.	Вспомогательные механизмы	ПК-2	Тестовые задания

Вопросы к промежуточной аттестации

1. Принцип действия и индикаторная диаграмма четырехтактного дизеля.
2. Принцип действия и индикаторная диаграмма двухтактного дизеля.
3. Круговая диаграмма газораспределения четырехтактного двигателя.
4. Круговая диаграмма газораспределения двухтактного двигателя.
5. Классификация и маркировка судовых дизелей.
6. Основные понятия и определения из области судовых дизелей: мертвые точки, ход поршня, радиус кривошипа, рабочий цикл, такт.
7. Основные узлы и системы дизеля.
8. Остов дизеля, его назначение, состав и конструктивные формы.
9. Фундаментная рама, ее назначение, составные части, материалы и способы изготовления.
10. Рамовые подшипники, их назначение и состав. Антифрикционные материалы, способы подвода смазочного масла.
11. Рабочие цилиндры, назначение, состав.
12. Цилиндровые втулки, назначение, состав, материалы и способы изготовления. Условия работы цилиндровых втулок.
13. Крышки цилиндров, назначение, составные части, материалы и способы изготовления.

14. Условия работы цилиндрических крышек. Элементы, размещенные на крышках, их назначение.
15. Типы и состав КШМ. Поршни. Назначение, составные части, материалы изготовления. Условия работы поршней.
16. Шатуны и шатунные болты. Назначение, составные части, материалы и способы изготовления.
17. Условия работы шатунов и шатунных болтов. Требования к шатунным болтам.
18. Коленчатые валы. Назначение, составные части, материалы и способы изготовления. Условия работы и основные неисправности коленчатых валов.
19. Состав, назначение, принцип действия газораспределительного механизма.
20. Клапаны рабочих цилиндров. Назначение, составные части, материалы и способы изготовления. Условия работы и основные неисправности клапанов.
21. Распределительные валы и их приводы, сравнительная характеристика. Частота вращения распределительного вала.
22. Виды продувок двухтактных дизелей, их сравнительная характеристика.
23. Сущность и способы (схемы) наддува. Агрегаты для наддува двух- и четырехтактных дизелей.
24. Способы получения и виды судовых топлив, их сравнительная характеристика. Марки топлив, их основные физико-химические характеристики.
25. Топливная система. Состав, назначение, принципиальная схема.
26. Способы очистки топлив. Оборудование топливной системы.
27. Топливные насосы высокого давления. Типы, способы изменения величины цикловой подачи, принцип действия золотникового насоса и его составные части.
28. Форсунки. Назначение, устройство, принцип действия. Основные неисправности форсунок.
29. Моторные масла, их классификация. Физико-химические показатели масел.
30. Принципиальная схема системы смазки дизеля, назначение, составные элементы.
31. Устройства для очистки и охлаждения смазочного масла.
32. Система охлаждения дизеля пресной водой. Назначение, состав, принцип их действия. Оборудование системы.
33. Система охлаждения дизеля пресной водой. Назначение, состав, принцип их действия. Оборудование системы.
34. Физическая сущность запуска дизеля. Способы пуска: вручную, сжатым воздухом, электростартером.
35. Пуск дизеля сжатым воздухом. Состав и принцип действия воздушной пусковой системы.
36. Система сжатого воздуха. Состав, назначение, принцип действия. Воздушные баллоны и компрессоры.
37. Способы реверса двигателя. Реверс-редуктор, принцип действия и устройство.
38. Регуляторы частоты вращения дизелей, назначение, принцип действия, типы регуляторов.
39. Определение направления двигателя и порядка работы цилиндров.
40. Проверка положения мертвых точек КШМ.
41. Проверка и регулировка фаз газораспределения.
42. Проверка и регулировка угла опережения подачи топлива и «нулевой» подачи ТНВД.
43. Принципиальная схема судовой котельной установки, ее составные части и их взаимодействие. Потребители пара на судне.
44. Классификация и маркировка судовых котлов. Основные поверхности и пространства. Параметры котлов.
45. Воздухонаправляющие устройства. Форсунки, устройство, принцип действия, сравнительная характеристика.
46. Арматура котла. Классификация арматуры по месту расположения и назначению.
47. Устройство и работа предохранительного клапана котла.

48. Устройство и работа водоуказательного прибора.
49. Назначение и устройство стопорного и питательного клапанов парового котла.
50. Типы насосов, используемых на судах, их классификация, область применения и сравнительная характеристика.
51. Составные части насосной установки. Параметры насосов.
52. Принцип действия и составные части поршневого насоса.
53. Принцип действия и устройство центробежного насоса.
54. Принцип действия, устройство и назначение вихревых насосов.
55. Методы опреснения, применяемые на судах. Устройство и работа вакуумной водоопреснительной установки.
56. Назначение и типы якорно-швартовных механизмов. Требования Морского Регистра Судоходства к якорно-швартовным механизмам.
57. Система охлаждения пресной водой судового дизеля как объект регулирования.
58. Система охлаждения забортной водой судового дизеля как объект регулирования.
59. Топливная система судового дизеля как объект регулирования.
60. Система смазки судового дизеля как объект регулирования.
61. Система сжатого воздуха судового дизеля как объект регулирования.
62. Паровой котел и его системы (топливная, питательная) как объект регулирования.
63. Водоопреснительная установка как объект регулирования.
64. Типовая схема главной ЭУ с прямой передачей мощности. Состав, особенности работы, достоинства и недостатки.
65. Типовая схема главной ЭУ с дизель-редукторным агрегатом. Состав, особенности работы, достоинства и недостатки.
66. Типовая схема главной ЭУ с электрической передачей мощности. Состав, особенности работы, достоинства и недостатки.
67. Нагрузочная и винтовая характеристики дизеля.
68. Регуляторная характеристика дизеля. Настройка дизелей на параллельную работу.



ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов

Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### **ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 1**

Круговая и индикаторная диаграммы четырехтактного двигателя без наддува.

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов

Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### **ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 2**

Круговая и индикаторная диаграммы двухтактного двигателя.

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов

Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### **ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 3**

Классификация и маркировка судовых дизелей. Область применения различных типов дизелей в судовых условиях

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

#### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 4

Основные понятия и определения: ход поршня, радиус кривошипа, рабочий цикл, такт.

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

#### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 5

Круговая и индикаторная диаграмма четырехтактного дизеля с наддувом

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

#### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 6

Развернутая индикаторная диаграмма. Определение среднего индикаторного давления

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 7

Скоростные и нагрузочные характеристики двигателей. Какие машины работают по скоростным, какие — по нагрузочным характеристикам?

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 8

Свернутая индикаторная диаграмма двухтактного дизеля. Определение среднего индикаторного давления, его значение

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 9

Статическая характеристика регулятора частоты вращения дизеля, ее снятие.

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 10

Среднее индикаторное давление. Способ определения. Как используется найденная величина и от чего она зависит?

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 11

Сущность и способы (схемы) наддува. Как наддув влияет на мощность дизеля и почему?

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 12

Укажите основные параметры центробежного насоса. Поясните, от чего зависит мощность, потребляемая его электродвигателем?

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 13

Круговая и индикаторная диаграммы четырехтактного двигателя без наддува. Её назначение и способ получения.

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 14

Круговая и индикаторная диаграммы двухтактного двигателя. Что с их помощью можно определить?

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 15

Требования Морского Регистра Судоходства к РЧВ. Ввод дизелей в параллельную работу.

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 16

Основные понятия и определения из теории ДВС: ход поршня, радиус кривошипа, рабочий цикл, такт.

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 17

Классификация РЧВ, структурная схема РЧВ, статическая и динамическая характеристики.

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»  
Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов  
Дисциплина «Судовые энергетические установки»

### ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 18

Параллельная работа дизель-генераторов. Распределение нагрузки между ними.

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_.

ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»

Кафедра энергетические установки и электрооборудование судов

Дисциплина «Судовые энергетические установки»

**ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ № 19**

Статическая характеристика регулятора частоты вращения дизеля.

Заведующий кафедрой ЭУ  
к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Белов О.А.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ЭУ ЭС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» \_\_\_\_\_  
201\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_.



Факультет МОРЕХОДНЫЙ

КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТ

оценки остаточных знаний по дисциплине: Судовые энергетические установки

Специальность/направление 13.03.02 «Электроэнергетика и электрооборудование»

Группа \_\_\_\_\_

Ф.И.О. студента (студента): \_\_\_\_\_

Дата проведения оценки остаточных знаний: \_\_\_\_\_

Тестовые вопросы по дисциплине «СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ»

1. Рабочий цикл четырехтактного дизеля длится:
  - 360 градусов поворота коленчатого вала;
  - 180 градусов поворота коленчатого вала;
  - 720 градусов поворота коленчатого вала;
  - один полный оборот коленчатого вала;
  - 540 градусов поворота коленчатого вала.
2. Ход поршня дизеля равен:
  - расстоянию, проходимому поршнем от ВМТ до НМТ;
  - расстоянию, проходимому поршнем от НМТ до ВМТ;
  - двум радиусам кривошипа коленчатого вала;
  - все ответы неправильные;
  - все ответы правильные.
3. Такт — это:
  - расстояние, проходимое поршнем между мертвыми точками;
  - часть рабочего цикла, протекающая на протяжении одного хода поршня;
  - длина окружности, описываемая центром мотылевого подшипника;
  - удвоенный радиус кривошипа;
  - угол между моментом открытия и закрытия впускного клапана.
4. Угол запаздывания закрытия выпускного клапана — это:
  - угол от момента начала впрыска топлива до ВМТ;
  - угол от момента закрытия клапана до момента достижения НМТ;
  - угол между ВМТ и моментом закрытия клапана;
  - угол между моментом открытия впускного клапана и моментом закрытия выпускного;
  - угол, во время которого происходит выпуск газов из цилиндра.
5. Угол перекрытия клапанов — это:
  - угол, когда впускной и выпускной клапаны одновременно закрыты;
  - угол от момента открытия клапана до момента достижения ВМТ;
  - угол между НМТ и моментом закрытия клапана;
  - угол, во время которого происходит наполнение цилиндра воздухом;
  - угол между моментом открытия впускного клапана и моментом закрытия выпускного.



6. Эффективный КПД дизеля — это:
- индикаторная мощность за вычетом механических потерь;
  - отношение эффективной мощности к мощности, выделившейся в цилиндрах при горении топлива;
  - эффективная мощность на холостом ходу;
  - отношение эффективной мощности к индикаторной;
  - отношение мощности механических потерь к индикаторной мощности;
  - отношение индикаторной мощности к механической.
7. Механический КПД дизеля — это:
- отношение эффективной мощности к индикаторной;
  - отношение эффективной мощности к мощности, выделившейся в цилиндрах при горении топлива;
  - эффективная мощность за вычетом механических потерь на привод распределительного вала и навешенных механизмов;
  - индикаторная мощность за вычетом механических потерь;
  - отношение мощности механических потерь к индикаторной мощности;
  - отношение индикаторной мощности к механической.
8. Порядок работы дизеля — это:
- последовательность цилиндров по порядку с носа в корму;
  - последовательность цилиндров по порядку с кормы в нос;
  - последовательность чередования вспышек в цилиндрах, начиная с первого;
  - последовательность чередования вспышек в цилиндрах, начиная с последнего;
  - последовательность чередования фаз газораспределения в цилиндре;
  - последовательность действий при подготовке дизеля к действию.
9. Частота вращения распределительного вала двухтактного дизеля равна:
- частоте вращения коленчатого вала;
  - половине частоты вращения коленчатого вала;
  - у двухтактного дизеля нет распределительного вала;
  - удвоенной частоте вращения коленчатого вала;
  - номинальной частоте вращения дизеля.
10. Частота вращения распределительного вала четырехтактного дизеля равна:
- половине частоты вращения коленчатого вала;
  - частоте вращения коленчатого вала;
  - удвоенной частоте вращения коленчатого вала;
  - номинальной частоте вращения дизеля;
  - минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала.
11. Индикаторная диаграмма — это:
- зависимость объема камеры сгорания от угла поворота кривошипа;
  - зависимость степени сжатия от величины угла опережения подачи топлива;
  - зависимость давления в цилиндре от объема цилиндра;
  - зависимость угла отклонения шатуна от вертикали от угла поворота кривошипа;
  - зависимость степени повышения давления от количества поданного топлива.
12. Степень сжатия — это:
- предельная компрессия в цилиндре;
  - давление в момент достижения ВМТ;
  - отношение полного объема цилиндра к объему камеры сжатия;
  - отношение полного объема цилиндра к полезному ходу поршня;
  - максимальное давление цикла;
  - произведение давления в конце наполнения на степень повышения давления.
13. При помощи индикаторной диаграммы НЕЛЬЗЯ:
- определить индикаторную работу в цилиндре;
  - найти эффективную мощность дизеля;

- определить давление сжатия;
- проверить давление сгорания;
- определить полный объем цилиндра;
- отметить момент начала впрыска топлива в цилиндр.

14. Среднее индикаторное давление измеряют при помощи:

- максиметра;
- индикатора;
- манометра;
- его вычисляют по площади индикаторной диаграммы;
- его рассчитывают при помощи круговой диаграммы газораспределения;
- тахометра.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Камчатский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Кафедра энергетических установок и электрооборудования судов

**С. В. Гаврилов**

# **СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**

*Программа, методические указания и контрольные задания  
для учащихся направления подготовки 13.03.02  
"Электроэнергетика и электротехника" заочной формы  
обучения*

Петропавловск-Камчатский  
2024

Рецензент  
Бонк А.А.  
к.б.н., доцент, заведующий кафедрой ВБ  
ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»

**Гаврилов Сергей Витальевич**

Судовые энергетические установки: программа, методические указания и контрольные задания для обучающихся направления подготовки 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" заочной формы обучения / С. В. Гаврилов. — Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2024. — 33 с.

## Содержание

1. Краткая характеристика дисциплины	4
2. Цели и задачи изучения дисциплины	5
3. Содержание дисциплины	6
3.1. Лекционный курс	6
3.2. Самостоятельная работа	11
4. Вопросы к итоговой аттестации	12
5. Рекомендуемая литература	14
6. Контрольная работа	
6.1. Контрольное задание	16
6.2. Контрольные вопросы	29
7. Итоговый тест	32

## 1. Краткая характеристика дисциплины

Дисциплина «Судовые энергетические установки (СЭУ)» является связующим звеном между гуманитарным, социальным, естественно-научным и математическим циклами и базовой профессионального цикла, изучаемыми на протяжении всех курсов обучения, показывая их тесную взаимосвязь и взаимовлияние.

В процессе прохождения дисциплины «СЭУ» обучающийся должен ориентироваться на осознание того факта, что принцип действия и работа различных судовых технических средств базируются на общих физических законах и являются конструктивным воплощением и частными случаями всеобщего закона сохранения — основного закона природы. Поэтому все процессы, протекающие в элементах СЭУ, должны рассматриваться через призму энергетических, материальных, тепловых и экономических балансов.

Дисциплина изучает:

— типовые схемы энергетических установок, область их применения, достоинства и недостатки;

— принципы действия и устройство основных типов судовых механизмов (двигателей внутреннего сгорания, турбомашин, паровых котлов, опреснительных установок, теплообменных аппаратов, обслуживающих их механизмов и систем);

— характер изменения основных показателей перечисленных типов энергетического оборудования на различных режимах его работы;

— характеристики источников и потребителей тепловой, механической и электрической энергии;

— поведение энергетических объектов как потенциальных объектов автоматизации;

— требования классификационных обществ к судовым техническим средствам.

Дисциплина состоит из следующих разделов:

1. Общие сведения о СЭУ. Типовые схемы ЭУ.
2. Судовые дизели.
3. Характеристики дизелей. Регуляторы числа оборотов.
4. Судовая котельная установка.
5. Вспомогательные механизмы и системы.

В результате изучения дисциплины студенты получают знания в области процессов, протекающих в судовом энергетическом оборудовании, изучают устройство паровых котлов, опреснителей, теплообменных аппаратов, методики выбора безопасных и экономичных режимов работы, полу-

чат сведения о принципах организации технической эксплуатации элементов СЭУ. Это позволит обеспечить надежную, экономичную и безопасную эксплуатацию судов различных типов морского транспортного и рыбопромыслового флота.

## 2. Цели и задачи изучения дисциплины

*Целью дисциплины «СЭУ»* является подготовка будущих специалистов в области теплоэнергетики и судовой техники.

*Задачами изучения* дисциплины является изучение принципа действия и особенностей функционирования основных технических средств промысловых и транспортных судов, их как особенностей, как потенциальных объектов автоматизации, а также современных требований, предъявляемых к СЭУ в целом и к их отдельным элементам в частности национальными правилами и международными конвенциями.

В соответствии с требованиями будущий специалист, изучивший дисциплину, должен *иметь представление*:

- об истории развития судовых энергетических установок как составляющей технического прогресса;
- о направлениях развития и совершенствования судовых технических средств;
- об общих принципах развития теплотехнической науки и энергетического машиностроения.

Он должен *знать*:

- состав и назначение СЭУ и ее отдельных элементов;
- особенности процессов, протекающих в судовых технических средствах и поведение технических средств в качестве потенциальных объектов автоматизации;
- методы нормирования и учета расхода горюче-смазочных материалов на судне;
- основные принципы компоновки СЭУ, взаимодействие ее различных элементов;
- структуру технической эксплуатации СЭУ, основы технического использования, технического обслуживания и ремонта судовых технических средств;
- основные режимы работы, основные параметры энергетического оборудования, подлежащие автоматизации;
- виды надзора за СЭУ, надзорные и классификационные органы.

Студент должен *уметь*:

- использовать теоретический материал по технической эксплуатации СЭУ для выбора наиболее оптимальных режимов ее эксплуатации;
- применять методы сбережения энергоресурсов на судне;

— при необходимости суметь в порядке взаимозаменяемости судового персонала в экстремальных условиях заменить вахтенного механика;

— самостоятельно обеспечить запуск, управление и остановку основных судовых механизмов, в том числе двигателей внутреннего сгорания и вспомогательного котла;

— произвести оценку эффективности выбранных режимов работы судовых технических средств и разработать предложения по их оптимизации.

— осуществлять безопасное техническое использование, техническое обслуживание и ремонт судов и их механического и электрического оборудования в соответствии с международными и национальными требованиями;

— выполнять диагностирование судового механического и электрического оборудования;

— устанавливать причины отказов судового оборудования, определять и осуществлять мероприятия по их предотвращению;

Он должен *приобрести навыки*:

— использования специальной терминологии в области судостроения и эксплуатации судовых технических средств;

— методов контроля и нормирования эксплуатационных показателей СЭУ;

— ведения самостоятельного библиографического поиска;

— рациональной организации эффективной самостоятельной работы;

— чтения и составления кинематических и принципиальных схем основных судовых механизмов и систем.

### 3. Содержание дисциплины

В состав дисциплины входят лекционный курс, практические занятия, самостоятельная работа, в том числе, выполнение контрольной работы.

#### 3.1. Лекционный курс

##### 3.1.1. *Дизельные судовые энергетические установки*

Условия работы дизельной СЭУ зависят от типа и назначения судна, района плавания и вида выполняемой работы, объекта промысла, времени года. Принципиально все режимы можно объединить в четырех состав-



ляющих, называемых «элементами рейса»: стоянка в порту, стоянка в море, переход и промысел.

Работа СЭУ на промысле имеет ряд особенностей, заключающихся в том, что траление, являющееся буксировочным режимом, требует особого внимания из-за того, что двигатель работает в наиболее неблагоприятных условиях. Мощность, необходимая для буксировки трала, не является постоянной, она изменяется в широких пределах в зависимости от конкретных условий промысла, характера грунта, типа промыслового вооружения, скорости траления, состояния моря и прочих.

В результате изучения темы учащийся должен знать законы и принципы регулирования и управления судовых двигателей, уметь правильно выбирать режимы их работы с учетом недопущения тепловых и механических перегрузок, достижения наивысшей экономичности.

Основные вопросы темы:

- классификация и состав СЭУ [2, с. 16—22; 3, с. 20—26];
- характеристика СЭУ как пропульсивного комплекса [2, с. 29—31, 37—40; 3, 15—20];
- типы главных энергетических установок, их особенности и комплектация [2, с. 16—24; 3, с. 20—26];
- режимы и особенности эксплуатации дизельных СЭУ [1, с. 158—159; 2, с. 31—32];
- скоростные и нагрузочные характеристики двигателей [1, с. 159—161; 2, с. 32—34; 4, с. 6—8];
- винтовые характеристики, «тяжелый» и «легкий» гребной винт [1, с. 159; 2, с. 32—33; 4, с. 8—11];
- эксплуатационные режимы СЭУ. Режим длительной мощности главного двигателя [1, с. 158; 2, с. 136—141].

#### Контрольные вопросы

1. Перечислите состав, изобразите различные схемы главной энергетической установки промысловых и транспортных судов: с прямой передачей, дизель-редукторный агрегат с валогенератором и без.

2. Охарактеризуйте особенности поведения двигателей при пусках, реверсах, сбросах и приеме нагрузки. Результаты, к которым может привести несоблюдение правил управления двигателями на этих режимах.

3. Скоростные и нагрузочные характеристики двигателей.

4. Изобразите винтовые характеристики двигателей, работающих на винты регулируемого и нерегулируемого шага, поясните их отличие.

5. «Легкий» и «тяжелый» винты. Факторы, способствующие утяжелению и облегчению винтовых характеристик.

6. Понятие тепловой и механической напряженности двигателя, факторы, на нее влияющие.

7. Принципы регулирования и управления судовых двигателей.

### 3.1.2. Судовые двигатели внутреннего сгорания

В ходе изучения темы следует обратить особое внимание на условия работы и требования к конструкции судовых двигателей. В итоге изучения темы учащийся должен понимать принцип их действия, факторы, влияющие на их экономичность и надежность, уметь изображать теоретические циклы в координатах  $p$ — $V$  и  $T$ — $S$ .

Основные вопросы темы:

- принцип действия, индикаторная диаграмма и круговая диаграмма газораспределения четырехтактного двигателя [1, с. 7—13; 2, с. 93—97];
- принцип действия, индикаторная диаграмма и круговая диаграмма газораспределения двухтактного двигателя [1, с. 11; 2, с. 96];
- составные части, узлы и системы судовых двигателей [1, с. 25—48; 2, с. 100—117];
- классификация и маркировка судовых двигателей [1, с. 21—25; 2, с. 93—95];
- основные параметры, индикаторные и эффективные показатели работы. Методы оценки мощности двигателей [1, с. 19—21; 2, с. 97];
- теплотехнический контроль работы главных двигателей на судне [1, с. 176—180];
- основные операции по техническому использованию и техническому обслуживанию судовых двигателей [1, с. 161—166; 2, с. 159—161].

#### Контрольные вопросы

1. Назовите основные узлы, детали и системы судового двигателя.
2. Принципиальные отличия двухтактного двигателя от четырехтактного.
3. Признаки, по которым классифицируют судовые двигатели, их маркировка.
4. Основные узлы, детали и системы двигателя.
5. Назовите основные параметры, характеризующие экономичность двигателя.
6. Изобразите индикаторные диаграммы двух и четырехтактных двигателей, поясните, в чем проявляется их отличие?
7. Круговые диаграммы газораспределения двух- и четырехтактных двигателей. Процессы и характерные углы, изображенные на них.

### 3.1.3. Двигатель как регулируемый объект

Регулирование частоты вращения судовых двигателей является сложным процессом, связанным с изменением тепловых, механических и газодинамических параметров, зависящих от нагрузки и частоты вращения коленчатого вала. Величина механической работы, производимой двигателем, зависит от внешних условий (например, осадки судна или волне-

ния моря для главного, случайности включения и отключения потребителей электроэнергии для вспомогательного).

При снижении или увеличении внешней нагрузки необходимо уменьшать или увеличивать подачу топлива в цилиндры, то есть соблюдать равенство между подводимой и отводимой энергией. В противном случае будет резко колебаться частота вращения коленчатого вала, приводя к опасным состояниям, способным вызвать аварию двигателя.

Подачу топлива в цилиндр осуществляет топливная аппаратура, управляемая регулятором частоты вращения (РЧВ) двигателя.

Основные вопросы темы:

- статическая характеристика РЧВ [3, с. 228—229];
- степень неравномерности регулирования [3, с. 229—230];
- принципиальная схема работы регулятора частоты вращения типа «Вудвард» [3, с. 230—231];
- параллельная работа дизельгенераторов. Распределение нагрузки между ними [3, с. 120—121; 8, с. 11—13];
- скоростные и нагрузочные характеристики двигателей [4, с. 6—11];
- условия применения РЧВ [4, с. 13—15];
- классификация РЧВ [4, с. 15—18];
- структурная схема РЧВ, статическая и динамическая характеристики. Методы настройки [4, с. 18—25];
- устройство и работа однорежимного РЧВ прямого действия [4, с. 27—31];
- устройство и работа всережимного РЧВ прямого действия [4, с. 31—38];
- устройство и работа РЧВ непрямого действия [4, с. 44—51];
- требования Морского Регистра Судоходства к РЧВ [4, с. 3—4].

#### Контрольные вопросы

1. Назначение, состав, типы регуляторы частоты вращения дизелей.
2. Принцип действия простейшего РЧВ прямого действия.
3. Принцип действия РЧВ непрямого действия.
4. Регуляторная характеристика. Настройка дизелей на параллельную работу.
5. Статическая характеристика РЧВ, степень неравномерности регулирования.
6. Основные требования Морского Регистра Судоходства к РЧВ.

#### 3.1.4. Судовые котельные установки

В процессе изучения темы следует познакомиться с основной терминологией, используемой в области судовых котельных установок, разобраться в принципиальной схеме котельной установки. Особое внимание

следует уделить изучению факторов, влияющих на экономичность паровых котлов, а значит — на себестоимость производимого ими пара.

Основные вопросы темы:

— принцип действия и устройство водотрубного котла [1, с. 206—207; 2, с. 63—66];

— принцип действия и устройство газотрубного и комбинированного котла [1, с. 205—206];

— состав и схема котельной установки, системы и механизмы, обслуживающие котлы, и их взаимодействие [1, с. 203—204];

— основные параметры и классификация паровых котлов [2, с. 62—63];

— основные принципы утилизации тепла в СЭУ. Утилизационные котлы [1, с. 207—208; 2, с. 151—156];

— принципы автоматизации судовых котельных установок [1, с. 212—218];

— надзор за техническим состоянием вспомогательных котельных установок и их освидетельствование [1, с. 218—219].

#### Контрольные вопросы

1. Принципиальное отличие газо и водотрубных котлов. Достоинства и недостатки, присущие этим видам котельной техники.

2. Основные показатели, характеризующие паровой котел как теплообменник.

3. Основные элементы, образующие газо и водотрубные котлы, их назначение.

4. Виды и сроки освидетельствования паровых котлов со стороны Морского Регистра Судоходства.

5. Основная котельная арматура, ее назначение и места расположения.

6. Причины и последствия упуска воды из котла.

7. Основные правила техники безопасности при эксплуатации паровых котлов.

#### 3.1.5. Судовые системы и насосы

В процессе изучения темы следует изучить классификацию и назначение судовых систем, выяснить назначение и познакомиться с конструкцией их элементов, ознакомиться с требованиями Морского Регистра Судоходства.

При рассмотрении конструкций судовых насосов необходимо понять принцип их действия, процессы, протекающие в их проточной части, познакомиться с основными характеристиками (подачей, напором, КПД). Особое внимание при изучении принципа действия насосов следует обратить на взаимосвязь их геометрических характеристик, напора и мощности.

Основные вопросы темы:

— классификация судовых систем, их трубопроводы и арматура [5, с. 323—324];

— системы, обслуживающие энергетическую установку [5, с. 41—44, 59];

— общесудовые системы [5, с. 47—58; 7, с. 242—248];

— судовые насосы, разновидности, классификация, принцип действия [5, с. 167—173].

#### Контрольные вопросы

1. Признаки, по которым классифицируют судовые системы.
2. Назначение трюмных систем.
3. Признаки, по которым классифицируют судовые насосы. Особенности различных типов насосов, области их применения.
4. Основные параметры центробежного насоса, их влияние на мощность, потребляемую его электродвигателем.
5. Правила эксплуатации общесудовых систем и их насосов.
6. Меры противопожарной защиты судов.

#### 3.6. Тема 6. Рулевые устройства и палубные механизмы

При знакомстве с рулевыми машинами, якорно-швартовными и грузовыми механизмами особое внимание следует обратить на требования Морского Регистра Судоходства, предъявляемые к этим устройствам.

Основные вопросы темы:

- рулевые приводы [1, с. 220—223; 2, с. 232—233];
- рулевые машины, их разновидности, устройство, принцип действия. Правила Морского Регистра Судоходства [1, с. 223—227; 2, с. 234—237];
- якорно-швартовные механизмы, их разновидности, устройство и принцип действия. Правила Морского Регистра Судоходства [1, с. 230—236; 2, с. 238—246];
- грузоподъемные механизмы, их разновидности, устройство и принцип действия. Правила Морского Регистра Судоходства [1, с. 238—242; 2, с. 246—248];
- буксирные механизмы [1, с. 242—246].

#### Контрольные вопросы

1. Принцип действия рулевой электрогидравлической машины.
2. Основные требования Морского Регистра Судоходства к рулевым приводам.
3. Принцип действия электрического брашпиля. Операции, которые им можно выполнять.
4. Классификация рулевых машин, их особенности и влияние на надежность эксплуатации судна.
6. Основные конструктивные элементы якорных швартовных устройств.

#### 3.2. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа обучающегося состоит из подготовки к лекционным занятиям, выполнения контрольной работы, самостоятельной про-

работки теоретических вопросов и подготовки к итоговой аттестации. Часть вопросов теоретического характера, носящих вспомогательный характер, выносятся на самостоятельную проработку.

#### 4. Вопросы к итоговой аттестации

1. Принцип действия и индикаторная диаграмма четырехтактного дизеля.
2. Принцип действия и индикаторная диаграмма двухтактного дизеля.
3. Круговая диаграмма газораспределения четырехтактного двигателя.
4. Круговая диаграмма газораспределения двухтактного двигателя.
5. Классификация и маркировка судовых дизелей.
6. Основные понятия и определения из области судовых дизелей: мертвые точки, ход поршня, радиус кривошипа, рабочий цикл, такт.
7. Основные узлы и системы дизеля.
8. Остов дизеля, его назначение, состав и конструктивные формы.
9. Фундаментная рама, ее назначение, составные части, материалы и способы изготовления.
10. Рамовые подшипники, их назначение и состав. Антифрикционные материалы, способы подвода смазочного масла.
11. Рабочие цилиндры, назначение, состав.
12. Цилиндровые втулки, назначение, состав, материалы и способы изготовления. Условия работы цилиндровых втулок.
13. Крышки цилиндров, назначение, составные части, материалы и способы изготовления.
14. Типы и состав КШМ. Поршни. Назначение, составные части, материалы изготовления. Условия работы поршней.
16. Шатуны и шатунные болты. Назначение, составные части, материалы и способы изготовления.
17. Коленчатые валы. Назначение, составные части, материалы и способы изготовления. Условия работы и основные неисправности коленчатых валов.
18. Состав, назначение, принцип действия газораспределительного механизма.
19. Клапаны рабочих цилиндров. Назначение, составные части, материалы и способы изготовления. Условия работы и основные неисправности клапанов.
20. Виды продувок двухтактных дизелей, их сравнительная характеристика.
21. Сравнительная характеристика судовых топлив. Марки топлив, их основные физико-химические характеристики.
22. Топливная система. Состав, назначение, принципиальная схема.
23. Способы очистки топлив. Оборудование топливной системы.
24. Топливные насосы высокого давления. Типы, способы изменения

величины цикловой подачи, принцип действия золотникового насоса и его составные части.

25. Форсунки. Назначение, устройство, принцип действия, неисправности.

26. Моторные масла. Классификация масел по ГОСТ и международная. Физико-химические показатели масел.

27. Принципиальная схема системы смазки дизеля, назначение, составные элементы.

28. Устройства для очистки и охлаждения смазочного масла.

29. Система охлаждения дизеля пресной водой. Назначение, состав, принцип их действия. Оборудование системы.

30. Система охлаждения дизеля пресной водой. Назначение, состав, принцип их действия. Оборудование системы.

31. Физическая сущность запуска дизеля. Способы пуска: вручную, сжатым воздухом, электростартером.

32. Пуск дизеля сжатым воздухом. Состав и принцип действия воздушной пусковой системы. Система сжатого воздуха.

33. Принципиальная схема судовой котельной установки, ее составные части и их взаимодействие. Потребители пара на судне.

34. Классификация и маркировка судовых котлов. Основные поверхности и пространства. Параметры котлов.

35. Воздухонаправляющие устройства. Форсунки, устройство, принцип действия, сравнительная характеристика.

36. Арматура котла. Классификация арматуры по месту расположения и назначению.

37. Типы насосов, используемых на судах, их классификация, область применения и сравнительная характеристика.

38. Составные части насосной установки. Параметры насосов.

39. Принцип действия и составные части поршневого насоса.

40. Принцип действия и устройство центробежного насоса.

41. Методы опреснения, применяемые на судах. Устройство и работа вакуумной водоопреснительной установки.

42. Назначение и типы якорно-швартовных механизмов. Требования Морского Регистра Судоходства к якорно-швартовным механизмам.

43. Система охлаждения пресной водой судового дизеля как объект регулирования.

44. Система охлаждения забортной водой судового дизеля как объект регулирования.

45. Топливная система судового дизеля как объект регулирования.

46. Система смазки судового дизеля как объект регулирования.

47. Паровой котел и его системы (топливная, питательная) как объект регулирования.

48. Водоопреснительная установка как объект регулирования.

49. Типовая схема главной ЭУ с прямой передачей мощности. Состав,

особенности работы, достоинства и недостатки.

50. Типовая схема главной ЭУ с дизель-редукторным агрегатом. Состав, особенности работы, достоинства и недостатки.

51. Типовая схема главной ЭУ с электрической передачей мощности. Состав, особенности работы, достоинства и недостатки.

52. Нагрузочная и винтовая характеристики дизеля.

## 5. Рекомендуемая литература

### 5.1. Основная литература

1. *Сизых В. А.* Судовые энергетические установки. — 4-е изд., перераб. и доп., М.: Транслит, 2006. — 352 с.

2. *Овсянников М. К., Петухов В. А.* Судовые автоматизированные энергетические установки: Учебник. — М.: Транспорт, 1989. — 256 с.

### 5.2. Дополнительная литература

3. Судовые энергетические установки/ Г. А. Артемов, В. П. Волошин, Ю. В. Захаров, А. Я. Шквар. — Л.: Судостроение, 1987. — 480 с.

4. *Архангельский В. С.* Регуляторы частоты вращения судовых дизелей. — 2-е изд. перераб. и доп. — Л.: Судостроение, 1989. — 176 с.

5. *Сизых В. А.* Судовые энергетические установки. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Транслит, 2006. — 352 с.

6. *Ермошкин Н. Г., Калугин В. Н., Корнилов Э. В.* Судовые установки очистки сточных вод: способы очистки, устройство и эксплуатация. — Одесса, 2004. — 56 с.

7. *Ермошкин Н. Г., Калугин В. Н., Корнилов Э. В.* Судовые установки очистки нефтесодержащих вод: методы и схемы очистки, устройство и эксплуатация. — Одесса, 2004. — 44 с.

8. *Корнилов Э. В., Голофастов Э. И.* Главные среднеоборотные дизели морских судов (конструкция, эксплуатация). — Одесса, 2008. — 296 с.

9. *Возницкий И. В.* Современные судовые среднеоборотные двигатели. Учебное пособие. — СПб., 2005. — 142 с.

10. *Возницкий И. В.* Современные судовые малооборотные двухтактные двигатели. Учебное пособие. — СПб., 2006. — 122 с.



## 6. Контрольная работа

Контрольная работа состоит из двух заданий. Первое задание содержит *восемь* задач, заключающихся в построении расчетного цикла дизеля и определении основных технико-экономических характеристик СЭУ. Второе задание заключается в письменном ответе на *пять* контрольных вопросов. Номер варианта контрольной работы выбирается *по двум последним цифрам номера зачетной книжки* учащегося при помощи табл. 1.

Таблица 1

Вариант работы	Последние цифры номера зачетной книжки				
	00	20	40	60	80
1	00	20	40	60	80
2	01	21	41	61	81
3	02	22	42	62	82
4	03	23	43	63	83
5	04	24	44	64	84
6	05	25	45	65	85
7	06	26	46	66	86
8	07	27	47	67	87
9	08	28	48	68	88
10	09	29	49	69	89
11	10	30	50	70	90
12	11	31	51	71	91
13	12	32	52	72	92
14	13	33	53	73	93
15	14	34	54	74	94
16	15	35	55	75	95
17	16	36	56	76	96
18	17	37	57	77	97
19	18	38	58	78	98
20	19	39	59	79	99

Работа выполняется в обычной ученической тетради с полями, оставленными для замечаний рецензента. Написание формул должно быть четким, с указанием и расшифровкой величин и ссылкой на источник, из которого взята формула. Единицы измерения физических величин указываются в международной системе единиц (СИ). Ответы на вопросы должны быть исчерпывающими, но краткими. Необходимые схемы и эскизы выполняются от руки. В конце работы приводится список использованной литературы, составленный в соответствии с принятыми правилами библиографического описания. На титульном листе работы необходимо указать: фамилию, имя, отчество, специальность, наименование дисциплины, шифр зачетной книжки.

## 6.1. Контрольное задание

*Задача 1.* Построить и обработать диаграмму (зависимость давления в цилиндре от объема цилиндра) расчетного цикла дизеля со смешанным подводом тепла (цикла Тринклера), рис. 1. Определить температуры и давления газа в характерных точках цикла ( $a, c, z, z', b$ ), вычислить среднее индикаторное давление графическим методом. Исходные данные для расчетов приведены в табл. 2.

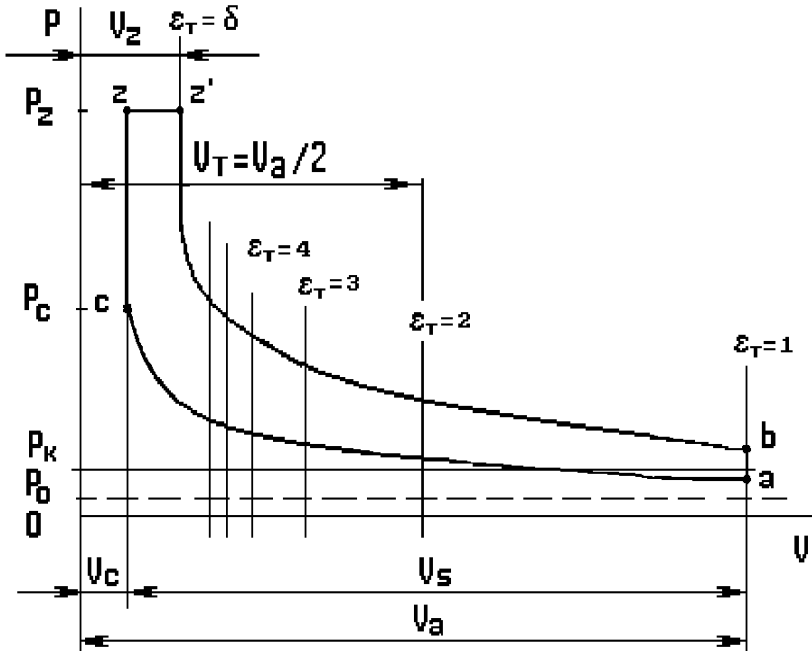


Рис. 1. Расчетный цикл Тринклера

*Основные расчетные зависимости:*

Давление в цилиндре в конце наполнения, МПа:

$$p_a = p_{\kappa} \xi,$$

где  $p_{\kappa}$  — давление наддува (задано, табл. 2);  $\xi$  — коэффициент сопротивления впускного тракта двигателя, 0,9—0,95.

Давление в конце процесса сжатия, МПа:

$$p_c = p_a \varepsilon_T^{n_1},$$

где  $\varepsilon$  — степень сжатия (задана, табл. 2);  $n_1$  — показатель политропы сжатия, 1,35—1,39.

Температура в конце сжатия, К:

$$T_C = T_a \varepsilon^{n_1 - 1}.$$

Давление сгорания, МПа:

$$p_Z = p_C \lambda,$$

где  $\lambda$  — степень повышения давления (задана, табл. 2).

Максимальная температура цикла, К:

$$T_Z = T_C \lambda \rho,$$

где  $\rho$  — степень предварительного расширения (задана, табл. 2).

Давление в конце процесса расширения, МПа:

$$p_b = p_Z / \delta^{n_2},$$

где  $\delta$  — степень последующего расширения,  $\delta = \varepsilon / \rho$ ,  $n_2$  — показатель политропы расширения, 1,25—1,3.

Температура в конце процесса расширения, К:

$$T_b = T_Z / \delta^{n_2 - 1}.$$

Таблица 2

Вариант	$p_K$ , МПа	$t_a$ , °C	$\varepsilon$	$\lambda$	$\rho$
1	0,13	80	12,0	1,25	1,50
2	0,15	70	12,0	1,35	1,60
3	0,20	56	13,0	1,45	1,30
4	0,25	67	14,5	1,50	1,35
5	0,22	60	15,0	1,30	1,70
6	0,13	60	11,5	1,25	1,75
7	0,15	75	10,5	1,20	2,00
8	0,12	76	12,0	1,35	1,50
9	0,10	68	12,5	1,45	1,60
10	0,20	70	14,0	1,40	1,60
11	0,22	75	14,0	1,55	1,90
12	0,23	68	13,5	1,50	1,95
13	0,24	60	13,0	1,60	1,65
14	0,26	69	12,5	1,25	1,65
15	0,18	70	12,0	1,35	1,95
16	0,15	65	11,0	1,50	1,55
17	0,20	70	10,5	1,40	1,70
18	0,13	75	16,0	1,45	1,70
19	0,13	65	12,0	1,55	1,90
20	0,14	65	13,5	1,35	1,55

После определения температур и давлений газов приступают к построению диаграммы расчетного цикла. Она представляет собой график зависимости давления в цилиндре от его объема (а также от положения поршня или угла поворота кривошипа).

Ее площадь пропорциональна работе цикла. Диаграмма используется для определения *среднего индикаторного давления*, знание которого позволяет вычислить *индикаторную* (то есть развиваемую внутри цилиндра без учета потерь на трение) *мощность* одного цилиндра, а затем и всего двигателя. Кроме того, внешний вид диаграммы дает представление о качестве протекающих в цилиндре процессов.

Построение диаграммы производится на листе миллиметровой бумаги формата А4. На большей стороне листа горизонтально откладывают ось объемов  $V$ , на меньшей вертикально — ось давления газов  $p$ . Диаграмму строят в следующем порядке:

1. От начала координат ( $\cdot$ )  $O$  откладывают полный объем цилиндра  $V_a = 200$  мм.

2. Определяют величину объема камеры сжатия  $V_C$ , мм:

$$V_C = V_a / \varepsilon = 200 / \varepsilon,$$

где  $\varepsilon$  — заданная степень сжатия (табл. 2).

3. Определяют величину участка предварительного расширения  $V_Z$ , мм:

$$V_Z = V_C \rho,$$

где  $\rho$  — степень предварительного расширения (табл. 2).

4. Принимают масштаб давления  $m$  равным 0,025, 0,05, 0,075 или 0,1 МПа/мм (в зависимости от величины максимального давления цикла — чем оно выше, тем меньше масштаб давления) и наносят на диаграмму линию атмосферного давления  $p_O$  и давления наддува  $p_K$ , ординаты которых равны соответственно  $p_O/m$  и  $p_K/m$ .

5. Наносят на диаграмму характерные точки цикла  $a, c, z, z', b$ , ординаты которых равны:

$$p_a/m; p_c/m; p_z/m; p_b/m.$$

6. Полученные точки  $a$  и  $c$  соединяют плавной кривой (политропой сжатия). Давления в произвольных точках процесса сжатия, МПа, определяют по уравнению

$$p_{CЖ} = p_a \varepsilon_T^{n_1},$$

где  $\varepsilon_T$  — текущая степень сжатия, изменяющаяся от 1 до  $\varepsilon$ , и показывающая отношение полного объема цилиндра  $V_a$  к текущему  $V_T$ , то есть занимаемому поршнем в какой-либо момент времени. Текущий объем цилиндра  $V_T = V_a / \varepsilon_T$  откладывается на диаграмме вправо от начала координат ( $\cdot$ )  $O$ .

7. Соединяют плавной кривой (политропой расширения) точки  $z'$  и  $b$ . Давления в произвольных точках процесса расширения, МПа, определяют по уравнению

$$p_{\text{РАСШ}} = p_b \delta_T^{n_2},$$

где  $\delta_T$  — текущая степень последующего расширения, изменяющаяся от 1 до  $\delta$ .

Расчет ординат диаграммы цикла удобно вести в форме табл. 3.

Таблица 3

$\varepsilon_T,$ $\delta_T$	$V_T=V_a/\varepsilon_T,$ мм	$p_{\text{СЖ}} = p_a \varepsilon_T^{n_1},$ МПа	$p_{\text{СЖ}},$ мм	$p_{\text{РАСШ}} = p_b \delta_T^{n_2},$ МПа	$p_{\text{РАСШ}},$ мм
1	2	3	4	5	6
1	$V_a$	$p_a$	$p_a/m$	$p_b$	$p_b/m$
2	$V_a/2=100$	$p_a \cdot 2^{n_1}$		$p_b \cdot 2^{n_2}$	
3	$V_a/3=66,6$	$p_a \cdot 3^{n_1}$		$p_b \cdot 3^{n_2}$	
4	$V_a/4=50$	$p_a \cdot 4^{n_1}$		$p_b \cdot 4^{n_2}$	
5	$V_a/5=40$	$p_a \cdot 5^{n_1}$		$p_b \cdot 5^{n_2}$	
$\delta$	$V_Z$	—	—	$p_Z$	
$\varepsilon$	$V_C$	$p_C$	$p_C/m$		

В четвертом и шестом столбцах табл. 3 указаны величины текущих давлений сжатия и расширения в принятом масштабе  $m$ ,

Пример заполнения табл. 3 показан в табл. 4.

Таблица 4

$\varepsilon_T,$ $\delta_T$	$V_T=V_a/\varepsilon_T,$ мм	$p_{\text{СЖ}} = p_a \varepsilon_T^{n_1},$ МПа	$p_{\text{СЖ}},$ мм	$p_{\text{РАСШ}} = p_b \delta_T^{n_2},$ МПа	$p_{\text{РАСШ}},$ мм
1	2	3	4	5	6
1	200	0,16	3,2	0,40	8
2	100	0,27	5,4	0,96	20
3	67	0,74	14,4	1,65	33
...					
8,8	—	—	—	6,65	132
12,5	16	5,5	110		

После построения диаграммы следует найти ее площадь  $F$ , мм<sup>2</sup> (самый примитивный метод — подсчет количества «квадратиков» внутри полученной фигуры).

Зная площадь диаграммы  $F$ , находят *среднее индикаторное давление*  $p_i$ . Это условное среднее давление, действующее на поршень на протяжении одного хода и совершающее работу, равную работе газов переменного давления за полный цикл.

Среднее индикаторное давление, найденное графически по индикаторной диаграмме, МПа:

$$p_i = \frac{F}{l} m,$$

где  $l$  — длина диаграммы, мм (отрезок, соответствующий объему  $V_S$  на рис. 1);  $m$  — масштаб диаграммы, МПа/мм.

**Задача 2.** Определить расчетным способом среднее индикаторное давление, индикаторную и эффективную мощность рассмотренного выше цикла. Найти крутящий момент, индикаторный и эффективный КПД дизеля, работающего по этому циклу, его средние индикаторный и эффективный удельные расходы топлива. Исходные данные для расчетов приведены в табл. 5.

Основные расчетные зависимости:

Расчетное среднее индикаторное давление, МПа:

$$p_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[ \lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}}\right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}}\right) \right].$$

Индикаторная мощность двигателя, кВт:

$$N_i = V_S n i p_i k \cdot 10^3 / 60,$$

где  $V_S = (\pi/4)D^2S$ , м<sup>3</sup> ( $D$  — диаметр цилиндра, м;  $S$  — ход поршня, м);  $n$  — частота вращения, мин<sup>-1</sup>;  $i$  — число цилиндров;  $p_i$  — среднее индикаторное давление, МПа;  $k$  — коэффициент тактности (0,5 — для четырехтактных и 1 — для двухтактных двигателей).

Эффективная мощность двигателя, кВт:

$$N_e = \eta_M N_i,$$

где  $\eta_M$  — механический КПД двигателя, 0,86—0,92 (большие значения для МОД, меньшие — для СОД и ВОД).

Крутящий момент, кН·м:

$$M_{кр} = 9,554 N_e / n.$$

Индикаторный КПД двигателя:

$$\eta_i = 3600 N_i / (G_T Q_H),$$

где  $G_T$  — расход топлива, кг/ч;  $Q_H$  — низшая рабочая теплота сгорания топлива, 40 000—42 500 кДж/кг.

Эффективный КПД двигателя:

$$\eta_e = \eta_M \eta_i.$$

Средний удельный индикаторный расход топлива, кг/кВт·ч:

$$g_i = 3600 / (\eta_i Q_H).$$

Средний удельный эффективный расход топлива, кг/кВт·ч:

$$g_e = 3600/(\eta_e Q_H).$$

Таблица 5

Вариант	$D$ , м	$S$ , м	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$i$	$k$	$G_T$ , кг/ч
1	0,30	0,50	500	6	0,5	117
2	0,50	0,80	250	6	1,0	422
3	0,25	0,30	750	8	0,5	122
4	0,40	0,50	420	6	0,5	778
5	0,60	1,20	120	5	1,0	575
6	0,65	1,50	100	4	1,0	438
7	0,80	2,20	86	6	1,0	1 452
8	0,24	0,36	500	8	0,5	70
9	0,18	0,25	1 000	6	0,5	41
10	0,48	1,40	150	5	1,0	752
11	0,64	2,20	125	6	1,0	2 420
12	0,44	1,25	145	8	1,0	1 050
13	0,28	0,38	1 000	12	0,5	693
14	0,18	0,26	750	8	0,5	109
15	0,50	1,10	135	7	1,0	920
16	0,38	1,12	160	12	1,0	1 006
17	0,25	1,00	175	12	1,0	501
18	0,52	0,60	420	14	0,5	930
19	0,48	0,56	500	12	0,5	762
20	0,84	2,40	100	8	1,0	2 870

Задача 3. Определить:

- термический КПД цикла рассмотренного выше двигателя;
- термический КПД цикла Карно в интервале минимальной и максимальной температур цикла Тринклера;
- сравнить оба термических КПД и сделать вывод о степени термодинамического совершенства двигателя, работающего по циклу Тринклера.

Основные расчетные выражения:

Термический КПД цикла Тринклера:

$$\eta_t = 1 - \left(\frac{1}{\varepsilon^{k-1}}\right) \left(\frac{\lambda \rho^k - 1}{(\lambda - 1) + k\lambda(\rho - 1)}\right),$$

где  $k$  — показатель адиабаты расширения газов, 1,35.

Термический КПД цикла Карно в интервале температур цикла Тринклера:

$$\eta_{тк} = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}} = 1 - \frac{T_a}{T_z}.$$

Степень термодинамического совершенства цикла Тринклера можно оценить, вычислив отношение ранее найденных термических КПД:

$$\eta = \eta_t / \eta_{тк}.$$

**Задача 4.** Найти эффективный КПД двигателя, если известны следующие его параметры (табл. 6):

- индикаторная мощность  $N_i$ , кВт;
- часовой расход топлива  $G_T$ , кг/ч;
- низшая рабочая теплота сгорания топлива  $Q_H$ , кДж/кг;
- механический КПД  $\eta_M$ .

Таблица 6

Вариант	$N_i$ , кВт	$G_T$ , кг/ч	$Q_H$ , кДж/кг	$\eta_M$
1	520	85,5	42 300	0,82
2	2 700	500,5	42 000	0,85
3	560	90,0	39 500	0,86
4	2 200	430,0	41 200	0,85
5	2 100	410,5	40 000	0,90
6	1 050	220,1	42 350	0,91
7	400	68,5	41 800	0,84
8	560	90,2	42 250	0,87
9	5 000	900,8	42 500	0,88
10	1 350	229,5	42 230	0,85
11	410	78,0	42 000	0,85
12	1 255	215,0	41 900	0,85
13	890	163,6	41 250	0,84
14	270	48,0	42 350	0,87
15	995	175,3	41 350	0,88
16	3 800	665,0	42 500	0,83
17	4 280	742,3	39 500	0,90
18	1 567	266,3	42 350	0,86
19	1 890	325,6	42 500	0,88
20	4 320	756,0	42 330	0,89

**Задача 5.** Определить мощность привода поршневого компрессора, сжимающего воздух от давления  $P_0 = 0,1$  МПа до  $P_1$  (табл. 7). Найти количество топлива, которое необходимо израсходовать в дизельгенераторе для обеспечения работы компрессора с заданными параметрами.

Таблица 7

Вариант	$t_B$ , °С	$P_1$ , МПа	$G_B$ , кг/ч
1	20	2,5	500
2	22	3,0	450
3	25	3,0	220
4	30	3,0	400
5	35	2,5	400
6	28	3,0	350
7	26	6,0	480
8	28	3,5	1 100
9	25	5,0	1 200
10	28	2,5	890
11	40	4,0	1 000



Вариант	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	$P_1, \text{МПа}$	$G_{в}, \text{кг/ч}$
12	35	5,0	670
13	29	3,0	280
14	22	3,0	500
15	28	5,5	350
16	38	3,5	200
17	32	3,0	220
18	30	2,8	450
19	32	3,0	300
20	30	3,0	1 270

Основные расчетные выражения:

Теоретическая работа сжатия в компрессоре, кДж/кг:

$$L_{AK} \text{ в } p \left( \pi^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right),$$

где  $C_p$  — удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, 1,005 кДж/(кг К);  $T_{в}$  — температура воздуха на входе в компрессор, К;  $\pi$  — степень повышения давления (степень сжатия) в компрессоре,  $\pi = P_1/P_0$ ;  $k$  — показатель адиабаты сжатия для воздуха, 1,4.

Действительная работа сжатия в компрессоре, кДж/кг:

$$L_K = L_{AK} / \eta_{МК},$$

где  $\eta_{МК}$  — механический КПД компрессора, 0,8—0,85.

Мощность, потребляемая компрессором, кВт:

$$N_K = L_K G_{в},$$

где  $G_{в}$  — производительность компрессора, кг/с.

Расход топлива на работу компрессора, кг/ч:

$$G_T = g_e N_K / \eta_{ЭГ},$$

где  $g_e$  — средний удельный эффективный расход топлива на дизельгенератор, кг/(кВт·ч), принять по данным предыдущих расчетов;  $\eta_{ЭГ}$  — КПД электрогенератора, 0,9—94.

**Задача 6.** Определить, уложилось ли судно в установленные для него нормы расхода условного топлива на сутки плавания. Вычислить экономию или перерасход условного топлива за рейс продолжительностью 30 суток в тоннах и рублях. Исходные данные приведены в табл. 8.

Таблица 8

Вариант	Топливо <i>A</i>	Расход, т/сут	Топливо <i>B</i>	Расход, т/сут	Норма расхода $B_{НОРМ}$ , т у. т./сут
1	мазут фл.	5,0	дизельное	2,0	10,1
2	моторное	8,0	дизельное	3,5	16,4
3	мазут топ.	12,0	моторное	2,5	21,0

Вариант	Топливо <i>A</i>	Расход, т/сут	Топливо <i>B</i>	Расход, т/сут	Норма расхода $B_{\text{НОРМ}}$ , т у. т./сут
4	мазут фл.	10,2	дизельное	1,3	16,6
5	мазут фл.	6,5	мазут топ.	3,5	14,2
6	дизельное	6,0	мазут топ.	3,0	13,2
7	дизельное	1,7	дизельное	1,5	4,5
8	дизельное	2,5	мазут фл.	1,2	5,5
9	дизельное	1,5	дизельное	0,5	3,0
10	мазут фл.	4,5	моторное	1,0	8,2
11	мазут топ.	5,2	дизельное	0,8	8,5
12	мазут фл.	4,0	дизельное	1,5	7,5
13	мазут фл.	32,0	дизельное	5,0	54,5
14	мазут топ.	18,0	дизельное	2,5	28,2
15	моторное	12,5	дизельное	1,5	18,5
16	моторное	30,0	нефтеостат.	5,0	45,5
17	моторное	20,0	мазут топ.	4,5	38,0
18	мазут топ.	15,0	дизельное	5,0	27,9
19	мазут фл.	12,0	дизельное	2,0	21,5
20	моторное	10,0	дизельное	2,5	19,0

Основные расчетные зависимости и пояснения:

*Нормой расхода* топлива называется его максимально допустимое технически и экономически обоснованное количество, затрачиваемое на совершение определенной работы или выпуск заданного количества продукции в планируемых условиях производства.

Нормирование расхода топлива для судовых двигателей производится при помощи так называемого «условного топлива». Его теплота сгорания принимается равной 29 300 кДж/кг. Перевод *натурального* топлива в *условное* и наоборот осуществляется при помощи калорийного коэффициента  $k$ :

$$k = Q_{\text{НАТ}}/29\,300,$$

где  $Q_{\text{НАТ}}$  — низшая теплота сгорания натурального топлива, кДж/кг.

Расход условного топлива за сутки:

$$B_{\text{УСЛ}} = k_A B_A + k_B B_B,$$

где  $k_A$  и  $k_B$  — калорийные коэффициенты натуральных топлив  $A$  и  $B$ ;  $B_A$  и  $B_B$  — их расходы, т/сут.

Перерасход (экономия) условного топлива, т/сут:

$$\Delta B = B_{\text{НОРМ}} - B_{\text{УСЛ}}.$$

Стоимость перерасходованного или сэкономленного топлива за рейс:

$$C_P = 30\Delta B C_T,$$

где  $C_T$  — стоимость тонны топлива, 440—500 условных единиц.

Калорийные коэффициенты разных топлив указаны в табл. 9.

Вид топлива	$k$
Дизельное топливо	1,45
Флотский мазут и моторное топливо	1,43
Топочный мазут	1,37
Нефтеостатки и отработанные масла	1,37

*Задача 7.* Установить суточную норму расхода топлива для двигателя судовой электростанции, изменение нагрузки которого в течение суток показано на рис. 3, а зависимость среднего удельного эффективного расхода топлива от нагрузки приведена на рис. 4. Исходные данные для решения задачи содержатся в табл. 10.

Основой нормирования для судовых двигателей являются индивидуальные нормы расхода. Единицей измерения индивидуальных норм расхода топлива является «килограмм условного топлива на киловатт в сутки», то есть  $кг\ у. т./(\kappa Bт \cdot сут)$ .

Суточный расход *натурального* топлива может быть определен с помощью графиков распределения нагрузки двигателя в течение суток и зависимости величины среднего удельного расхода топлива  $g_e$  от нагрузки, показанных на рис. 2.

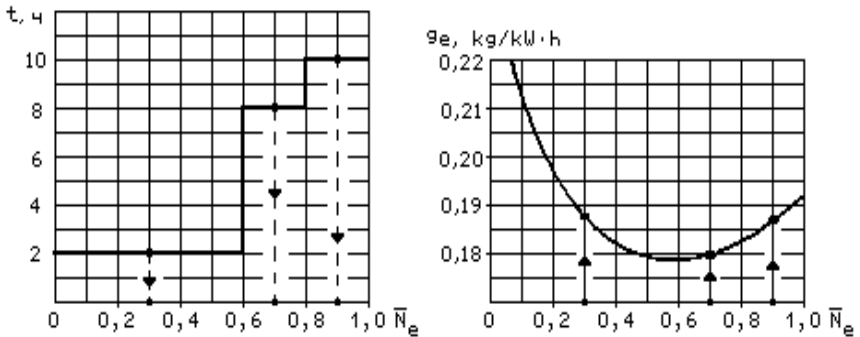


Рис. 2. К определению суточного расхода топлива

Суточный расход *натурального* топлива,  $кг/сут$ :

$$G_{сут} = \sum(N_{ei} g_{ei} t_i),$$

где  $N_{ei}$ ,  $g_{ei}$  — нагрузки, характерные для рассматриваемого двигателя в течение суток, кВт, и средний удельный расход топлива на этих нагрузках,  $кг/(\kappa Bт \cdot ч)$ ;  $t_i$  — продолжительность работы двигателя на характерных нагрузках в течение суток, ч.

Суточный расход *условного* топлива, кг у. т./сут:

$$G_{\text{УСЛ}} = kG_{\text{СУТ}},$$

где  $k$  — calorific coefficient.

Норма расхода *условного* топлива для рассматриваемого двигателя, кг у. т./кВт·сут):

$$H_{\text{УСЛ}} = G_{\text{УСЛ}} / N_{\text{НОМ}},$$

где  $N_{\text{НОМ}}$  — номинальная мощность дизеля, кВт.

В отчет по занятию включить:

— график распределения нагрузки (рис. 3) и зависимости величины среднего удельного расхода топлива от нагрузки двигателя  $g_e$  на характерных нагрузках (рис. 4);

— расчет суточной нормы расхода условного топлива.

Таблица 10

Вариант	Мощность $N_{\text{НОМ}}$ , кВт	График нагрузки	График расхода топлива	Натуральное топливо
1	1 500	рис. 3.1	рис. 4.1	мазут
2	2 000	рис. 3.2	рис. 4.2	дизельное
3	2 500	рис. 3.3	рис. 4.3	моторное
4	1 800	рис. 3.4	рис. 4.4	дизельное
5	3 200	рис. 3.2	рис. 4.2	дизельное
6	2 750	рис. 3.1	рис. 4.1	мазут
7	1 000	рис. 3.3	рис. 4.2	моторное
8	2 000	рис. 3.2	рис. 4.3	дизельное
9	2 150	рис. 3.4	рис. 4.4	мазут
10	3 175	рис. 3.2	рис. 4.2	дизельное
11	1 050	рис. 3.1	рис. 4.4	моторное
12	2 500	рис. 3.3	рис. 4.1	дизельное
13	5 000	рис. 3.2	рис. 4.3	моторное
14	2 800	рис. 3.2	рис. 4.1	мазут
15	1 350	рис. 3.1	рис. 4.4	дизельное
16	2 000	рис. 3.2	рис. 4.2	дизельное
17	1 650	рис. 3.1	рис. 4.1	моторное
18	4 200	рис. 3.3	рис. 4.3	мазут
19	2 100	рис. 3.4	рис. 4.2	моторное
20	3 000	рис. 3.2	рис. 4.4	дизельное

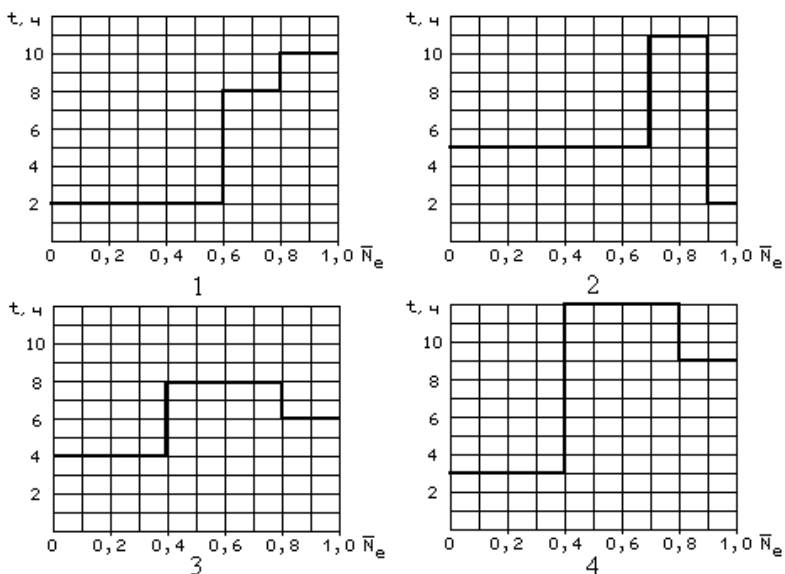


Рис. 3. Графики распределения нагрузок двигателя в течение суток

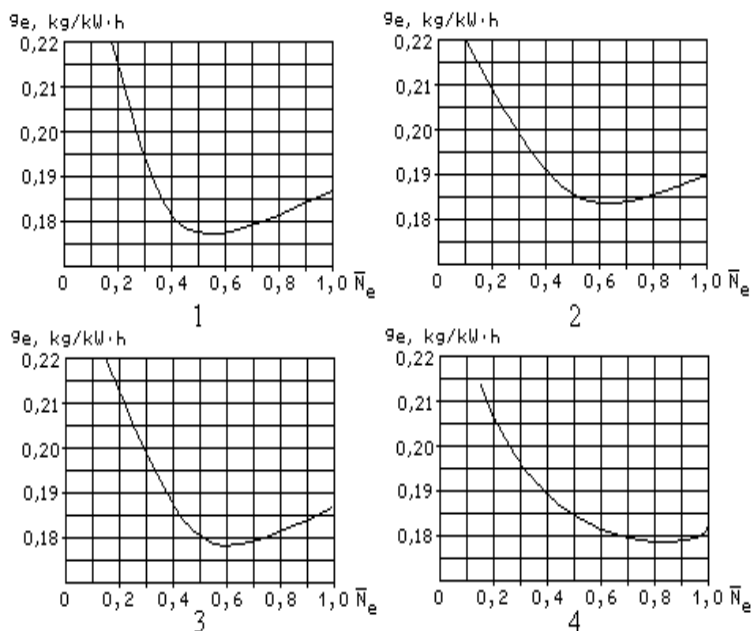


Рис. 4. Графики зависимости среднего удельного эффективного расхода топлива от относительной нагрузки двигателя

**Задача 8.** Составить таблицу нагрузки судовой электростанции на различных элементах рейса транспортного судна (табл. 11), определить потребляемую мощность приводных двигателей электрогенераторов и их оптимальное количество. Найти суточный расход натурального топлива и затраты на него. При расчетах использовать графики зависимости среднего удельного расхода топлива от относительной нагрузки двигателя из предыдущей задачи.

Таблица 11

Потребитель, мощность, кВт	Переход	Стоянка на якоре	Разгрузка
Брашпиль, 35			
Рулевая машина, 18			
Насос охлаждения главного двигателя, 12			
Масляный насос главного двигателя, 9			
Топливный насос главного двигателя, 5			
Оборудование утилизационного котла, 7			
Грузовые лебедки, 45			
Приводы закрытия трюмов, 10			
Камбузное оборудование, 15			
Система кондиционирования, 30			
Освещение помещений, 25			
Электрорадионавигационное оборудование, 15			
Вспомогательное оборудование машинного отделения, 22			
Вентиляция, 20			
Оборудование провизионной камеры, 8			
Итого:	$\Sigma N_{\Pi}$	$\Sigma N_{\text{С}}$	$\Sigma N_{\text{Р}}$

Основные расчетные зависимости и пояснения:

Задействованные на рассматриваемом элементе рейса потребители указать в таблице знаком «+». Нагрузка электростанции на элементе рейса равна сумме мощностей потребителей  $\Sigma N_i$  в соответствующей колонке. Мощность приводных двигателей на элементе рейса, кВт, равна мощности потребителей, поделенной на КПД генераторов  $\eta_{\Gamma}$ , равный 0,9—0,95:

$$N_{ei} = \Sigma N_i / \eta_{\Gamma}.$$

Полученную мощность необходимо увеличить на 10—15 % и распределить между несколькими источниками тока с учетом необходимости их резервирования.

Суточный расход топлива по элементам рейса, т/сут:

$$G_{\text{сут}i} = 24 \cdot N_{ei} g_{ei} \cdot 10^{-3},$$

где  $g_{ei}$  — средний удельный эффективный расход топлива на рассматриваемом элементе рейса, кг/(кВт·ч).

Стоимость израсходованного топлива на каждом из элементов рейса, руб./сут:

$$C_{сутi} = C_T G_{сутi},$$

где  $C_T$  — стоимость тонны топлива по текущим ценам, руб. (440—500 условных единиц).

## 6.2. Контрольные вопросы

Контрольные вопросы выбираются в соответствии с заданным вариантом при помощи табл. 12.

Таблица 12

Вариант	Вопросы	Вариант	Вопросы
1	1, 7, 10, 12, 22	11	9, 12, 16, 32, 25
2	2, 6, 15, 18, 23	12	5, 13, 18, 22, 24
3	3, 10, 15, 20, 24	13	1, 6, 11, 12, 22
4	4, 8, 17, 22, 27	14	2, 7, 15, 18, 23
5	5, 9, 13, 21, 26	15	3, 10, 16, 21, 25
6	6, 10, 15, 20, 27	16	4, 6, 17, 20, 28
7	7, 14, 19, 33, 26	17	5, 9, 15, 21, 26
8	1, 8, 15, 20, 25	18	1, 4, 15, 29, 25
9	2, 6, 15, 34, 27	19	2, 6, 15, 27, 30
10	3, 9, 35, 21, 26	20	3, 7, 31, 21, 26

1. Изобразите принципиальную схему любой энергетической установки, опишите ее особенности и состав.

2. Изобразите и опишите схему судового валопровода и дейдвудного устройства любого типа.

3. Изобразите индикаторную диаграмму четырехтактного двигателя без наддува, его круговую диаграмму газораспределения.

4. Постройте индикаторную диаграмму двухтактного двигателя, нарисуйте его круговую диаграмму газораспределения.

5. Охарактеризуйте условия и особенности эксплуатации СЭУ промышленных судов.

6. Охарактеризуйте различные схемы передачи мощности на винт, выделите их достоинства и недостатки.

7. Изобразите и поясните винтовые характеристики ВФШ, охарактеризуйте совместную работу двигателя и такого гребного винта.

8. Изобразите и поясните винтовые характеристики ВРШ, охарактеризуйте совместную работу двигателя и такого гребного винта.

9. Назовите теплотехнические параметры, характеризующие работу судового двигателя. Дайте определения понятиям «тепловая напряженность», «механическая напряженность».

10. Изобразите схему и поясните работу системы охлаждения судового двигателя.

11. Изобразите схему и поясните работу топливной системы судового двигателя.

12. Изобразите схему и поясните работу системы смазки судового двигателя.

13. Изобразите схему и поясните работу системы сжатого воздуха судового двигателя.

14. Изобразите схему, поясните работу водяной пожарной системы.

15. Изобразите схему и поясните работу балластно-осушительной системы.

16. Изобразите схему и поясните работу системы отопления и кондиционирования воздуха.

17. Охарактеризуйте устройство и работу всережимного регулятора частоты вращения двигателя прямого действия.

18. Поясните, что такое «скоростные и нагрузочные характеристики двигателей». Какие двигатели по ним работают?

19. Охарактеризуйте устройство и работу регулятора частоты вращения двигателя прямого действия непрямого действия.

20. Сформулируйте условия равномерного распределения нагрузки параллельно работающих дизельгенераторов.

21. Изобразите конструктивную схему и охарактеризуйте принцип действия вспомогательного водотрубного парового котла.

22. Изобразите конструктивную схему и охарактеризуйте принцип действия вспомогательного газотрубного парового котла.

23. Изобразите конструктивную схему и охарактеризуйте принцип действия утилизационного парового котла. За счет чего возникает экономический эффект при его использовании?

24. Приведите и охарактеризуйте одну из схем судовой котельной установки, включающей вспомогательный и утилизационный котлы.

25. Поясните конструкцию и принцип действия одного из видов водоопреснительной установки. Назовите основные параметры этой установки.

26. Назовите основные параметры центробежного насоса, опишите его устройство и принцип действия.

27. Назовите основные параметры поршневого насоса, опишите его устройство и принцип действия.

28. Приведите классификацию рулевых машин, опишите их особенности и охарактеризуйте влияние на надежность эксплуатации судна.



29. Приведите схему электрогидравлической рулевой машины, опишите ее работу. Основные требования Морского Регистра Судоходства к рулевым приводам.

30. Охарактеризуйте конструкцию одного из типов якорно-швартовного устройства.

31. Изобразите и поясните статическую характеристику регулятора частоты вращения двигателя. Что такое «степень неравномерности регулирования»?

32. Изобразите и поясните принципиальную схему работы регулятора частоты вращения типа «Вудвард».

33. Поясните особенности параллельной работы дизельгенераторов. Как производится распределение нагрузки между ними?

34. Поясните и изобразите скоростные и нагрузочные характеристики двигателей.

35. Приведите классификацию регуляторов частоты вращения двигателя, покажите устройство и работу однорежимного регулятора прямого действия.

## 7. Итоговый тест

Предлагаемый ниже итоговый тест является допуском к итоговой аттестации. Он выглядит в виде табл. 13, включающей 20 вопросов, охватывающих основное содержание пройденного курса.

Таблица 13

Вопрос	Краткий ответ	Формула (обозначение)	Размерность
1. Плотность вещества, объем и масса			
2. Сила			
3. Давление, его связь с силой			
4. Работа			
5. Мощность			
6. Линейная скорость равномерно движущегося тела			
7. Угловая скорость равномерного вращения			
8. Связь между угловой и линейной скоростью			

Вопрос	Краткий ответ	Формула (обозначение)	Размерность
9. Средняя скорость поршня, ее влияние на работу ДВС			
10. Момент силы (крутящий момент)			
11. Коэффициент полезного действия			
12. Рабочий цикл ДВС			
13. Такт			
14. Определение понятия «индикаторная диаграмма», ее назначение			
15. Определение понятия «круговая диаграмма газораспределения», ее назначение			
16. Угол опережения открытия клапана			
17. Угол запаздывания закрытия клапана			
18. Угол опережения подачи топлива			
19. Среднее индикаторное давление			
20. Формула для определения мощности ДВС. Факторы, влияющие на мощность ДВС			

Во вторую колонку следует вписать краткий ответ на вопрос. В третью колонку, там, где это нужно, заносится формула. В четвертой колонке указывается размерность (то есть единица измерения рассматриваемой величины). Размерность записывается развернуто, например: «Дж = Н·м».

Тестирование проходит так. За двадцать минут (по одной минуте на вопрос) обучающийся в присутствии преподавателя без каких-либо подсказок и источников заполняет заранее заготовленный им чистый бланк. Если учащийся не смог ответить хотя бы на один из предложенных вопросов, то к итоговой аттестации он не допускается. При подготовке к тестированию следует напечатать несколько чистых бланков, при помощи лекционного конспекта и справочника по элементарной физике заполнить один из них, а затем «отрепетировать» заполнение последующих.