

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Факультет авиационной и морской техники

\_\_\_\_\_ Красильникова О.А.

«17» \_\_\_\_\_ 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### «Судовые энергетические установки»

Направление подготовки	26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры
Направленность (профиль) образовательной программы	Судовые энергетические установки
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Заочная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4, 5	7, 8, 9	9

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен, Курсовой проект, Зачет с оценкой	Кафедра «Тепловые энергетические установки»

Разработчик рабочей программы:

Доцент, Доцент, Кандидат технических наук

 Попов А.Ю

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

Кафедра «Тепловые энергетические установки»

 Смирнов А.В.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Судовые энергетические установки» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Судовые энергетические установки» по направлению подготовки «26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры».

Задачи дисциплины	состоят в удовлетворении требований к знаниям и умениям, которыми должны обладать студенты, а именно: - ориентироваться в различных типах СЭУ, уметь определить области их применения в конкретных условиях; - проводить технико-экономический анализ при выборе типа судовой энергетической установки; - компетентно участвовать в проектировании, изготовлении, испытаниях и монтаже судовой энергетической установки и её элементов.
Основные разделы / темы дисциплины	Назначение и состав СЭУ. Основные показатели СЭУ. Определение основных параметров главной установки. Судовые дизельные установки. Судовые газотурбинные установки. Паротурбинные установки. Судовые комбинированные установки. Ядерные энергетические установки. Судовая вспомогательная установка. Передачи механической энергии от главных двигателей к движителям. Взаимодействие главных двигателей и движителей. Надежность и живучесть СЭУ. Проектирование расположения оборудования СЭУ в корпусе судна. Оптимизационные методы автоматизированного проектирования СЭУ.

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Судовые энергетические установки» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ПК-1 Способен использовать в практической деятельности	ПК-1.1 Знает назначение, конструкции, характеристики и принципа действия главного и вспомогательного энергетиче-	Владение методологией выбора главного двигателя судна, си-

<p>знания в области назначения, конструкции, характеристик и принципа действия главного и вспомогательного энергетического оборудования и обслуживающих его систем</p>	<p>ского оборудования и обслуживающих его систем          ПК-1.2 Умеет идентифицировать главное и вспомогательное энергетическое оборудование и обслуживающие его системы          ПК-1.3 Владеет навыками описания конструкции и принципа действия главного и вспомогательного энергетического оборудования</p>	<p>стемы передачи мощности к движителю и элементов вспомогательного энергетического оборудования.</p>
<p>ПК-2 Способен участвовать в разработке проектов энергетических установок, входящих в них систем и устройств с учетом технико-эксплуатационных, технологических, экономических, экологических требований</p>	<p>ПК-2.1 Знает основные методы и этапы разработки проектов судовых энергетических установок и их элементов          ПК-2.2 Умеет выполнять расчеты при проектировании судовых энергетических установок и их элементов          ПК-2.3 Владеет навыками проектирования судовых энергетических установок и их элементов с учетом технико-эксплуатационных, технологических, экономических, экологических требований</p>	<p>Владеет методами проектирования энергетических систем СЭУ, их комплектации вспомогательным оборудованием с учетом технико-эксплуатационных, технологических, экономических, экологических требований</p>

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Судовые энергетические установки» изучается на 4, 5 курсе, 7, 8, 9 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Теория и устройство корабля», «Судовое вспомогательное энергетическое оборудование», «Судовые двигатели внутреннего сгорания», «Судовые электроэнергетические комплексы», «Судовые турбины», «Учебная практика (ознакомительная практика)», «Основы экологической безопасности судовых энергетических установок».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Судовые энергетические установки», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Автоматизация судовых энергетических установок», «Экономика судостроительного предприятия», «Производственная практика (преддипломная практика)».

Дисциплина «Судовые энергетические установки» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения и творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

**4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 9 з.е., 324 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	324
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	24
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	16
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	18
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	278
Промежуточная аттестация обучающихся – Экзамен, Курсовой проект, Зачет с оценкой	12

### 5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Назначение и состав СЭУ: СЭУ как сложный энергетический комплекс. Преобразование и передача энергии в СЭУ. Классификация СЭУ. Современное состояние и перспективы развития судовой энергетики.	1	–	–	2

<p><b>Основные показатели СЭУ:</b>          Мощностные показатели. Показатели энергетической эффективности СЭУ. Массовые показатели СЭУ. Размещение энергетической установки на судне и габаритные показатели.</p>	1	–	–	2
<p><b>Предварительное определение параметров главной установки:</b>          Определение мощности главной ЭУ. Выбор числа гребных валов и способа реверсирования судна. Рекомендации по выбору типа СЭУ и главного двигателя. Определение мощности ГД. Выбор тактности, числа цилиндров, частоты вращения ГД.</p>	2	–	–	2
<p><b>Судовые дизельные установки (СДУ):</b>          Современные судовые МОД и СОД. Достижения ведущих дизелестроительных фирм (Sulzer, MAN-B&amp;W и др.). Характеристики отечественных МОД и СОД. Тепловой баланс. Существующие дизельные установки с утилизацией теплоты. Схемы СДУ. Комплексное использование вторичных энергоресурсов в СДУ. Современные валогенераторные, турбокомпаундные и комбинированные системы в СДУ.</p>	2	–	–	2
<p><b>Судовые газотурбинные установки:</b>          Классификация ГТУ. Простейшая ГТУ открытого цикла: идеальный цикл ГТУ (<math>p = \text{const}</math>) реальный цикл ГТУ (<math>p = \text{const}</math>). ГТУ с регенерацией тепла. Промежуточное охлаждение воздуха в ГТУ. Промежуточный нагрев газа в ГТУ. ГТУ закрытого типа: схема ГТУ и основные расчетные формулы; схемы ГТУ с аккумулятором рабочего тела; ГТУ закрытого типа с газоохлаждаемым реактором. Тепломеханические схемы ГТУ.</p>	2	–	–	2
<p><b>Выбор главных двигателей судовых дизельных установок:</b>          Основные характеристики современных дизельных двигателей. Критерии и методика выбора главных двигателей. Выбор МОД фирмы Sulzer. Выбор МОД фирмы MAN-BAW.</p>	–	3	–	6
<p><b>Тепловой баланс главного двигателя и возможности для утилизации теплоты:</b>          Определение потерь теплоты главных двигателей с использованием каталогов ведущих дизелестроительных фирм. Составление теплового баланса в абсолютных и относительных величинах. Анализ уровня тепловых потерь и КПД двигателей.</p>	–	3	–	6
<p><b>ИТОГО в 7-м семестре</b></p>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>–</b>	<b>22</b>
<p><b>Паротурбинные установки:</b>          Термодинамические циклы ПТУ: идеальный цикл Ренкина; реальный цикл Ренкина; предельный регенеративный цикл. Регенеративные тепловые схемы ПТУ. Состав ПТУ и потребители энергии на судне. Критерии тепловой экономичности ПТУ (КПД, удельный расход теплоты и топлива, частный КПД гребной установки, удельный расход топлива на милю. Главные уравнения ПТУ второго рода: уравнение баланса энергии в ПТУ; уравнение главного котла; уравнение главной турбины без отбора пара; уравнение баланса пара в ПТУ. Общее выражение КПД ПТУ (вывод формулы шести сомножителей). Характеристика схемы и измерители эффективности регенеративного процесса. Главные уравнения ПТУ первого рода: уравнение главной турбины с отборами; остальные уравнения. Методы повышения тепловой экономичности ПТУ: повышение начальных параметров пара; промежуточный перегрев</p>	1	–	–	4

пара; выбор давления в конденсаторе. Системы ПТУ: классификация систем; конденсатно-питательная система (назначение и виды КПС; расположение основных элементов КПС; назначение и основные характеристики элементов КПС. Другие системы ПТУ: циркуляционная система; эжекторная система; система продувания котла.				
<b>Судовые комбинированные установки:</b> Преимущества бинарных установок. Парогазотурбинные установки (ПГТУ): схема и цикл, КПД; особенности ПГТУ (расчетные формулы); особенности ВПГ. Газопаротурбинные установки (ГПТУ); схема и цикл; температ. диаграмма УК; уравнения теплового баланса УК; основные расчетные формулы ГПТУ; об оптимизации параметров ГПТУ.	1	–	–	4
<b>Ядерные энергетические установки:</b> Физические основы работы ядерных реакторов. Ядерное топливо. Устройство и классификация ядерных реакторов: принципиальная схема реактора; способы размещения ядерного топлива; энергия нейтронов; материалы замедлителя; виды теплоносителей. Специфика ЯЭУ. Схемы ЯЭУ: специфика; схема двухконтурной ЯЭУ с ВВРД и её цикл; одноконтурная ЯЭУ с газовым теплоносителем и ГТ; схема трехконтурной ЯЭУ с жидкометаллическим теплоносителем, цикл; схема и цикл бинарной (гелиево-пароводяной) ЯЭУ. Особенности тепловых схем ПТУ с ВВРД. Примеры применения ЯЭУ на судах.	1	–	–	4
<b>Судовая вспомогательная установка:</b> Судовая электростанция: назначение, классификация, состав потребителей. Род тока, напряжение, частота; источники электроэнергии; определение потребной мощности СЭС (табличный метод, аналитический методы). Вспомогательная котельная установка. Утилизационная установка.	1	–	–	4
<b>Судовой валопровод:</b> Состав судового валопровода и размещение на судне. Определение основных размеров валопровода. Внешние нагрузки, действующие на валопровод. Поверочный расчет прочности валопровода.	1	–	–	4
<b>Передачи механической энергии от главных двигателей к движителям:</b> Назначение и классификация передач. Прямые передачи. Механические (зубчатые) передачи. Гидравлические передачи: гидромуфты, гидротрансформаторы, объемные гидropередачи. Электрические передачи.	1	–	–	4
<b>Взаимодействие главных двигателей и движителей:</b> Винтовые характеристики. Внешние характеристики двигателей. Совместная работа двигателей с ВФШ. Совместная работа двигателей с ВРШ. Работа двигателей с ВРШ при реверсе.	1	–	–	4
<b>Проектирование расположения оборудования СЭУ в корпусе судна:</b> Общие требования размещения элементов СЭУ. Расположение главных двигателей. Расположение оборудования судовой электростанции. Расположение вспомогательных и утилизационных котлов. Расположение вспомогательных механизмов и оборудования. Обеспечение экологической безопасности СЭУ.	1	–	–	4

Система забортной воды главного двигателя: Схема системы охлаждения забортной водой элементов главного двигателя и установки. Выбор последовательности расчета системы и исходных данных. Определение расхода забортной воды. Ограничения. Подбор насоса забортной воды.	–	3	–	4
Расчет схем судовых ГТУ: ГТУ простого цикла. Реальные схемы и циклы ГТУ. Способы учета потерь энергии и потерь давления в элементах ГТУ. Газотурбинная установка с регенерацией. Расчет установок с промежуточным охлаждением и промежуточным подогревом рабочего тела.	–	3	–	4
Выполнение отчета и подготовка к защите РГР	–	–	–	46
<b>ИТОГО в 8-м семестре</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>–</b>	<b>86</b>
Надежность и живучесть СЭУ: Основные понятия и задачи теории надежности. Виды отказов и причины их возникновения. Специфика обеспечения надежности и живучести СЭУ.	–	–	–	20
Оптимизационные методы автоматизированного проектирования СЭУ: Логическая и математическая структура оптимизационного проектирования СЭУ. Теория многоуровневых систем. Основные принципы системного подхода и анализа. Структура информационного обеспечения САПР СЭУ. Практическое использование версий САПР СЭУ.	–	–	–	20
Расчет теплоутилизационного контура для судового МОД: Оценка выходных параметров главного двигателя. Решение системы балансовых уравнений утилизационного котла. Определение производительности котла и мощности утилизационного турбогенератора.	–	–	–	20
Расчет схем паротурбинных установок: Диаграмма i-s водяного пара. Построение процессов. Идеальный и реальный цикл Ренкина. Сравнение эффективности циклов. Расчетное исследование влияния начального давления, температуры, давления в конденсаторе на КПД ПТУ. Учет работы питательного насоса. Промежуточный перегрев пара. Расчет схемы ПТУ с регенеративными отборами пара.	–	3	–	10
Судовые турбинные комбинированные установки: Расчет комбинированной парогазотурбинной установки с целью определения КПД. Схема "Велокс". Использование избыточной мощности газовой турбины. Расчет КПД газопаротурбинной установки на базе трехвального ГТД. Определение оптимального давления перегретого пара.	–	3	–	10
Выполнение отчета и подготовка к защите КП	–	–	–	90
<b>ИТОГО в 9-м семестре</b>	<b>–</b>	<b>6</b>	<b>–</b>	<b>170</b>
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>–</b>	<b>278</b>



## 6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	142
Выполнение отчета и подготовка к защите РГР	46
Выполнение отчета и подготовка к защите КП	90
<b>ИТОГО</b>	<b>278</b>

## 7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1 Основная литература

1. Артемов, Г. А. Совершенствование судовых газотурбинных установок / Г. А. Артемов. – Ленинград : Судостроение, 1984. – 232 с.
2. Артемов, Т. А. Судовые энергетические установки / Т. А. Артемов, В. П. Волошин, Ю. В. Захаров, А. Я. Шквар. – Ленинград : Судостроение, 1987. – 480 с.
3. Кузнецов, В. В. Судовые турбомашин. Основы теории судовых турбомашин : учебное пособие / В. В. Кузнецов, Е. В. Польский. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 176 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1134556>. – Режим доступа: по подписке.
4. Бабич, А.В. Судовые насосы и вентиляторы : конспект лекций / А.В. Бабич. — Москва : Альтаир МГАВТ, 2019. — 32 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1033825>. – Режим доступа: по подписке.
5. Епифанов, В. С. Судовые двигатели внутреннего сгорания : методические рекомендации по выполнению курсового проекта / С. В. Епифанов. - Москва : Альтаир-МГАВТ, 2014. - 84 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/522645>. – Режим доступа: по подписке.
6. Ширшов, М. М. Судовые энергетические установки и их эксплуатация : учебный справочник / М. М. Ширшов. - Москва : МГАВТ, 2006. - 25 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/401202>. – Режим доступа: по подписке.
7. Кирюхин, А. Л. Судовые газотурбинные установки : учебное пособие / А.Л. Кирюхин. — Москва : ИНФРА-М, 2022. – 256 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1816772>. – Режим доступа: по подписке.
8. Кирпиченков, С. В. Судовые вспомогательные механизмы и системы. Специальные системы танкеров : учебное пособие / С. В. Кирпиченков, А. В. Бабич. - Москва : МГАВТ, 2004. - 60 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/401134>. – Режим доступа: по подписке.

9. Зябров, В. А. Энергетические установки судов различных типов и назначения: методические рекомендации для выполнения лабораторных работ / В. А. Зябров, Д. А. Попов, В. С. Елифанов. — Москва : МГАВТ, 2020. - 73 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1057310>. – Режим доступа: по подписке.

10. Косыгин, И.А. Судовые вспомогательные системы и механизмы / И.А. Косыгин, О.А. Тюрина. - Москва : Альтаир-МГАВТ, 2015 - 80 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/522702>. – Режим доступа: по подписке.

## 8.2 Дополнительная литература

1. Маслов, В. В. Совершенствование эксплуатации систем судовых дизелей / В. В. Маслов. – Москва : Транспорт, 1984. – 253 с.

2. Овсянников, М. К. Судовые дизельные установки / М. К. Овсянников, В. А. Петухов. – Ленинград : Судостроение, 1986. – 424 с.

3. Артемов, Г. А. Системы судовых энергетических установок / Г. А. Артемов, В. П. Волошин, А. Я. Шквар, В. П. Шостак. — Ленинград : Судостроение, 1980. – 320 с.

4. Бабич, А. В. Общесудовые и специальные системы нефтеналивных судов : конспект лекций / А. В. Бабич. – Москва : Альтаир МГАВТ, 2019. – 60 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1033823>. – Режим доступа: по подписке.

5. Мокеров, Л.Ф. Энергетические установки судов : методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ / Л. Ф. Мокеров. - Москва : Альтаир-МГАВТ, 2019. - 70 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1057312>. – Режим доступа: по подписке.

6. Бабич, А. В. Специальные системы нефтеналивных судов : курс лекций / А. В. Бабич. - Москва : МГАВТ, 2020. - 32 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1159058>. – Режим доступа: по подписке.

7. Сундуков, И. А. Судовые холодильно-компрессорные машины. Системы кондиционирования воздуха на судах : учебно-методическое пособие / И. А. Сундуков. - Москва : МГАВТ, 2004. - 88 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/403808>. – Режим доступа: по подписке.

## 8.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1. Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM. Договор ЕП 44 № 003/10 эбс ИКЗ 191272700076927030100100120016311000 от 17 апреля 2019 г.

2. Электронно-библиотечная система IPRbooks. Лицензионный договор № ЕП44 № 001/9 на предоставление доступа к электронно-библиотечной системе IPRbooks ИКЗ 191272700076927030100100090016311000 от 27 марта 2019 г.

3. Электронно-библиотечная система eLIBRARY.RU. Договор № ЕП 44 № 004/13 на оказание услуг доступа к электронным изданиям ИКЗ 91272700076927030100100150016311000 от 15 апреля 2019 г.

4. Информационно-справочные системы «Кодекс»/ «Техэксперт». Соглашение о сотрудничестве № 25/19 от 31 мая 2019 г.

## 8.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Ивашов, А. Форум проекта SMATH [Электронный ресурс] / А. Ивашов. – Режим доступа: <http://ru.smath.info/forum/>;

2. Термодинамические свойства воды и водяного пара [Электронный ресурс] / IAPWS Industrial Formulation 1997. – Режим доступа: <http://www.iapws.org/relguide/IF97->

Rev.pdf;

3. Белл, Ян. Интерфейс взаимодействия функций CoolProp [Электронный ресурс] / Ian H. Bell and the CoolProp Team. – Режим доступа: <http://www.coolprop.org/coolprop/HighLevelAPI.html>;

4. Белл, Ян. Свойства влажного воздуха [Электронный ресурс] / Ian H. Bell and the CoolProp Team. – Режим доступа: [http://www.coolprop.org/fluid\\_properties/HumidAir.html](http://www.coolprop.org/fluid_properties/HumidAir.html).

### **8.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 7 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>
SMath Studio	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://ru.smath.info">https://ru.smath.info</a>
CoolProp Wrapper (дополнение к SMath Studio)	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://ru.smath.info/обзор/CoolProp">https://ru.smath.info/обзор/CoolProp</a>

## **9 Организационно-педагогические условия**

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### **9.1 Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### **9.2 Занятия лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### 9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

### 9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

## **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Не требуется.

### **10.2 Технические и электронные средства обучения**

При проведении занятий используется аудитория, оборудованная проектором (стационарным или переносным) для отображения презентаций. Кроме того, при проведении лекций и практических занятий необходим компьютер с установленным на нем браузером и программным обеспечением для демонстрации презентаций.

## **11 Иные сведения**

### **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### по дисциплине

### «Судовые энергетические установки»

Направление подготовки	26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры
Направленность (профиль) образовательной программы	Судовые энергетические установки
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Заочная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4, 5	7, 8, 9	9

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен, Курсовой проект, Зачет с оценкой	Кафедра «Тепловые энергетические установки»

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ПК-1 Способен использовать в практической деятельности знания в области назначения, конструкции, характеристик и принципа действия главного и вспомогательного энергетического оборудования и обслуживающих его систем	<p>ПК-1.1 Знает назначение, конструкции, характеристики и принципа действия главного и вспомогательного энергетического оборудования и обслуживающих его систем</p> <p>ПК-1.2 Умеет идентифицировать главное и вспомогательное энергетическое оборудование и обслуживающие его системы</p> <p>ПК-1.3 Владеет навыками описания конструкции и принципа действия главного и вспомогательного энергетического оборудования</p>	Владение методологией выбора главного двигателя судна, системы передачи мощности к движителю и элементов вспомогательного энергетического оборудования.
ПК-2 Способен участвовать в разработке проектов энергетических установок, входящих в них систем и устройств с учетом технико-эксплуатационных, технологических, экономических, экологических требований	<p>ПК-2.1 Знает основные методы и этапы разработки проектов судовых энергетических установок и их элементов</p> <p>ПК-2.2 Умеет выполнять расчеты при проектировании судовых энергетических установок и их элементов</p> <p>ПК-2.3 Владеет навыками проектирования судовых энергетических установок и их элементов с учетом технико-эксплуатационных, технологических, экономических, экологических требований</p>	Владеет методами проектирования энергетических систем СЭУ, их комплектации вспомогательным оборудованием с учетом технико-эксплуатационных, технологических, экономических, экологических требований

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Все разделы	ПК-1 ПК-2	Конспект лекций	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала);</li> <li>- логическое построение и связность текста;</li> <li>- полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей);</li> <li>- визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы,</li> </ul>



			<p>рисунки);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).</li> </ul>
		Задания практических занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность анализировать и обобщать информацию;</li> <li>- способность синтезировать новую информацию;</li> <li>- способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения;</li> <li>установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.</li> </ul>
		Расчетно-графическая работа	<p><i>Содержание работы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понимание методик расчетов и навык их применения;</li> <li>- полнота выполнения задания;</li> <li>- качество выполнения расчетов;</li> <li>- достаточность пояснений.</li> </ul> <p><i>Качество оформления:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- степень соответствия оформления реферата РД 013-2016.</li> </ul> <p><i>Защита РГР:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие ответов поставленным вопросам;</li> <li>- владение материалом.</li> </ul>
		Экзамен	<ul style="list-style-type: none"> <li>- глубина знаний теоретических вопросов билета;</li> <li>- глубина знаний дополнительных вопросов;</li> <li>- логика рассуждений.</li> </ul>
		Курсовой проект	<p><i>Содержание работы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понимание методик расчетов и навык их применения;</li> <li>- полнота выполнения задания;</li> <li>- качество выполнения расчетов;</li> <li>- достаточность пояснений.</li> </ul> <p><i>Качество оформления:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- степень соответствия оформления РД 013-2016.</li> </ul> <p><i>Защита КП:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие ответов поставленным вопросам;</li> <li>- владение материалом.</li> </ul>

**2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>8 семестр</b> <b>Промежуточная аттестация в форме «Экзамен»</b>			
Конспект лекций	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлено графическая и текстовые части конспекта. 24 балла – студент полностью подготовил конспект лекций. Есть замечания к оформлению графической и текстовой частям конспекта. 18 баллов – Конспект не полный (отсутствуют не более 1 лекции). Небрежное оформление конспекта. 12 баллов– В конспекте отсутствуют 2 лекции. Небрежное оформление конспекта. 0 баллов – отсутствует более 2-х лекций.
Задачи практических занятий	В течение семестра	40 баллов	40 баллов - задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 30 баллов - задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям 20 баллов - студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные

			результаты. 0 баллов - студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.
Расчетно-графическая работа	Последняя неделя	40 баллов	40 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, РГР оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 30 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении. 20 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления РГР имеет недостаточный уровень. 0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, не способен пояснить полученный результат.
<b>Текущий контроль:</b>		<b>110 баллов</b>	
Экзамен	На экзаменационной сессии	50 баллов	50 баллов - Студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы. 40 баллов - Студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. 25 баллов - Студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей. 0 баллов - При ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При

			ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.
<b>ИТОГО:</b>		<b>160 баллов</b>	

**Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:**

0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  
 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  
 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  
 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>9 семестр</b> <b>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</b>			
Задачи практических занятий	В течение семестра	40 баллов	40 баллов - задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 30 баллов - задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям 20 баллов - студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты. 0 баллов - студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.
<b>ИТОГО:</b>		<b>40 баллов</b>	
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>			

0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  
 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  
 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  
 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)

### 9 семестр

#### Промежуточная аттестация в форме «КП»

По результатам защиты курсового проекта (работы) выставляется оценка по 4-балльной шкале оценивания

- оценка «отлично» выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научного творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы.

### 3 Задания для текущего контроля

Совокупность заданий к лабораторным работам, а также, задания на РГР дисциплины «Судовые энергетические установки» сформулирована в методических указаниях:

– общий сетевой ресурс (доступ из локальной компьютерной сети ФЭТМТ)

\\1.1.1.30\Shared\\_Судовые энергетические установки\4 курс\СЭУ

#### Пример задач практических занятий

1. Газовая турбина работает по циклу с изобарным подводом теплоты. Определить параметры в характерных точках цикла, а также термический КПД цикла с полной регенерацией, если заданы следующие параметры и характеристики:  $p_a = 0,8$  МПа,  $t_a = -10$  °С, степень повышения давления  $\lambda = 5$ , степень предварительного расширения  $\rho = 3$ . Рабочее тело – азот. Удельную теплоёмкость считать постоянной.

Ответ:  $p_a = 80$  кПа;  $T_a = 263$  К;  $v_a = 0,976$  м<sup>3</sup>/кг;  $p_c = 0,4$  МПа;  $T_c = 417$  К;  $v_c = 0,31$  м<sup>3</sup>/кг;  $p_z = 0,4$  МПа;  $T_z = 1251$  К;  $v_z = 0,929$  м<sup>3</sup>/кг;  $p_b = 80$  кПа;  $T_b = 790$  К;  $v_b = 2,93$  м<sup>3</sup>/кг;  $q_1 = 865,7$  кДж/кг;  $q_2 = 547$  кДж/кг.

Для цикла без регенерации  $\eta_t = 0,368$ ; для цикла с полной регенерацией  $\eta_t = 0,67$ .

2. Температура воздуха перед входом в турбину  $950$  °С. Начальное давление воздуха  $p_a = 0,1$  МПа, степень повышения давления  $\lambda = 7$ ; степень предварительного расширения  $\rho = 2,2$ . Рассчитать цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты без регенерации.

Ответ:  $p_a = 0,1$  МПа;  $T_a = 319$  К;  $v_a = 0,916$  м<sup>3</sup>/кг;  $p_c = 0,7$  МПа;  $T_c = 556$  К;  $v_c = 0,228$  м<sup>3</sup>/кг;  $p_z = 0,7$  МПа;  $T_z = 1223$  К;  $v_z = 0,502$  м<sup>3</sup>/кг;  $p_b = 0,1$  МПа;  $T_b = 702$  К;  $v_b = 2,015$  м<sup>3</sup>/кг;  $l_0 = 285$  кДж/кг;  $q_1 = 670$  кДж/кг;  $q_2 = 385$  кДж/кг;  $\eta_t = 0,425$ .

3. Известны следующие параметры цикла ДВС со смешанным подводом теплоты и его характеристики:  $p_a = 0,1$  МПа,  $t_a = 30$  °С, степень сжатия  $\varepsilon = 7$ , степень повышения давления  $\lambda = 2,0$ , степень предварительного расширения  $\rho = 1,2$ , рабочее тело – воздух. Найти параметры воздуха в характерных точках диаграммы цикла, количество подведённой теплоты, удельную работу цикла и его термический КПД.

Ответ:  $v_a = 0,870$  м<sup>3</sup>/кг;  $v_c = 0,124$  м<sup>3</sup>/кг;  $v_z = 0,149$  м<sup>3</sup>/кг;  $p_c = 1,52$  МПа;  $p_z = 3,05$  МПа;  $p_b = 0,26$  МПа;  $t_c = 387$  °С;  $t_z = 1047$  °С;  $t_z = 1311$  °С;  $t_b = 511$  °С;  $q_1 = 744,2$  кДж/кг;  $q_2 = 378,2$  кДж/кг;  $l_0 = 396$  кДж/кг;  $\eta_t = 0,532$ .

4. Найти давление и температуры в точках  $a$ ,  $c$ ,  $z'$ ,  $z$  и  $b$  цикла ДВС со смешанным подводом теплоты и  $\eta_t$ , если известно, что рабочее тело – воздух;  $p_a = 0,1$  МПа;  $T_a = 288$  К; количество подведённой теплоты  $q_1 = 840$  кДж/кг; степень повышения давления  $\lambda = 1,8$ ; теплоёмкость  $c_v = 0,840$  кДж/(кг К); степень сжатия  $\varepsilon = 15$ .

Ответ:  $\eta_t = 0,66$ ;  $p_b = 0,213$  МПа;  $p_c = 4,35$  МПа;  $p_z = p_{z'} = 7,82$  МПа;  $T_c = 850$  К;  $T_{z'} = 1530$  К;  $T_z = 1758$  К;  $T_b = 625$  К.

5. Для цикла ДВС с изохорным подводом теплоты, совершаемого воздухом, масса которого  $1$  кг, заданы следующие параметры:  $p_a = 0,1$  МПа,  $t_a = 27$  °С. Определить подведённую удельную теплоту  $q_1$ , удельную работу цикла  $l_0$  и термический КПД  $\eta_t$ , если  $\varepsilon = 5,5$ ;  $\lambda = 4$ ;  $c_v = 0,722$  кДж/(кг К) и  $k = 1,4$ .

Ответ:  $q_1 = 1,29$  МДж/кг;  $l_0 = 628$  кДж/кг;  $\eta_t = 0,494$ .

### Задание к расчетно-графической работе

Используя схему СЭУ, приведенную на рисунке:

1. Укажите тип СЭУ, назовите основные ее элементы и их назначение в составе установки.

2. Изобразите термодинамический цикл СЭУ на диаграмме  $s - T$ . Назовите термодинамические процессы, реализуемые в отдельных элементах СЭУ. Укажите способы учета потерь энергии в отдельных процессах.

3. Укажите характеристики цикла и приведите формулы для расчета: КПД, подведённой и отведённой теплоты, эффективной работы, удельного расхода рабочего тела; сопоставьте цикл СЭУ с циклом Карно.

4. Оцените влияние различных факторов на эффективный КПД СЭУ. Укажите возможные способы утилизации отведенного тепла.

5. Рассчитайте эффективный КПД СЭУ и удельный расход рабочего тела, если в двухвальной схеме:  $P_1 = 0,1$  МПа;  $T_1 = 293$  К;  $P_2^1 = 0,5$  МПа;  $P_2 = 1,7$  МПа;  $T_3 = 1173$  К;  $r = 0,7$ ;  $T_5 = 1073$  К; выберите недостающие для расчета величины и обоснуйте их выбор.

6. Построить треугольники скоростей и эскизы профилей лопаток для осевой ступени  $\rho_r = 0$  при  $h_0 = 100$  кДж/кг для  $u/c_0 = 0,2; 0,5; 0,8$ , приняв вход потока в РК безударным. Угол выхода потока из НА  $\alpha_1 = 12^\circ$ . Принять угол  $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$ . Коэффициенты скоростей  $\varphi = 0,97$  и  $\psi = 0,94$ . Вычислить окружные потери в НА, РК и с выходной кинетической энергией, окружной теплоперепад и окружной КПД турбинной ступени.

### Задание к курсовому проекту

Спроектировать судовую дизельную установку

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

- 1) Тип и назначение судна
- 2) Водоизмещение (или дедвейт) судна
- 3) Главные размерения судна
- 4) Скорость хода судна
- 5) Дальность плавания судна
- 6) Автономность плавания

### СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Введение

1. Выбор типа установки. Определение мощности установки
  - 1.1. Характеристика судна и требования к СЭУ.
  - 1.2. Обоснование и выбор типа установки.
  - 1.3. Расчет буксировочной мощности судна.
  - 1.4. Состав и компоновочная схема пропульсивной установки.
  - 1.5. Определение эффективной мощности главной установки.
  - 1.6. Постановка задачи на проектирование.
2. Выбор типа и марки главных двигателей
  - 2.1. Определение номинальной мощности главных двигателей.
  - 2.2. Оценка технико-экономических показателей конкурентоспособных дизелей для проектируемой установки. Обоснование и выбор главных двигателей.
  - 2.3. Обоснование и выбор марки главных двигателей.
3. Расчет запасов топлива и масла на рейс судна
  - 3.1. Расчет и подбор основных емкостей и механизмов систем, обслуживающих главные двигатели.
  - 3.2. Расчет запасов топлива и масла главных двигателей на рейс судна.
  - 3.3. Разработка принципиальной схемы заданной системы судовой дизельной установки.
4. Определение параметров и характеристик судовой вспомогательной установки
  - 4.1. Определение мощности судовой электростанции. Выбор рода тока, типа привода и числа электрогенераторов.
  - 4.2. Определение паропроизводительности вспомогательных котлов. Выбор типа и марки вспомогательных котлов.
  - 4.3. Оценка возможности использования теплоутилизационной установки. Определение паропроизводительности утилизационного котла и выбор его марки.

Заключение

Выводы, основные характеристики спроектированной установки.

ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

1. Общее расположение механизмов в МКО (план трюма, платформы) или тепловая схема установки – 1 лист формата А1.
2. Принципиальная схема системы, обслуживающей главные и вспомогательные двигатели – 1 лист формата А1 (или А3).

### Вопросы к экзамену

1. Назначение и состав СЭУ. Преобразование энергии в СЭУ.
2. Современное состояние и перспективы развития судовой энергетики.
3. Мощностные показатели СЭУ.
4. Показатели энергетической эффективности СЭУ.
5. Массовые показатели СЭУ. Размещение энергетической установки на судне и габаритные показатели.
6. Методы определения буксировочной мощности судна.
7. Определение мощности главной установки и главных двигателей.
8. Выбор числа гребных валов и способа реверсирования судна.
9. Рекомендации по выбору типа СЭУ и главного двигателя.
10. Выбор тактности, числа цилиндров, частоты вращения ГД.
11. Современные МОД фирмы Sulzer типа RTA (Wärtsilä NSD).
12. Современные МОД фирмы MAN-B&W.
13. Характеристики типоразмерного ряда МОД ведущих дизелестроительных фирм.
14. Современные СОД и фирмы производители.
15. Тепловой баланс судовых дизелей.
16. Схема СДУ с утилизацией теплоты выхлопных газов.
17. Схема СДУ с утилизацией теплоты надувочного воздуха.
18. Схема СДУ с утилизацией пресной охлаждающей воды.
19. Комплексные системы утилизации теплоты в СДУ.
20. Современные валогенераторные, турбокомпаундные и комбинированные системы.
21. Классификация энергосберегающих систем судовых дизелей.
22. Классификация ГТУ.
23. Простейшая ГТУ открытого цикла: идеальный цикл ГТУ ( $p = \text{const}$ ) и реальный цикл ГТУ ( $p = \text{const}$ ).
24. ГТУ с регенерацией тепла.
25. Промежуточное охлаждение воздуха в ГТУ.
26. Промежуточный нагрев газа в ГТУ.
27. ГТУ закрытого типа: схема ГТУ и основные расчетные формулы.
28. Схема ГТУ с аккумулятором рабочего тела;
29. ГТУ закрытого типа с газоохлаждаемым реактором.
30. Тепломеханические схемы ГТУ.
31. Термодинамические циклы ПТУ: идеальный и реальный цикл Ренкина.
32. Предельный регенеративный цикл ПТУ.
33. Регенеративные тепловые схемы ПТУ.
34. Состав ПТУ и потребители энергии на судне.
35. Критерии тепловой экономичности ПТУ (КПД, удельный расход теплоты и топлива, частный КПД гребной установки, удельный расход топлива на милю).
36. Главные уравнения ПТУ второго рода: уравнение баланса энергии в ПТУ и уравнение главного котла.
37. Уравнение главной турбины без отбора пара. Уравнение баланса пара в ПТУ.
38. Общее выражение КПД ПТУ (вывод формулы шести сомножителей).
39. Характеристика схемы и измерители эффективности регенеративного процесса.
40. Главные уравнения ПТУ первого рода (кроме уравнения главной турбины).
41. Уравнение главной турбины с отборами.
42. Методы повышения тепловой экономичности ПТУ: повышение начальных параметров пара.
43. Промежуточный перегрев пара в ПТУ.
44. Выбор давления в конденсаторе.
45. Конденсатно-питательная система ПТУ (назначение и виды КПС).



46. Расположение основных элементов КПС.
47. Назначение и основные характеристики элементов КПС.
48. Циркуляционная система ПТУ.
49. Эжекторная система ПТУ.
50. Система продувания котла.
51. Преимущества комбинированных бинарных установок.
52. Парогазотурбинные установки (ПГТУ): схема, цикл, основные расчетные формулы.
53. Особенности ПГТУ и высоконапорного парогенератора.
54. Газопаротурбинные установки (ГПТУ): схема, цикл, основные расчетные формулы.
55. Температурная диаграмма утилизационного котла (УК).
56. Уравнения теплового баланса УК.
57. Об оптимизации параметров ГПТУ.
58. Физические основы работы ядерных реакторов. Ядерное топливо.
59. Устройство и классификация ядерных реакторов.
60. Принципиальная схема реактора. Способы размещения ядерного топлива.
61. Энергия нейтронов. Материалы замедлителя. Виды теплоносителей.
62. Специфика ЯЭУ.
63. Схема двухконтурной ЯЭУ с ВВРД и её цикл.
64. Одноконтурная ЯЭУ с газовым теплоносителем и газовой турбиной.
65. Схема и цикл трехконтурной ЯЭУ с жидкометаллическим теплоносителем.
66. Схема и цикл бинарной (гелиево-пароводяной) ЯЭУ.
67. Особенности тепловых схем ПТУ с ВВРД.
68. Примеры применения ЯЭУ на судах.
69. Назначение, род тока, напряжение, частота тока судовой электростанции. Источники электроэнергии на судне.
60. Методы определения потребной мощности судовой электростанции.
61. Вспомогательная котельная установка.
62. Назначение и классификация судовых передач. Прямые передачи.
63. Механические (зубчатые) передачи; реверсивные и неререверсивные.
64. Планетарные передачи; реверсивные и неререверсивные.
65. Гидравлические передачи: гидромуфты, гидротрансформаторы и объемные гидропередачи.
66. Электрические передачи.
67. Винтовые характеристики.
68. Внешние характеристики двигателей.
69. Совместная работа двигателей с ВФШ.
70. Совместная работа двигателей с ВРШ.
71. Работа главных двигателей с ВРШ при реверсе.
72. Основные понятия и задачи теории надежности.
73. Виды отказов и причины их возникновения.
74. Специфика обеспечения надежности и живучести СЭУ.
75. Показатели долговечности. Резервирование.
76. Общие требования размещения элементов СЭУ в корпусе судна.
77. Расположение главных двигателей.
78. Расположение оборудования судовой электростанции.
79. Расположение вспомогательных и утилизационных котлов.
80. Расположение вспомогательных механизмов и оборудования.

