

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

Отдел науки и инноваций

Аспирантура



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НР

T.A. Klyuchkova

Т.А. Ключкова

23 » 11 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ
(ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)»**

научная специальность

2.5.20 «Судовые энергетические установки и их элементы
(главные и вспомогательные)»

(уровень подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре)

Петропавловск-Камчатский,
2022

Рабочая программа составлена на основании Приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 года № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)», Постановления Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 года № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)», в соответствии с паспортом научной специальности 2.5.20 Судовые и энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)/

Составитель рабочей программы
Профессор кафедры ЭУЭС
д-р хим. наук, доцент

 Швецов В.А.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов».

Протокол № 3 от «15» 11 2022 г.

Заведующий кафедрой «Энергетические установки и электрооборудование судов»

канд. техн. наук, доцент

 Белов О.А.

«15» 11 2022 г.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)» является овладение методологией научного познания теории судовых энергетических установок и их главных и вспомогательных элементов; формирование профессиональной готовности и самостоятельной научной, исследовательской и педагогической деятельности; углубленное изучение принципов действия, основных характеристик судовых энергетических установок и их главных и вспомогательных элементов.

В связи с этим необходимо реализовать следующие **задачи**:

- формирование практических и теоретических знаний в области судовых энергетических установок и их главных и вспомогательных элементов;
- ознакомление с основными методами и направлениями теории обеспечения движения судна;
- овладение общенаучными методами снабжения энергией судна.

Изучение дисциплины «Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)» является неотъемлемой составной частью подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.5.20 «Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)».

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате обучения при изучении дисциплины, аспирант должен:

Знать:

- сущность основных понятий и законов конструирования систем судовых энергетических установок и их главных и вспомогательных элементов;
- сущность и основы теории рабочих процессов систем судовых энергетических установок и их главных и вспомогательных элементов;
- теоретические принципы действия энергетических установок и их главных и вспомогательных элементов;

Уметь:

- применять методы математического моделирования систем управления судовыми энергетическими установками и их главными и вспомогательными элементами;
- анализировать и объективно оценивать преобразования тепловой энергии в электрическую энергию;
- прогнозировать характеристики различных типов двигателей;

Владеть:

- методами расчета потерь работоспособности судовых энергетических установок и их главных и вспомогательных элементов;
- методами сравнения коэффициентов полезного действия рабочих циклов энергетических установок и их главных и вспомогательных элементов;
- методами расчета потерь работоспособности энергетических установок и их главных и вспомогательных элементов;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)» относится к дисциплинам направленным на подготовку к сдаче кандидатского экзамена образовательного компонента в структуре программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – программы аспирантуры), ее место определяется федеральными государственными требованиями (Приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 года № 951) к подготовке в

аспирантуре, она непосредственно связана и базируется на совокупности таких дисциплин, как «Организация и планирование работ при проведении научных исследований», «Информационный поиск и библиографической культуры», «Представление результатов научных исследований», «Судовые энергетические системы», «Надежность и диагностика».

Знания, умения и навыки, полученные обучающимися в ходе изучения дисциплины «Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)», необходимы для проведения научных исследований и подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук и представления научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

Дисциплина изучается на 3 учебном году (курсе), в 5, 6 семестрах.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов).

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Тематический план дисциплины

5 семестр

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий		Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Промежуточная аттестация
			лекции	практические занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 1 «Принцип действия, состав и основные показатели судовых энергетических установок»	40	30	20	10	10	тестирование	
Тема 1 «Дизельные, паротурбинные, газотурбинные установки»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Тема 2 «Ядерные энергетические установки, рабочие процессы в элементах ЯЭУ»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Тема 3 «Установки с прямым (безмашинным) преобразованием энергии»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Тема 4 «Энергетические установки судов с системами электродвижения»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Тема 5 «Методы анализа эффективности циклов»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Раздел 2 «Прикладные вопросы гидродинамики и теплопередачи в элементах энергетических установок»	32	24	16	8	8	тестирование	
Тема 6 «Безотрывное и отрывное течение жидкости. Одномерное течение газа. Течение газа в соплах и каналах»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Тема 7 «Конвективный теплообмен. Теплоотдача при конденсации пара на твердых поверхностях»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Тема 8 «Теплоотдача при кипении жидкости. Критические плотности теплового потока, вызывающие изменения режима кипения»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Тема 9 «Теплообмен излучением в	14	6	4	2	2	устный опрос,	

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий		Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Промежуточная аттестация
			лекции	практические занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8
поглощающих средах. Теплопередача. Теплообменные аппараты»						ПЗ	
Зачет		-	-	-	-		+
Всего	72	54	36	18	18		

* ПЗ – практическое занятие

6 семестр

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий		Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Промежуточная аттестация
			лекции	практические занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 3 «Основы оценки прочности элементов энергетических установок»	8	6	4	2	2		
Тема 10 «Устойчивость упругих систем. Колебания упругих систем»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Раздел 4 «Защита от вибрации и шума судовых энергетических установок»	16	12	8	4	4	тестирование	
Тема 11 «Вибрация и шум, возбуждаемые при работе энергетических установок и при движении сред в трубопроводах и каналах. Средства защиты от вибрации. Средства защиты от шума»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Тема 12 «Основы конструирования защитной амортизации судовых энергетических установок»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Раздел 5 «Проектирование судовых энергетических установок»	8	6	4	2	2		
Тема 13 «Выбор типа СЭУ»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Раздел 6 «Испытания, эксплуатация и надежность СЭУ»	24	18	12	6	6	тестирование	
Тема 14 «Содержание и задачи технической эксплуатации СЭУ. Анализ особенностей режима работы СЭУ в различных условиях эксплуатации»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Тема 15 «Техническое обслуживание основных элементов СЭУ. Маневренность СЭУ»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий		Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Промежуточная аттестация
			лекции	практические занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 16 «Надежность, выносливость и расчет по предельному состоянию. Требования к надежности установок и их основного оборудования»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Раздел 7 «Береговое техническое обслуживание СЭУ»	16	12	8	4	4		
Тема 17 «Надежность, ремонтпригодность, основные показатели. Виды и периодичность технического обслуживания и заводских ремонтов СЭУ»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Тема 18 «Техническая диагностика СЭУ»	14	6	4	2	2	устный опрос, ПЗ	
Экзамен	36	-	-	-	-		36
Всего	108	72	36	18	18		36

* ПЗ – практическое занятие

4.2 Содержание дисциплины

Раздел 1 « Принцип действия, состав и основные показатели судовых энергетических установок»

Тема 1 «Дизельные, паротурбинные, газотурбинные установки»

Лекция

Состав дизельных установок, их характеристики и область применения. Топливо и масла, применяемые в ДВС. Конструктивное устройство ДВС. Теория рабочих процессов в ДВС. Циклы поршневых ДВС. Скоростные и нагрузочные характеристики ДВС. Особенности поршневых ДВС новых схем и конструкций. Состав и область применения ПТУ. Теория паровых циклов. Анализ цикла Ренкина с учетом необратимых потерь. Цикл с промежуточным перегревом пара. Регенеративный цикл. Бинарные циклы ПТУ Рабочие процессы и тепловые схемы ПТУ. Топливо и масла, применяемые в ПТУ. Состав и область применения ГТУ. Цикл газотурбинных двигателей. Устройство, принцип действия и основные положения методов расчета газовых турбин, компрессоров, регенераторов и воздухоохладителей. Компоновка ГТУ, их классификации и тепловые схемы при полных и частичных нагрузках. Рабочие процессы и эксплуатационные характеристики судовых ГТД. ГТД замкнутого цикла. ГТУ с ядерными реакторами. Топливо и масла, применяемые в ГТУ.

Основные понятия темы: Состав дизельных установок. Состав паротурбинных установок. Состав газотурбинных установок. Циклы поршневых ДВС. Теория паровых циклов. Цикл газотурбинных двигателей.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Классификация судовых ДВС.
2. Утилизация тепловых потерь ДВС.
3. Мощностные ряды, массогабаритные и экономические показатели ДВС.
4. Основные массогабаритные и экономические показатели ПТУ и их основных элементов.

5. Основные массогабаритные и экономические показатели установок, главных агрегатов двигателей.

Вопросы для самоконтроля:

1. Конструктивное устройство ДВС.
2. Скоростные и нагрузочные характеристики ДВС.
3. Особенности поршневых ДВС новых схем и конструкций.
4. Теория паровых циклов.
5. Цикл газотурбинных двигателей.

Практическое занятие

Вопросы для обсуждения:

1. Потери и КПД ДВС. Мощность ДВС.
2. Теория и основные положения методов расчета парогенераторов, турбин, зубчатых передач и конденсаторов.
3. Основы расчета тепловых и энергетических балансов ПТУ.
4. Методы расчета двигателей.

Литература: [1]; [6]; [7]; [8]; [10]; [11]; [12].

Тема 2 « Ядерные энергетические установки, рабочие процессы в элементах ЯЭУ»

Лекция

Состав, основные характеристики судовых ЯЭУ. Принцип действия и устройство энергетических реакторов с водой под давлением (ВВРД) и кипящих реакторов (ВВПК). Характеристики судовых ЯЭУ с реакторами, охлаждаемыми водой. ЯЭУ с реакторами, в которых используется газообразный и жидкометаллический теплоноситель. Основы энергетического расчета ЯЭУ. Условия работы и основные показатели паропроизводящих установок в режиме естественной циркуляции.

Основные понятия темы: энергетические реакторы с водой под давлением (ВВРД), кипящие реакторы (ВВПК), газообразный и жидкометаллический теплоноситель, энергетический расчет ЯЭУ, режим естественной циркуляции.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Область применения судовых ЯЭУ.
2. Особенности размещения ЯЭУ в корпусе судна.

Вопросы для самоконтроля:

1. Состав, основные характеристики судовых ЯЭУ.
2. Характеристики судовых ЯЭУ с реакторами, охлаждаемыми водой.
3. Принцип действия и устройство энергетических реакторов с водой под давлением (ВВРД) и кипящих реакторов (ВВПК).
4. ЯЭУ с реакторами, в которых используется газообразный и жидкометаллический теплоноситель.
5. Условия работы и основные показатели паропроизводящих установок в режиме естественной циркуляции.

Литература: [1]; [6], [12].

Тема 3 « Установки с прямым (безмашинным) преобразованием энергии»

Лекция.

Принцип действия и возможные пути прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. Термоэлектрические генераторы. Цикл термоэлектрической установки. Термоэмиссионные генераторы. Цикл установки с термоэмиссионным генератором. Электрохимические генераторы. Магнетогидродинамические генераторы. Цикл МГД установки.

Основные понятия темы: прямое преобразование тепловой энергии в электрическую, термоэлектрический генератор, термоэмиссионный генератор, электрохимический генератор, магнетогидродинамический генератор.

Вопросы для самостоятельного изучения: Удельные характеристики энергетических установок с электрохимическими генераторами.

Вопросы для самоконтроля:

1. Цикл термоэлектрической установки.
2. Цикл установки с термоэмиссионным генератором.
3. Цикл МГД установки.

Литература: [1]; [6], [12].

Тема 4 «Энергетические установки судов с системами электродвижения»

Лекция

Принципиальные схемы систем электродвижения и рабочие процессы в них. Особенности энергетических установок со сверхпроводниковым криогенным оборудованием.

Основные понятия темы: рабочий процесс, система электродвижения, криогенное оборудование, сверхпроводимость.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Состав и характеристики элементов систем электродвижения.

Вопросы для самоконтроля:

1. Принципиальные схемы систем электродвижения и рабочие процессы в них.
2. Особенности энергетических установок со сверхпроводниковым криогенным оборудованием.

Литература: [1]; [6], [12].

Тема 5 «Методы анализа эффективности циклов»

Лекция

Методы сравнения термических КПД обратимых циклов. Энтропийный метод расчета потерь работоспособности в необратимых циклах. Энергетический метод расчета потерь работоспособности.

Основные понятия темы: обратимый цикл, термический КПД, необратимый цикл, энтропийный метод энергетический метод, потери работоспособности.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Методы сравнения КПД в необратимых циклах.

Вопросы для самоконтроля:

1. Методы сравнения термических КПД обратимых циклов.
2. Энтропийный метод расчета потерь работоспособности в необратимых циклах.
3. Энергетический метод расчета потерь работоспособности.

Практическое занятие

Вопросы для обсуждения:

1. Примеры расчета двигателей потерь работоспособности.

Литература: [1]; [6], [12].

Раздел 2 «Прикладные вопросы гидро-газодинамики и теплопередачи в элементах энергетических установок»

Тема 6 «Безотрывное и отрывное течение жидкости. Одномерное течение газа. Течение газа в соплах и каналах»

Лекция

Переход от ламинарного к турбулентному режиму течения. Отрыв пограничного слоя. Течение жидкости в трубах. Адиабатное течение газа с трением. Течение в трубе постоянного сечения. Давление подогреваемого газа в трубе. Расчет газовых течений с помощью газодинамических функций. Ускорение газового потока. Сверхзвуковое сопло. Скачки уплотнения. Прямые и косые скачки. Взаимодействие скачков уплотнения с пограничным слоем. Основные закономерности течения в турбинных и компрессорных решетках.

Основные понятия темы: ламинарный и турбулентный режимы течения, пограничный слой, адиабатное течение газа с трением, ускорение газового потока, сверхзвуковое сопло, сопло Лавала, скачки уплотнения.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Уравнение неразрывности. Уравнение энергии. Уравнение количества движения. Расчет реактивной силы.

2. Осреднение параметров неравномерного потока.

3. Нерасчетные режимы истечения из сопла Лавала.

4. Общие условия перехода дозвукового течения к сверхзвуковому и обратно.

Вопросы для самоконтроля:

1. Переход от ламинарного к турбулентному режиму течения.

2. Течение жидкости в трубах.

3. Течение в трубе постоянного сечения.

4. Основные закономерности течения в турбинных и компрессорных решетках.

Литература: [1]; [6]; [12].

Тема 7 «Конвективный теплообмен. Теплоотдача при конденсации пара на твердых поверхностях»

Лекция

Система основных уравнений теплообмена в потоке сжимаемого газа. Интегральные уравнения плоского стационарного пограничного слоя на непроницаемой поверхности. Турбулентный обмен. Основные уравнения теплообмена при пленочной конденсации насыщенного пара. Ламинарное и турбулентное течения пленки на вертикальной поверхности. Капельная конденсация, теплоотдача при конденсации пара внутри трубы и на внешней поверхности горизонтальной трубы.

Основные понятия темы: конвективный теплообмен, поток сжимаемого газа, плоский стационарный пограничный слой, касательное напряжение скорости, турбулентный обмен, пленочная конденсация, капельная конденсация.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Распределение касательных напряжений скоростей, плотности теплового потока и температуры в плоском пограничном слое.

2. Связь между коэффициентами турбулентной теплопроводности и вязкости.

Вопросы для самоконтроля:

1. Система основных уравнений теплообмена в потоке сжимаемого газа.

2. Интегральные уравнения плоского стационарного пограничного слоя на непроницаемой поверхности.

3. Основные уравнения теплообмена при пленочной конденсации насыщенного пара.

4. Ламинарное и турбулентное течения пленки на вертикальной поверхности.

5. Капельная конденсация, теплоотдача при конденсации пара внутри трубы и на внешней поверхности горизонтальной трубы.

Литература: [1]; [6]; [12].

Тема 8 «Теплоотдача при кипении жидкости. Критические плотности теплового потока, вызывающие изменения режима кипения»

Лекция

Теплоотдача при пузырьковом кипении. Теплоотдача при пленочном кипении. Критерий устойчивости двухфазного граничного слоя при свободной конвекции в большом объеме жидкости (первый кризис режима кипения). Переход от пленочного режима кипения к пузырьковому (второй кризис режима кипения).

Основные понятия темы: теплоотдача, пузырьковое кипение, свободная конвекция,

вынужденная конвекция, пленочное кипение, кризис в механизме кипения жидкости, двухфазный граничный слой.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Гидродинамическая природа кризисов в механизме кипения жидкости.

Вопросы для самоконтроля:

1. Теплоотдача при пузырьковом кипении.

2. Теплоотдача при пленочном кипении.

3. Критерий устойчивости двухфазного граничного слоя при свободной конвекции в большом объеме жидкости (первый кризис режима кипения). Переход от пленочного режима кипения к пузырьковому (второй кризис режима кипения).

Практическое занятие

Вопросы для обсуждения:

1. Пузырьковое кипение в большом объеме жидкости при свободной конвекции.

2. Пузырьковое кипение при вынужденной конвекции.

Литература: [1]; [6]; [12].

Тема 9 «Теплообмен излучением в поглощающих средах. Теплопередача. Теплообменные аппараты»

Лекция

Уравнение переноса энергии в поглощающей среде. Уравнения излучения в поглощающей среде. Сложный теплообмен и теплопередача. Теплопередача через стенку. Тепловая изоляция. Основные понятия гидродинамической устойчивости прямоточных теплообменных аппаратов при фазовых превращениях теплообменивающихся сред.

Основные понятия темы: теплообмен, теплопередача, поглощающая среда, перенос энергии, излучение, тепловая изоляция, тепловой расчет, гидромеханический расчет, гидродинамическая устойчивость, фазовые превращения.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Интенсификация процессов теплопередачи.

2. Типы теплообменных аппаратов.

Вопросы для самоконтроля:

1. Уравнение переноса энергии в поглощающей среде.

2. Уравнения излучения в поглощающей среде.

3. Сложный теплообмен и теплопередача.

4. Основные положения теплового расчета теплообменных аппаратов поверхностного типа.

Практическое занятие

Вопросы для обсуждения:

1. Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов.

2. Теплообменные смесительные аппараты.

3. Основные положения теплового расчета теплообменных аппаратов поверхностного типа.

Литература: [1]; [6]; [12].

Раздел 3 «Основы оценки прочности элементов энергетических установок»

Тема 10 «Устойчивость упругих систем. Колебания упругих систем»

Лекция

Потеря устойчивости. Критические силы и методы их определения. Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы. Поперечные, продольные и крутильные колебания. Свободные поперечные колебания системы с несколькими степенями свободы. Свободные крутильные колебания такой системы. Поперечные колебания балки с распределенной массой.

Основные понятия темы: упругие системы, потеря устойчивости, свободные и вынужденные колебания систем, динамический расчет системы, приближенные способы

определения основной части свободных колебаний упругой системы.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Устойчивость рам.
2. Устойчивость кругового кольца и цилиндрической оболочки.
3. Устойчивость подкрепленной цилиндрической оболочки.
4. Устойчивость круглой пластины и шарнирно-опорной прямоугольной пластины.

Вопросы для самоконтроля:

1. Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы.
2. Поперечные, продольные и крутильные колебания.
3. Свободные поперечные колебания системы с несколькими степенями свободы.
4. Свободные крутильные колебания системы с несколькими степенями свободы.
5. Поперечные колебания балки с распределенной массой.

Практическое занятие

Вопросы для обсуждения:

1. Порядок динамического расчета системы.
2. Приближенные способы определения основной части свободных колебаний упругой системы.

3. Определение критического числа оборотов вращающегося вала.

Литература: [1]; [6]; [12].

Раздел 4 «Защита от вибрации и шума судовых энергетических установок»

Тема 11 «Вибрация и шум, возбуждаемые при работе энергетических установок и при движении сред в трубопроводах и каналах. Средства защиты от вибрации. Средства защиты от шума»

Лекция

Частотный анализ вибрации и шума. Нормирование вибрации и шума. Активная и пассивная защита. Виброизоляция, вибропоглощение и виброгашение. Амортизация оборудования энергетических установок. Глушение шума при всасывании воздуха в воздушных каналах и в газоотводных системах. Акустические требования к расположению механизмов.

Основные понятия темы: частотный анализ вибрации и шума, нормирование вибрации и шума, активная и пассивная защита, виброизоляция, вибропоглощение и виброгашение, амортизация оборудования энергетических установок, фракция грунтов, акустические требования к расположению механизмов.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Виброзадерживающие и поглощающие массы.
2. Вибропоглащающие покрытия.
3. Звукоизолирующие и звукопоглащающие материалы и конструкции.

Вопросы для самоконтроля:

1. Частотный анализ вибрации и шума.
2. Нормирование вибрации и шума.
3. Активная и пассивная защита.
4. Виброизоляция, вибропоглощение и виброгашение.
5. Амортизация оборудования энергетических установок.

Литература: [1]; [4]; [5]; [6]; [9]; [12].

Тема 12 «Основы конструирования защитной амортизации судовых энергетических установок»

Лекция

Конструкции амортизаторов, их характеристики. Требования к расположению амортизаторов.

Основные понятия темы: защитная амортизация, требования к расположению

амортизаторов.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Типы и конструкции амортизаторов.

Вопросы для самоконтроля:

1. Конструкции амортизаторов, их характеристики.
2. Требования к расположению амортизаторов.

Практическое занятие

Вопросы для обсуждения:

1. Примеры конструирования защитной амортизации судовых энергетических установок.

Литература: [1]; [6]; [7]; [12].

Раздел 5 «Проектирование судовых энергетических установок»

Тема 13 «Выбор типа СЭУ»

Лекция

Размещение, выбор типа и компоновка ЭУ. Нагрузка судна по разделу «машинная установка». Управление и амортизация СЭУ.

Основные понятия темы: размещение ЭУ, компоновка ЭУ, выбор типа ЭУ, нагрузка судна, управление СЭУ, амортизация СЭУ.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Массогабаритные показатели ЭУ.

Вопросы для самоконтроля:

1. Размещение, выбор типа и компоновка ЭУ.
2. Нагрузка судна по разделу «машинная установка».
3. Управление и амортизация СЭУ.

Практическое занятие

Вопросы для обсуждения:

1. Примеры расчета нагрузки судна по разделу «машинная установка».

Литература: [1]; [6]; [7]; [12].

Раздел 6. Испытания, эксплуатация и надежность СЭУ

Тема 14 «Содержание и задачи технической эксплуатации СЭУ. Анализ особенностей режима работы СЭУ в различных условиях эксплуатации»

Лекция

Техническое использование, техническое обслуживание и организация технической эксплуатации СЭУ. Особенности режимов работы установок судов с электродвижением, гидropередачей, на подводных крыльях и воздушной подушке. Методы анализа и расчета аварийных, переходных и установившихся режимов работы судовых комплексов корпус судна – винты – движители.

Основные понятия темы: техническая эксплуатация СЭУ, методика выбора оптимального режима работы СЭУ, судовые комплексы корпус судна – винты – движители.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Анализ особенностей режима работы СЭУ в различных условиях эксплуатации.
2. Методика выбора оптимального режима работы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Организация технической эксплуатации СЭУ.
2. Особенности режимов работы установок судов с электродвижением, гидropередачей, на подводных крыльях и воздушной подушке.

3. Методы анализа и расчета аварийных, переходных и установившихся режимов работы судовых комплексов корпус судна – винты – движители.

Литература: [1]; [2]; [4]; [5]; [6]; [9]; [12].

Тема 15 «Техническое обслуживание основных элементов СЭУ. Маневренность СЭУ»

Лекция

Система технического обслуживания СЭУ: виды, периодичность, технология и организация работ. Принципы формирования системы технического обслуживания. Техничко-экономическая эффективность СЭУ. Экологические вопросы при проектировании СЭУ.

Основные понятия темы: техническое обслуживание основных элементов СЭУ (виды, периодичность, технология и организация работ), маневренность СЭУ, экологические вопросы при проектировании СЭУ.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Экологические вопросы при проектировании СЭУ. Экологические требования в мире и в России.

Вопросы для самоконтроля:

1. Принципы формирования системы технического обслуживания.
2. Техничко-экономическая эффективность СЭУ.
3. Система технического обслуживания СЭУ: виды, периодичность, технология и организация работ.

Практическое занятие

Вопросы для обсуждения:

1. Нормативные документы на техническое обслуживание СЭУ.

Литература: [1]; [4]; [5]; [6]; [9]; [12].

Тема 16 «Надежность, выносливость и расчет по предельному состоянию. Требования к надежности установок и их основного оборудования»

Лекция

Основные понятия теории надежности. Краткие сведения о статических методах в строительной механике машин. Накопление усталостных повреждений при нестационарном режиме. Эквивалентные напряжения и коэффициент запаса. Расчет по предельным состояниям и предельным нагрузкам. Виды отказов, методы расчетного и статистического определения показателей надежности.

Основные понятия темы: теория надежности, статические методы в строительной механике машин, переменные напряжения, усталостные повреждения, коэффициент запаса, отказ, предельное состояние, предельные нагрузки.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Оценка надежности при переменных напряжениях.
2. Расчет по предельным состояниям и предельным нагрузкам.

Вопросы для самоконтроля:

1. Основные понятия теории надежности.
2. Статические методы в строительной механике машин.
3. Эквивалентные напряжения и коэффициент запаса.
4. Методы расчетного и статистического определения показателей надежности.

Литература: [1]; [2]; [6]; [12].

Раздел 7 «Береговое техническое обслуживание СЭУ»

Тема 17 «Надежность, ремонтпригодность, основные показатели. Виды и периодичность технического обслуживания и заводских ремонтов СЭУ»

Лекция

Режимы и модели эксплуатации СЭУ. Циклы эксплуатации. Характер изменения мощности в период непрерывной работы СЭУ. Принципы и методы определения показателей безотказности СЭУ и отдельного оборудования. Основные факторы, влияющие на долговечность оборудования. Основные методы прогнозирования и подтверждения показателей долговечности на стадии разработки и испытаний.

Основные понятия темы: надежность, ремонтпригодность, долговечность, безотказность, циклы эксплуатации, прогнозирование показателей долговечности на стадии разработки и испытаний.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Термины и понятия (ремонтпригодность, долговечность, безотказность), показатели надежности.
2. Долговечность, основные показатели.

Вопросы для самоконтроля:

1. Режимы эксплуатации СЭУ.
2. Принципы определения показателей безотказности СЭУ и отдельного оборудования.
3. Факторы, влияющие на долговечность оборудования.
4. Методы прогнозирования и подтверждения показателей долговечности на стадии разработки и испытаний.

Практическое занятие

Вопросы для обсуждения:

1. Методы определения показателей безотказности СЭУ и отдельного оборудования.
2. Характер изменения мощности в период непрерывной работы СЭУ. Примеры из практики.

Литература: [1]; [4]; [5]; [6]; [9]; [12].

Тема 18 «Техническая диагностика СЭУ»

Лекция

Основные термины. Понятия, цели и задачи диагностирования. Принципы исследования энергетического оборудования как объекта диагностики. Методы диагностирования. Средства технической диагностики СЭУ: датчики, аппаратура, применение вычислительной техники, структурная организация СТД.

Основные понятия темы: диагностирование, энергетическое оборудование как объект диагностики, модель технического состояния, методы диагностирования.

Вопрос для самостоятельного изучения

1. Эффективность различных методов технического диагностирования оборудования СЭУ.

Вопросы для самоконтроля:

1. Цели и задачи диагностирования.
2. Принципы исследования энергетического оборудования.
3. Методы диагностирования.
4. Структурная организация средств технической диагностики СЭУ.

Практическое занятие

Вопросы для обсуждения:

1. Модель технического состояния.
2. Диагностические модели.
3. Средства технической диагностики СЭУ, их применение.

Литература: [1]; [2]; [4]; [5]; [6]; [9]; [12].

Типовые тесты для текущего контроля по первому разделу

1. В чем заключаются основные преимущества блочного типа компоновки СЭУ:

- 1) более детальная отработка технических решений
- 2) возможность повышения качества монтажных работ
- 3) возможность межпроектной унификации за счет использования функциональных и зональных блоков
- 4) возможность сокращения сроков проектирования и монтажа

2. Чем определяются минимально необходимые размеры отсеков СЭУ:

- 1) количеством отсеков
- 2) необходимостью размещения главных агрегатов пропульсивной установки и оборудования СЭС
- 3) необходимостью размещения грузового и транспортного оборудования
- 4) необходимостью размещения главных агрегатов пропульсивной установки и оборудования СЭС, транспортного и грузового оборудования

3. Чем ограничена возможная длина отсека СЭУ:

- 1) длиной ГД
- 2) водонепроницаемыми переборками
- 3) водопроницаемыми переборками
- 4) не ограничена

4. В чем заключаются основные недостатки среднего расположения СЭУ:

- 1) недостатков нет
- 2) большая протяженность валопровода
- 3) неудобная форма кормовых трюмов
- 4) необходимость в электрической главной передаче

5. По какой схеме выполняется расположение отсеков многовальной СЭУ:

- 1) линейной
- 2) последовательной
- 3) параллельной
- 4) эшелонной

6. Какие требования предъявляют к коридорам валопроводов:

- 1) водонепроницаемость
- 2) возможность подвода воздуха к подшипникам валопровода
- 3) наличие шахты выхода на главную палубу
- 4) обеспечение ремонта и обслуживания валопровода

7. Какое оборудование допустимо располагать на платформах и верхних палубах:

- 1) главные двигатели
- 2) главные дизель-генераторы
- 3) главные редукторы
- 4) парогенераторы

8. Где размещают аварийную электростанцию:

- 1) в трюме
- 2) на платформе
- 3) в надстройке
- 4) выше линии предельного аварийного погружения судна

9. Где размещают конденсатные насосы:

- 1) на главной палубе
- 2) на платформе
- 3) в колодцах двойного дна
- 4) в отдельных помещениях МКО

10. Назначение ледового ящика:

- 1) приготовление котловой воды
- 2) охлаждение главного конденсатора
- 3) прием забортной воды в условиях ледового плавания
- 4) сброс отработавшей забортной воды в условиях ледового плавания

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся

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 (семинарским) занятиям;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- подготовка к текущему контролю знаний по дисциплине и промежуточной аттестации.

Основная доля самостоятельной работы обучающихся приходится на подготовку к практическим (семинарским) занятиям, тематика которых полностью охватывает содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к практическим занятиям предполагает умение работать с первичной информацией.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень знаний умений и навыков с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания знаний умений и навыков на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования знаний умений и навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы их формирования.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (кандидатский экзамен)

1. Основные массогабаритные и экономические показатели установок, главных агрегатов двигателей. Методы расчета двигателей.
2. Переход от ламинарного к турбулентному режиму течения. Отрыв пограничного слоя.
3. Частотный анализ вибрации и шума. Нормирование вибрации и шума.
4. Теория и основные положения методов расчета парогенераторов, турбин, зубчатых передач и конденсаторов.
5. Потеря устойчивости. Критические силы и методы их определения.
6. Долговечность, основные показатели. Основные факторы, влияющие на долговечность оборудования.
7. Теплоотдача при пузырьковом кипении. Пузырьковое кипение в большом объеме жидкости при свободной конвекции.
8. Принцип действия и возможные пути прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. Термоэлектрические генераторы.
9. Активная и пассивная защита. Виброизоляция, вибропоглощение и виброгашение.
10. Цикл газотурбинных двигателей. Устройство, принцип действия и основные положения методов расчета газовых турбин, компрессоров, регенераторов и воздухоохладителей.
11. Ускорение газового потока. Сверхзвуковое сопло.
12. Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы.
13. Цикл термоэлектрической установки. Термоэмиссионные генераторы.

14. Приближенные способы определения основной части свободных колебаний упругой системы.
15. Методика выбора оптимального режима работы. Особенности режимов работы установок судов с электродвижением, гидродоходачей, на подводных крыльях и воздушной подушке.
16. Состав, основные характеристики и область применения судовых ЯЭУ.
17. Система основных уравнений теплообмена в потоке сжимаемого газа. Интегральные уравнения плоского стационарного пограничного слоя на непроницаемой поверхности.
18. Термины и понятия (ремонтосригодность, долговечность, безотказность), показатели надежности.
19. Характеристики судовых ЯЭУ с реакторами, охлаждаемыми водой. ЯЭУ с реакторами, в которых используется газообразный и жидкометаллический теплоноситель.
20. Уравнение переноса энергии в поглощающей среде. Уравнения излучения в поглощающей среде.
21. Техническая диагностика СЭУ. Основные термины. Понятия, цели и задачи диагностирования.
22. Состав дизельных установок, их характеристики и область применения.
23. Устойчивость рам. Устойчивость кругового кольца и цилиндрической оболочки.
24. Звукоизолирующие и звукопоглощающие материалы и конструкции. Глушение шума при всасывании воздуха в воздушных каналах и в газоотводных системах.
25. Принципиальные схемы, состав и характеристики элементов систем электродвижения и рабочие процессы в них.
26. Конструкции амортизаторов, их характеристики. Требования к расположению амортизаторов.
27. Принципы исследования энергетического оборудования как объекта диагностики.
28. Адиабатное течение газа с трением. Течение в трубе постоянного сечения. Давление подогреваемого газа в трубе.
29. Устойчивость подкрепленной цилиндрической оболочки. Устойчивость круглой пластины и шарнирно-опорной прямоугольной пластины.
30. Техническое использование, техническое обслуживание и организация технической эксплуатации СЭУ.
31. Топливо и масла, применяемые в дизельных установках. Классификация судовых дизельных установок. Конструктивное устройство дизельных установок.
32. Цикл установки с термоэмиссионным генератором. Электрохимические генераторы.
33. Размещение, выбор типа и компоновка энергетических установок. Массогабаритные показатели энергетических установок.
34. Методы сравнения термических КПД обратимых циклов. Методы сравнения КПД в необратимых циклах.
35. Общие условия перехода дозвукового течения к сверхзвуковому и обратно.
36. Нагрузка судна по разделу «машинная установка». Управление и амортизация СЭУ.
37. Принцип действия и устройство энергетических реакторов с водой под давлением (ВВРД) и кипящих реакторов (ВВПК).
38. Основные уравнения теплообмена при пленочной конденсации насыщенного пара.
39. Методы анализа и расчета аварийных, переходных и установившихся режимов работы судовых комплексов корпус судна – винты – движители.
40. Условия работы и основные показатели паропроизводящих установок в режиме естественной циркуляции.
41. Распределение касательных напряжений скоростей, плотности теплового потока и температуры в плоском пограничном слое.
42. Основные понятия теории надежности. Краткие сведения о статических методах в строительной механике машин.

43. Основные методы прогнозирования и подтверждения показателей долговечности на стадии разработки и испытаний.
44. Поперечные, продольные и крутильные колебания. Порядок динамического расчета системы.
45. Энтропийный метод расчета потерь работоспособности в необратимых циклах.
46. Теория паровых циклов. Анализ цикла Ренкина с учетом необратимых потерь.
47. Энергетический метод расчета потерь работоспособности.
48. Гидродинамическая природа кризисов в механизме кипения жидкости. Критерий устойчивости двухфазного граничного слоя при свободной конвекции в большом объеме жидкости (первый кризис режима кипения).
49. Эффективность различных методов технического диагностирования оборудования СЭУ.
50. Система технического обслуживания СЭУ: виды, периодичность, технология и организация работ. Принципы формирования системы технического обслуживания.
51. Типы теплообменных аппаратов. Основные положения теплового расчета теплообменных аппаратов поверхностного типа.
52. Сложный теплообмен и теплопередача. Теплопередача через стенку
53. Акустические требования к расположению механизмов.
54. Оценка надежности при переменных напряжениях. Накопление усталостных повреждений при нестационарном режиме.
55. Удельные характеристики энергетических установок с электрохимическими генераторами.
56. Теплообменные смесительные аппараты. Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов.
57. Виды отказов, методы расчетного и статистического определения показателей надежности.
58. Особенности энергетических установок со сверхпроводниковым криогенным оборудованием.
59. Интенсификация процессов теплопередачи. Тепловая изоляция.
60. Циклы эксплуатации. Характер изменения мощности в период непрерывной работы СЭУ.

7. Рекомендуемая литература

7.1 Основная литература

1. Сизых В.А. Судовые энергетические установки: учебник. – М.: РКонсульт, 2003. – 264 с. (13 экз.)

7.2 Дополнительная литература

2. Горелик Г.Б. Основы надежности судовых энергетических установок: учебное пособие. – Хабаровск: ТОГУ, 2007. – 137 с. (2 экз.)
3. Предотвращение загрязнения окружающей среды с судов : учеб. пособие / А.П. Пимошенко и др. – М.: Мир, 2004. – 320 с. (16 экз.)
4. Дайнего Ю.Г. Эксплуатация судовых энергетических установок, механизмов и систем. Практические советы и рекомендации. – М.: Моркнига, 2011. – 340 с. (1 экз.)
5. Дейнего Ю.Г. Эксплуатация судовых механизмов и систем. – М.: Моркнига, 2009. – 280 с. (9 экз.)
6. Емельянов П.С. Судовые энергетические установки: учеб. пособие. – СПб.: ГМА им. Адмирала С.О. Макарова, 2008. – 172 с. (6 экз.)
7. Конкс Г.А., Лашко В.А. Современное мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта. – М.: Машиностроение, 2005. – 512 с. (30 экз.)

8. Пахомов Ю.А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания : учебник. – М.: ТрансЛит, 2007. – 528 с. (7 экз.)
9. Захаров В.Г. Техническая эксплуатация судовых дизельных установок : учебник. – М.: Транс Лит, 2009. – 256 с. (1 экз.)
10. Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания: учебник. – М.: Моркнига. 2010. – 260 с. (6 экз.)
11. Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания: учебник [2-е изд., перераб. и доп.] . – М.: Моркнига, 2010. – 382 с. (4 экз.)
12. Перельман Р.С. Судовые энергетические установки – Одесса: Феникс, 2006. – 92 с. (7 экз.)

7.3 Методические указания

13. Швецов В.А. Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные). Программа курса и методические указания к изучению дисциплины для обучающихся направления подготовки 26.06.01 «Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта», направленность (профиль) подготовки «Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. – 24 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№ п/п	Web-ресурс	Режим доступа
1	Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»	http://lkkamchatgtu.ru:8080
2	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»	http://e.lanbook.com
3	Электронно-библиотечная система elibrary (периодические издания)	http://elibrary.ru
4	Электронно-библиотечная система «Юрайт»	http://www.biblio-online.ru
5	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	http://cyberleninka.ru/

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методика преподавания данной дисциплины предполагает чтение лекций, проведение практических (семинарских) занятий, индивидуальных консультаций по отдельным (наиболее сложным) специфическим проблемам дисциплины. Предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, а также прохождение промежуточной аттестации в виде кандидатского экзамена.

Лекции посвящаются рассмотрению наиболее важных концептуальных вопросов: основным понятиям; теоретическим основам разработки методических подходов к проведению натурных и лабораторных исследований; обсуждению вопросов, трактовка которых в литературе еще не устоялась либо является противоречивой. В ходе лекций обучающимся следует подготовить конспекты лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины; проверять термины, понятия с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь; обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.

Целью проведения практических (семинарских) занятий является закрепление знаний обучающихся, полученных ими в ходе изучения дисциплины на лекциях и самостоятельно. Практические занятия проводятся, в том числе, в форме семинаров; на них обсуждаются вопросы по теме, разбираются конкретные ситуации из практики натурных и лабораторных исследований судовых энергетических установок и их главных и вспомогательных элементов, проводится

тестирование, проводятся опросы. Для подготовки к занятиям семинарского типа обучающиеся выполняют проработку рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины; работу с конспектом лекций; подготовку ответов к вопросам практических занятий, просмотр рекомендуемой литературы.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем

10.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

~ электронные образовательные ресурсы, представленные в п. 8 рабочей программы;
 ~ интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством электронной почты.

10.2 Перечень лицензионного программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Foxit Reader	Программа для просмотра электронных документов
Google Chrome	Браузер
Kaspersky Antivirus	Средство антивирусной защиты
Moodle	Образовательный портал ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office	Программное обеспечение для работы с электронными документами
Антиплагиат	Система автоматической проверки текстов на наличие заимствований из общедоступных сетевых источников
7-zip	Архиватор
Microsoft Open License Academic	Операционные системы

10.3 Современные профессиональные базы данных (в том числе международные реферативные базы данных научных изданий)

Наименование электронного ресурса	Адрес сайта
Международная реферативная база данных научных изданий Web of Science	http://apps.webofknowledge.com
Международная реферативная база данных научных изданий Scopus	www.Scopus.com
Международная реферативная база данных научных изданий ASFA	www.fao.org
Международная система библиографических ссылок CrossRef	www.crossref.org

10.4 Перечень информационно-справочных систем

Наименование электронного ресурса	Адрес сайта
Справочно-правовая система Консультант Плюс	http://www.consultant.ru/online
Справочно-правовая система Гарант	http://www.garant.ru/online

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

–для проведения занятий лекционного типа, практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации учебная аудитория № 3-415 с комплектом учебной мебели на 22 посадочных места;

–для самостоятельной работы обучающихся – аудитория 3–410 (лаборатория схемотехники), оборудованная рабочими станциями с доступом к сети «Интернет» и комплектом учебной мебели;

–технические средства обучения для представления учебной информации большой аудитории: аудиторная доска, мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор).