



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОП

 Горбенко Ю.М.
(подпись) (ФИО)

«19» июня 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
электроэнергетики и
электротехники

 Силин Н.В.
(подпись) (ФИО.)

«19» июня 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Энергетические системы

Направление подготовки – 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль «Электроэнергетические системы и сети»

Форма подготовки очная

курс 4 семестр 7
лекции 18 час.
практические занятия 18 час.
лабораторные работы 18 час.
в том числе с использованием МАО лек.2 /пр. 4 /лаб. час.
всего часов аудиторной нагрузки 54 час.
в том числе с использованием МАО 6 час.
самостоятельная работа 90 час.
контрольные работы ()
курсовая работа _____ семестр
зачет _____ семестр
экзамен 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018, № 144.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и электротехники, протокол № 17 от «19» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой Н.В. Силин

Составитель (ли): ст. преподаватель Упский М. В.

Владивосток
2019

Оборотная сторона титульного листа РПУД

Пересмотрена и утверждена на заседании УС Школы

_____ « 24 » июня 2021 г. (протокол № 13)

Пересмотрена и утверждена на заседании УС

ДВФУ _____ « 15 » июля 2021 г. (протокол № 08-
21)

Пересмотрена и утверждена на заседании УС

Школы _____ « _____ » _____ 20__ г.
(протокол № ____)

Пересмотрена и утверждена на заседании УС

ДВФУ _____
« _____ » _____ 20__ г. (протокол № ____)

Аннотация

Дисциплина «Энергетические системы» разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроэнергетические системы и сети». Дисциплина «Энергетические системы» относится к дисциплинам по выбору и входит в дисциплины учебного плана, формируемые участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.01.01).

Общая трудоемкость составляет 4 зачетные единицы (144 часа). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 часов), в том числе в интерактивной форме (2 часа), лабораторные занятия (18 часов), практические занятия (18 часов), в том числе в интерактивной форме (4 часа), самостоятельная работа студента (90 часов). Дисциплина реализуется в 7 семестре на 4 курсе. Форма контроля по дисциплине – экзамен.

Для успешного изучения дисциплины «Основы энергоснабжения» студенты должны освоить дисциплин: «Высшая математика», «Общая энергетика», «Физика».

Целью изучения дисциплины «Энергетические системы» является: формирование систематизированных углубленных знаний в области формирования целостной многоуровневой системы управления электроэнергетическими системами с увеличением объемов автоматизации и повышением критической надежности всей системы, включая самые слабые и уязвимые звенья. Необходимо уяснить методы и способы упреждения системных рисков и угрозы планирования, знать возможные пути быстрого реагирования на инциденты и аварии. Эти знания позволят студентам успешно решать задачи в профессиональной деятельности, связанной с научными исследованиями, проектированием и эксплуатацией электроэнергетических систем и их подсистем.

Задачи дисциплины:

–изучение научных основ создания адаптивной системы централизованного и местного управления в нормальных и аварийных режимах;

–получение знаний в области применения быстродействующих программ для оценки состояния и управления в режиме on-line и off-line, в т.ч. электропотреблением;

–изучение новых информационно-технологических систем защиты, автоматики и управления ЭЭС;

–формирование системных и профессиональных компетенций по исследованию подсистем ЭЭС, методам расчета и анализа режимов электроэнергетических систем и их подсистем, по их управлению

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Профессиональные компетенции выпускников

Задача профессиональной деятельности	Объекты или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (ПС, анализ иных требований, предъявляемых к выпускникам)
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
Обеспечение безопасной, надежной и экономичной эксплуатации энергооборудова	Электроэнергетика (в сфере электроэнергетики и электротехники)	ПК-4 Способность и готовность анализировать научно-техническую информацию и	ПК – 4.1 Анализирует результаты научных исследований и разработок	20.030 20,031 20.032

<p>ния, расчет показателей функционирования, ведение режимов, выполнение диспетчерского графика нагрузки, бесперебойное энергоснабжение потребителей, поддержание нормативного качества отпускаемой энергии</p>		<p>документацию, изучать отечественный и зарубежный опыт в области эксплуатации и диагностики электрооборудования высокого напряжения</p>	<p>ПК – 4.2 Оценивает состояние отечественной энергосистемы, опыт в области эксплуатации и диагностики высоковольтного оборудования</p>	
			<p>ПК – 4.3 Оценивает состояние зарубежных энергосистем, опыт в области эксплуатации и диагностики высоковольтного оборудования</p>	
<p>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</p>				
<p>Обеспечение безопасной, надежной и экономичной эксплуатации энергооборудования, расчет показателей функционирования, ведение режимов, выполнение диспетчерского графика нагрузки, бесперебойное энергоснабжение потребителей, поддержание нормативного качества отпускаемой энергии</p>	<p>Электроэнергетика (в сфере электроэнергетики и электротехники)</p>	<p>ПК-12 Способность анализировать и интерпретировать процессы в электроэнергетических, электротехнических и электрофизических системах</p>	<p>ПК – 12.1 Способен изучать и понимать физику явлений в электротехнических и электрофизических системах</p>	<p>20.030 20,031 20.032</p>
			<p>ПК – 12.2 Оценивает процессы в электроэнергетических и электрофизических системах</p>	

Таблица 2 – Индикаторы достижения профессиональных компетенций выпускников

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский	
ПК – 4.1 – Анализирует результаты научных исследований и разработок	Знает методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований, разработок; методы анализа энергетических систем, как в теоретическом, так и в практическом плане
	Умеет анализировать научно-техническую информацию и документацию
	Владеет навыками изучения научно-технической информации и документации, изучения отечественного и зарубежного опыта в области эксплуатации и диагностики электрооборудования высокого напряжения
ПК – 4.2 – Оценивает состояние отечественной энергосистемы, опыт в области эксплуатации и диагностики высоковольтного оборудования	Знает современные отечественные достижения в области энергетики и методы диагностики электроустановок; методы и критерии анализа состояния энергосистемы страны
	Умеет изучать отечественный опыт в области эксплуатации и диагностики электрооборудования высокого напряжения
	Владеет навыками изучения отечественного в области эксплуатации и диагностики электрооборудования высокого напряжения; методами оценки состояния энергосистемы в стране
ПК – 4.3 – Оценивает состояние зарубежных энергосистемы, опыт в области эксплуатации и диагностики высоковольтного оборудования	Знает современные зарубежные достижения в области энергетики и методы диагностики электроустановок
	Умеет изучать зарубежный опыт в области эксплуатации и диагностики электрооборудования высокого напряжения
	Владеет навыками изучения отечественного в области эксплуатации и диагностики электрооборудования высокого напряжения; методами оценки состояния энергосистемы в разных странах
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский	
ПК – 12.1 – Способен изучать и понимать физику явлений в электротехнических и электрофизических системах	Знает физику происходящих процессов в электроэнергетических, электротехнических и электрофизических системах;
	Умеет дать анализ явлений в электроэнергетических, электротехнических и электрофизических системах; выбрать метод анализа процессов в электроэнергетических, электротехнических и электрофизических системах;
	Владеет способностью использования методов изучения и анализа физики явлений
ПК – 12.2 – Оценивает процессы в	Знает причины возникновения происходящих процессов в электроэнергетических,

электроэнергетических и электрофизических системах	электротехнических и электрофизических системах
	<p>Умеет дать анализ процессов в электроэнергетических, электротехнических и электрофизических системах; выбрать метод анализа процессов в электроэнергетических, электротехнических и электрофизических системах; дать интерпретацию процессов в электроэнергетических, электротехнических и электрофизических системах</p> <p>Владеет способностью использования методов анализа и интерпретации процессов в электроэнергетических и электрофизических системах;</p>

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Энергетические системы» применяются следующие методы активного обучения: «Мастер-класс». "Групповое обсуждение".

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИСЦИПЛИНЫ (18 ЧАСОВ)

Раздел I. Первый закон термодинамики. (6 час.)

Тема 1. Термодинамическое рабочее тело и параметры, его характеризующие (1 час.)

Введение. Термодинамическое рабочее тело. Рабочее тело и параметры его характеризующие. Давление. Термодинамические параметры состояния:

абсолютное давление; температура, удельный объем. Нулевое начало термодинамики. Абсолютная температура тела - средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул. Международная Практическая Температурная Шкала (МПТШ). Удельный объем – осреднённая макроскопическая величина.

Тема 2. Уравнение состояния термодинамического рабочего тела (1 час.)

Уравнение состояния идеального газа. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа Клапейрона-Менделеева. Смеси газов. Уравнение состояния смеси газов. Массовый или объемный состав смеси газов. Закон Дальтона. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Уравнения Майера и Боголюбова.

Тема 3. Теплота и теплоемкость (1 час.)

Теплоемкость. Теплоемкость массовая. Теплоемкость мольная. Теплоемкость объёмная. Вычисление теплоты и теплоемкости.

Тема 4. Работа в термодинамических процессах и внутренняя энергия (1 час.)

Понятие работы в термодинамических процессах. Диаграмма Уатта. Подынтегральная функция криволинейного интеграла для работы. Вычисление работы. Внутренняя энергия физического тела. Внутренняя энергия идеального газа. Вычисление dU в любом элементарном процессе. Определение внутренней энергии газа в конечном процессе 1-2.

Тема 5. Первый закон термодинамики (1 час.)

Частность первого закона термодинамики. Формулировки первого закона термодинамики. Аналитическое выражение первого закона термодинамики в дифференцированном виде. Связь между теплоемкостями C_p и C_v . Уравнение Майера. О двух классах термодинамических функций. Дифференциал функции состояния. Дифференциал функции процесса. Функция состояния – энтальпия.

Тема 6. Термодинамические процессы (1 час.)

Методология исследования термодинамических процессов. Изохорный процесс. $V = \text{const}$ - уравнение процесса. Графическая интерпретация. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в изохорном процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в изохорном процессе. Изобарный процесс. $P = \text{const}$ - уравнение процесса. Графическая интерпретация. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в изобарном процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в изобарном процессе. Изотермический процесс. $T = \text{const}$ - уравнение процесса. Графическая интерпретация. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в изотермическом процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в изотермическом процессе. Адиабатный процесс. $VP^k = \text{const}$ - уравнение процесса. Графическая интерпретация. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в адиабатном процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в адиабатном процессе. Политропный процесс. $VP^n = \text{const}$ - уравнение процесса. Графическая интерпретация. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в адиабатном процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в адиабатном процессе. Качественные особенности энергопревращений - в зависимости теплоемкости C от величины n .

Раздел 2. Второй закон термодинамики. (5 час.)

Тема 1. Замкнутые термодинамические процессы (2 час.) с использованием интерактивного метода "Групповое обсуждение"

Групповое обсуждение какого-либо вопроса направлено на нахождение истины или достижение лучшего взаимопонимания. Групповые обсуждения способствуют лучшему усвоению изучаемого материала.

На первом этапе группового обсуждения перед студентами ставятся вопросы оценки эффективности прямых и обратных термодинамических циклов. Студенты делятся на три-четыре большие подгруппы и каждой подгруппе выделяется определенное время (25-30 минут), в течение которого студенты должны подготовить аргументированный развернутый ответ. Преподаватель может устанавливать определенные правила проведения группового обсуждения. На втором этапе группового обсуждения вырабатывается групповое решение совместно с преподавателем.

Тематика для группового обсуждения:

Прямой цикл и термический К.П.Д. Обратный цикл, холодильный коэффициент и коэффициент термотрансформации.

Тема 2. Открытие второго начала термодинамики (2 час.) с использованием интерактивного метода "Групповое обсуждение".

Групповое обсуждение какого-либо вопроса направлено на нахождение истины или достижение лучшего взаимопонимания. Групповые обсуждения способствуют лучшему усвоению изучаемого материала.

На первом этапе группового обсуждения перед студентами ставятся вопросы формулировки второго закона термодинамики применительно к прямым и обратным термодинамическим циклам и понятия энтропии как термодинамической функции. Студенты делятся на три-четыре большие подгруппы и каждой подгруппе выделяется определенное время (25-30 минут), в течение которого студенты должны подготовить аргументированный развернутый ответ. Преподаватель может устанавливать определенные правила проведения группового обсуждения. На втором этапе

группового обсуждения вырабатывается групповое решение совместно с преподавателем.

Тематика для группового обсуждения:

Прямой цикл Карно. Обратный цикл Карно. Суть второго закона термодинамики. Вечный двигатель II рода. Формулировка Клаузиуса. Теорема Карно. Термический К.П.Д. цикла Карно. Энтропия.

Тема 3. Аналитическое выражение первого и второго законов термодинамики (1 час.)

Аналитическое выражение первого и второго законов термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Энтропия замкнутой термодинамической системы. Физический смысл энтропии

Раздел 3. Приложение второго закона термодинамики. (2 час.)

Тема 1. Приложение второго закона термодинамики - (TS-диаграмма). (1 час.)

Термодинамические процессы в системе координат - TS. Изохорный процесс. Изобарный процесс. Изотермический процесс. Адиабатный процесс. Политропный процесс. Эксергия и анергия. Эксергия идеального газа. Эксергия потока. Потери эксергии вследствие необратимости. О балансах и К.П.Д. в технической термодинамике

Тема 2. Компрессорные машины (1 час.)

Общие сведения о компрессорных машинах. Компрессоры объемного статического сжатия. Компрессоры динамического сжатия. Поршневые компрессоры. Роторные компрессоры. Турбокомпрессоры. Задачи термодинамического анализа компрессорных машин.

Раздел 4. Термодинамические свойства воды и водяного пара. (5 час.)

Тема 1. Фазовые состояния и превращения воды. (1 час.)

Фазовые диаграммы P, T -, P, V- и T, S для H₂O. Жидкость на линии фазового перехода. Сухой насыщенный пар. Влажный насыщенный пар. Перегретый пар. Таблицы термодинамических свойств

воды и водяного пара. Диаграмма T,S для воды и водяного пара. Диаграмма h,s для воды и водяного пара.

Тема 2. Цикл Ренкина (2 час.) с использованием интерактивного метода "Групповое обсуждение"

Групповое обсуждение какого-либо вопроса направлено на нахождение истины или достижение лучшего взаимопонимания. Групповые обсуждения способствуют лучшему усвоению изучаемого материала.

На первом этапе группового обсуждения перед студентами ставится проблема связанная с реализацией цикла Ренкина в России и за рубежом. Студенты делятся на три-четыре большие подгруппы и каждой подгруппе выделяется определенное время (25-30 минут), в течение которого студенты должны подготовить аргументированный развернутый ответ. Преподаватель может устанавливать определенные правила проведения группового обсуждения. На втором этапе группового обсуждения вырабатывается групповое решение совместно с преподавателем.

Тематика для группового обсуждения:

Цикл Карно с водяным паром и особенности цикла Ренкина, схема его реализации и оценка эффективности с учетом и без учета работы насоса. Величины, характеризующие эффективность работы пароэнергетических установок. Схема КЭС и пути повышения ее эффективности.

Тема 3. Бинарные (двойные) циклы. (1 час.)

Недостатки водяного пара как рабочего тела. Особенности бинарного цикла и его расчета. Циклы парогазовых установок.

Тема 4. Обратные термодинамические циклы. (1 час.)

Обратный цикл Карно. Разновидности обратных термодинамических цикло и оценка их эффективности. Холодильная машина. Схема холодильной машины и реальный цикл в $T-S$ диаграмме. Холодопроизводительность. Холодильные установки. Обратные тепловые циклы и процессы. Циклы воздушных холодильных машин. Циклы парокомпрессионных холодильных

машин. Пароэжекторные холодильные машины. Абсорбционные холодильные машины. Принцип работы теплового насоса.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИСЦИПЛИНЫ (18 часов)

Практические занятия (18 часов)

Занятие 1. Термодинамическое рабочее тело и параметры, его характеризующие (2 час.) с использованием метода интерактивного обучения «Мастер-класс»

Мастер–класс – это главное средство передачи концептуальной новой идеи своей (авторской) педагогической системы. Преподаватель как профессионал на протяжении ряда лет вырабатывает индивидуальную (авторскую) методическую систему, включающую целеполагание, проектирование, использование последовательности ряда известных дидактических и воспитательных методик, занятий, мероприятий, собственные «ноу-хау», учитывает реальные условия работы с различными категориями учащихся и т.п.

Мастер-класс как локальная технология трансляции педагогического опыта демонстрирует конкретный методический прием или метод, методику преподавания, технологию обучения и воспитания. Он состоит из заданий, которые направляют деятельности участников для решения поставленной педагогической проблемы, но внутри каждого задания участники абсолютно свободны: им необходимо осуществить выбор пути исследования, выбор средств для достижения цели, выбор темпа работы. Мастер-класс должен всегда начинаться с актуализации знаний каждого по предлагаемой проблеме, что позволит расширить свои представления знаниями других участников.

Основные преимущества мастер-класса — это уникальное сочетание короткой теоретической части и индивидуальной работы, направленной на приобретение и закрепление практических знаний и навыков

Вступление Преподавателем показываются примеры расчетов термодинамических параметров различных рабочих тел и их смесей.

Основная часть Преподаватель выполняет расчет термодинамических параметров различных рабочих тел и их смесей, акцентируя внимание на возможных сложностях и этапах, где возможно совершение ошибок. После этого студентами индивидуально выполняются аналогичные задачи. Преподаватель выполняет роль консультанта, организует самостоятельную работу студентов и управляет ею. Преподаватель совместно со студентами проводит обсуждение получившихся моделей по результатам проведенного занятия.

Выводы проводится дискуссия по результатам совместной деятельности преподавателя и студентов.

Темы проведения мастер-классов

1. Выбор и определение термодинамического рабочего тела.
2. Термодинамические параметры как среднестатистические характеристики рабочего тела.
3. Уравнение состояния идеального газа и его законы.
4. Смесы газов. Способы задания смеси газов.
5. Термодинамическая система координат.

Занятие 2. Первый закон термодинамики (2час.).

1. Тепло и теплоемкость.
2. Определение и различные способы вычисления теплоемкостей идеального газа.
3. Вычисление количества тепла с помощью различных зависимостей для теплоемкости.
4. Работа и ее свойства как термодинамической функции процесса.
5. Система координат $P - V$ и ее свойства.

6. Работа проталкивания и техническая работа.
7. Энтальпия.
8. Первое начало термодинамики и его аналитическое выражение.
9. Связь между теплоемкостями C_p и C_v .

Занятие 3. Термодинамические процессы и циклы (2 час.).

1. Задача и последовательность анализа газовых процессов.
2. Анализ основных (изохорного, изобарного, изотермического и адиабатного) процессов.
3. Особенности энерго - превращения и величин теплоемкостей в политропных процессах.
4. Определения прямого и обратного обобщенных циклов, примеры их осуществления и оценка эффективности.

Занятие 4. Второе начало термодинамики (2 час.) с использованием метода интерактивного обучения «Мастер-класс»

Мастер–класс – это главное средство передачи концептуальной новой идеи своей (авторской) педагогической системы. Преподаватель как профессионал на протяжении ряда лет вырабатывает индивидуальную (авторскую) методическую систему, включающую целеполагание, проектирование, использование последовательности ряда известных дидактических и воспитательных методик, занятий, мероприятий, собственные «ноу-хау», учитывает реальные условия работы с различными категориями учащихся и т.п.

Мастер-класс как локальная технология трансляции педагогического опыта демонстрирует конкретный методический прием или метод, методику преподавания, технологию обучения и воспитания. Он состоит из заданий, которые направляют деятельности участников для решения поставленной педагогической проблемы, но внутри каждого задания участники абсолютно свободны: им необходимо осуществить выбор пути исследования, выбор средств для достижения цели, выбор темпа работы. Мастер-класс должен всегда начинаться с актуализации знаний каждого по предлагаемой

проблеме, что позволит расширить свои представления знаниями других участников.

Основные преимущества мастер-класса — это уникальное сочетание короткой теоретической части и индивидуальной работы, направленной на приобретение и закрепление практических знаний и навыков

Вступление Преподавателем показываются примеры расчета прямого и обратного циклов Карно, изменения энтропии рабочих тел в термодинамических процессах.

Основная часть Преподаватель выполняет расчет прямого и обратного циклов Карно, изменения энтропии рабочих тел в термодинамических процессах, акцентируя внимание на возможных сложностях и этапах, где возможно совершение ошибок. После этого студентами индивидуально выполняются аналогичные задачи. Преподаватель выполняет роль консультанта, организует самостоятельную работу студентов и управляет ею. Преподаватель совместно со студентами проводит обсуждение получившихся моделей по результатам проведенного занятия.

Выводы проводится дискуссия по результатам совместной деятельности преподавателя и студентов.

Темы проведения мастер-классов

1. Прямой и обратный цикл Карно.
2. Предельные возможности рассмотренных циклов и вывод из их анализа.
3. Второй закон термодинамики как качественное дополнение первого начала термодинамики.
4. Теорема Карно и ее доказательство.
5. Вывод равенства Клаузиуса.
6. Энтальпия.
7. Вычисление энтропии.
8. Обратимые и необратимые процессы.

9. Аналитическое выражение первого и второго начал термодинамики для обратимых и необратимых процессов.
10. Энтальпия замкнутой термодинамической системы.
11. Статическое выражение второго закона термодинамики.

Занятие 5. Термодинамические основы анализа компрессорных машин (2 час.).

1. Одноступенчатый компрессор. Идеальная и реальная диаграммы работы, определение мощности привода.
2. Многоступенчатые компрессоры, особенности их работы и расчета. Определение оптимальных промежуточных давлений.
3. Анализ работы и особенности расчета турбокомпрессоров и струйных эжекторов.

Занятие 6. Термодинамические основы анализа двигателей внутреннего сгорания (ДВС) (2 час.)

1. Поршневые ДВС, работающие по циклу с подводом тепла при постоянном объеме.
2. Поршневые ДВС, работающие по циклу с подводом тепла при постоянном давлении.
3. Поршневые ДВС, работающие по циклу с подводом тепла при смешанном подводе тепла.
4. Сопоставление циклов поршневых ДВС. Их общие достоинства и недостатки.
5. Газотурбинные установки, работающие с подводом тепла при постоянном давлении.
6. Газотурбинные установки, работающие с подводом тепла при постоянном и постоянном объеме.
7. Сопоставление циклов ГТУ.
8. Пути повышения эффективности ГТУ.
9. Реактивные и ракетные двигатели.

10. Рассмотрение циклов безкомпрессорных и компрессорных воздушно-реактивных двигателей.

11. Особенности работы реактивных двигателей с твердым и жидким топливом.

Занятие 7. Реальные газы (2 час.).

1. Уравнения состояния реальных газов.
2. Водяной пар как рабочее тело энергетических установок.
3. Диаграмма P-T для H₂O.
4. Диаграмма P-V для H₂O.
5. Вычисление параметров воды, влажного и перегретого пара.
6. Диаграмма T-S для H₂O.
7. Уравнение состояния и таблицы воды и водяного пара.
8. Диаграмма i - S для водяного пара.
9. Графический расчет процессов с водяным паром.

Занятие 8. Паровые циклы (2 час.) с использованием метода интерактивного обучения «Мастер-класс»

Мастер–класс – это главное средство передачи концептуальной новой идеи своей (авторской) педагогической системы. Преподаватель как профессионал на протяжении ряда лет вырабатывает индивидуальную (авторскую) методическую систему, включающую целеполагание, проектирование, использование последовательности ряда известных дидактических и воспитательных методик, занятий, мероприятий, собственные «ноу-хау», учитывает реальные условия работы с различными категориями учащихся и т.п.

Мастер-класс как локальная технология трансляции педагогического опыта демонстрирует конкретный методический прием или метод, методику преподавания, технологию обучения и воспитания. Он состоит из заданий, которые направляют деятельности участников для решения поставленной педагогической проблемы, но внутри каждого задания участники абсолютно свободны: им необходимо осуществить выбор пути исследования, выбор

средств для достижения цели, выбор темпа работы. Мастер-класс должен всегда начинаться с актуализации знаний каждого по предлагаемой проблеме, что позволит расширить свои представления знаниями других участников.

Основные преимущества мастер-класса — это уникальное сочетание короткой теоретической части и индивидуальной работы, направленной на приобретение и закрепление практических знаний и навыков

Вступление Преподавателем показываются примеры расчетов цикла ПСУ с применением h - S диаграммы и таблиц свойств воды и водяного пара.

Основная часть Преподаватель выполняет расчет цикла ПСУ с применением h - S диаграммы и таблиц свойств воды и водяного пара, акцентируя внимание на возможных сложностях и этапах, где возможно совершение ошибок. После этого студентами индивидуально выполняются аналогичные задачи. Преподаватель выполняет роль консультанта, организует самостоятельную работу студентов и управляет ею. Преподаватель совместно со студентами проводит обсуждение получившихся моделей по результатам проведенного занятия.

Выводы проводится дискуссия по результатам совместной деятельности преподавателя и студентов.

Темы проведения мастер-классов

1. Цикл Карно с водяным паром.
2. Цикл Ренкина как основной цикл теплоэнергетических установок.
3. Величины, характеризующие эффективность работы ПСУ.
4. Пути повышения эффективности ПСУ (увеличение температуры и давления свежего пара, понижение давления в конденсаторе, промежуточный перегрев, применение регенерации тепла).
5. Основы расчета регенеративной схемы ПСУ.
6. Термодинамические основы теплофикации.
7. Анализ схем с ухудшенным вакуумом, противодавлением и промежуточным отбором пара.

Занятие 9. Комбинированные циклы (2 час.).

1. Бинарные циклы (на примере ртутно-водяного).
2. Схемы и анализ парогазового цикла.
3. Схемы и анализ цикла с МГД генератором.
4. Схемы и анализ циклов с применением низкокипящих веществ.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Общая энергетика» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Типовые контрольные и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Кириллин В.А. Техническая термодинамика для вузов / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. – 5-е издание., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 496 с.
<http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI5.html>,
<http://nelbook.ru/reader/?book=5>
2. Мирам А.О., Павленко В.А. Техническая термодинамика. Теплообмен - М.: Издательство АСВ, 2016. - 352 с.
<http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785930938418-SCN0001.html>
3. Рудобашта С. П. Теплотехника. - М.: КолосС, 2010. - 599 с.
<http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785953206587-SCN0002.html>
4. ШТЫМ А.С. Учебное пособие «Техническая термодинамика» - Изд. Дом ДВФУ, 2010 – 122с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:685967&theme=FEFU>
5. Овчинников Ю.В. Основы технической термодинамики - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 292 с. <http://znanium.com/bookread2.php?book=549343>

Дополнительная литература

1. Бахшиева Л.Т., Захарова А.А., Кондауров Б.П., Салтыкова В.С, Техническая термодинамика и теплотехника. – М.: Academia, 2006 – 272 с.
2. В. В. Федина, А. С. Тимофеева, Т. В. Никитченко, Техническая термодинамика: учебное пособие для вузов,- Старый Оскол : ТНТ, 2021.- 161 с.
3. Барилевич В.А., Смирнов Ю.А. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учебное пособие /. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с.
<http://znanium.com/bookread2.php?book=356818>
4. Овчинников Ю.В. Основы технической термодинамики - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 292 с. <http://znanium.com/bookread2.php?book=549343>
5. Д.В. Зеленцов Техническая термодинамика.- Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. - 140 с. <https://e.lanbook.com/book/73870#authors>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://k204.ru/books/dzubenko/index.htm> Дзюбенко Б.В. **Термодинамика**. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. Москва, 2006
2. <http://e.lanbook.com/view/book/5107/> Семенов Б. А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях
4. http://inocentr.com/educational_materials/energoser%20v%20teploteh%20i%20tehnolog%20Danilov%20O%20L%20.pdf Электронный учебник : МЭИ под ред. Данилова О.Л. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При чтении лекций по всем темам используется компьютерная техника для демонстрации слайдов с помощью программного приложения:

1. Microsoft Power Point;
2. Adobe Reader;
3. VLC media player, — бесплатный и свободный кросс-платформенный медиаплеер и медиаплатформа с открытым исходным кодом;
4. Microsoft Excel;
5. Microsoft Word;
6. Сертифицированный набор программ для вычислений свойств воды/водяного пара, газов и смесей газов "WaterSteamPro"TM;
7. Adobe Reader;
8. WinDjView.

Для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем используется электронная почта, технология и предоставляемые ею услуги по пересылке и получению электронных сообщений, называемых «письма» или «электронные письма», по распределённой, в том числе глобальной, компьютерной сети, преподавателя и обучающихся

III. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Успешное усвоение курса предполагает активное, творческое участие студента на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной работы. *Общие рекомендации:* изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы и

разработок, указанных в программе, особое внимание уделяется целям, задачам, структуре и содержанию курса. *Работа с конспектом лекций.* Просмотрите конспект сразу после занятий. Пометьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю. Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Важно проводить дополнительную работу с текстом конспекта: внимательно прочитать его; дополнить записи материалами из других источников, рекомендованных преподавателем; выделить все незнакомые понятия и термины и в дальнейшем поместить их в словарь. Наличие словаря определяет степень готовности студента к экзамену и работает как допуск к заключительному этапу аттестации. Необходимо систематически готовиться к практическим занятиям, изучать рекомендованные к прочтению статьи и другие материалы. Методический материал, обеспечивает рациональную организацию самостоятельной работы студентов на основе систематизированной информации по темам занятий курса. Практика – один из наиболее сложных и в то же время плодотворных видов (форм) вузовского обучения и воспитания. В условиях высшей школы практика – один из видов практических занятий, проводимых под руководством преподавателя, ведущего научные исследования по тематике практики и являющегося знатоком данной проблемы или отрасли научного знания. Практика предназначается для углубленного изучения той или иной дисциплины и овладения методологией применительно к особенностям изучаемой отрасли науки. Можно отметить, однако, что при изучении дисциплины в вузе практика является не просто видом практических занятий, а, наряду с лекцией, основной формой учебного процесса. Ведущей дидактической

целью практических занятий является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умений работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием практических занятий являются узловые, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы ведения занятия является совместная работа преподавателя и студентов над решением практических задач, а сам поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности. Оценка производится через механизм совместного обсуждения, сопоставления предложенных вариантов ответов с теоретическими и эмпирическими научными знаниями, относящимися к данной предметной области. Это ведет к возрастанию возможностей осуществления самооценки собственных знаний, умений и навыков, выявлению студентами «белых пятен» в системе своих знаний, повышению познавательной активности.

Университет обеспечивает учебно-методическую и материально-техническую базу для организации самостоятельной работы студентов.

Библиотека университета обеспечивает:

- учебный процесс необходимой литературой и информацией (комплектует библиотечный фонд учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с учебными планами и программами, в том числе на электронных носителях);
- доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

Кафедра:

- обеспечивает доступность всего необходимого учебно-методического и справочного материала;

- разрабатывает: учебно-методические комплексы, программы, пособия, материалы по учебным дисциплинам в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами;
- методические рекомендации, пособия по организации самостоятельной работы студентов;
- задания для самостоятельной работы;
- темы рефератов и докладов;
- вопросы к экзаменам и зачетам.

Изучение каждой дисциплины заканчивается определенными методами контроля, к которым относятся: текущая аттестация, зачеты и экзамены. Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. При подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Первоначально следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом опорные конспекты лекций. Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний. Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

IV. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В ходе обучения по курсу «Энергетические системы» используются следующие средства:

а) мультимедийные аудитории, оснащенные проектором и динамиками для проведения аудиовизуальных презентаций;

б) специализированная аудитория (Е934), оснащенная наглядными пособиями в виде плакатов и чертежей;



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
ОБУЧАЮЩИХСЯ**
по дисциплине «Энергетические системы»
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
профиль «Электроэнергетические системы и сети»
Форма подготовки очная

Владивосток
2019

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	7 семестр	изучение учебного пособия, тема "Основы технической термодинамики"	6	Собеседование по Первому и Второму законам термодинамики УО-1.1-65
2	7 семестр	изучение учебного пособия, тема "Компрессорные машины и циклы двигателей внутреннего сгорания"	6	Собеседование по разделу 3 - Термодинамический анализ циклов УО-2.1-15
3	7 семестр	изучение учебного пособия, тема "Циклы ПСУ и холодильных машин"	6	Собеседование по разделу 3 - Термодинамический анализ циклов УО-2.16-30
4	7 семестр	Индивидуальное задание, методические рекомендации по его выполнению студенты получают на практических занятиях	6	ПР-1- расчет цикла Ренкина
5	7 семестр	Подготовка к зачету – подготовка ответов на соответствующие вопросы	12	Зачет Вопросы 1-104.

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Задание №1-3 (п.1-3). Изучение учебного пособия [1, основная литература] на тему " Основы технической термодинамики ", "Компрессорные машины и циклы двигателей внутреннего сгорания", "Циклы ПСУ и холодильных машин".

Студенты самостоятельно изучают электронное учебное пособие по заданным тематикам. В ходе организации самостоятельного изучения учебного пособия студентами решаются следующие задачи:

- углублять и расширять профессиональные знания студентов;

- сформировать интерес к учебно-познавательной деятельности;
- научить студентов овладевать приемами процесса познания;
- развивать у них самостоятельность, активность, ответственность;
- развивать познавательные способности будущих специалистов.

Задание №4 (п. 4). Индивидуальное задание. Студентами самостоятельно выполняется расчет цикла Ренкина с заданными параметрами свежего пара и давлением в конденсаторе. Выполнить расчеты для случая применения промежуточного перегрева пара и регенерации тепла.

Задание №5. Подготовка к экзамену. Студенты самостоятельно готовятся к зачету и экзамену по приведенным вопросам (приложение 2).

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Задания №1-3. Задания готовятся устно и представляются в виде ответов при проведении собеседования. Для контроля используются оценочные средства текущего контроля УО-1 и УО-2 приведенные в ФОС (приложение 2).

Задание №4. Выполняется в письменном виде. Для контроля используются оценочные средства текущего контроля ПР-1 приведенные в ФОС (приложение 2).

Задание №5. Выполняется письменно в виде ответов на вопросы при проведении зачетов или экзамена, форма оформления свободная. Для контроля используются оценочные средства промежуточной аттестации в виде вопросов, приведенных в ФОС (приложение 2).

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Критерии оценки (устный ответ) на собеседовании

✓ 100-85 баллов (отлично) - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 84-76 - баллов (хорошо)- ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов,

событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 - балл (удовлетворительно) – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно)– ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Критерии оценки при ответе (письменный ответ) на зачетные/экзаменационные вопросы

✓ 100-86 баллов (отлично) - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

✓ 85-76 - баллов (хорошо) - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка

рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

✓ 75-61 - балл (удовлетворительно) – фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) – незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Энергетические системы»
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
профиль «Электроэнергетические системы и сети»
Форма подготовки (очная)

Владивосток
2019

**Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов
освоения дисциплины**

Заполняется в соответствии с Положением о фондах оценочных средств образовательных программ высшего образования – программ бакалавриата, специалитета, магистратуры ДВФУ, утвержденным приказом ректора от 12.05.2021 №12-13-850.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету

1. Термодинамическое рабочее тело.
2. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.
3. Вычисление энтропии.
4. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (давление).
5. Связь между теплоемкостями C_p и C_v .
6. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (температура).
7. О двух классах термодинамических функций.
8. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (удельный объем)
9. Энтальпия- функция состояния.
10. Уравнение состояния идеального газа.
11. Изохорный процесс.
12. Эксергия и анергия.
13. Уравнение состояния идеального газа. Универсальная газовая постоянная.
14. Изобарный процесс.
15. Определение эксергии термодинамического рабочего тела.
16. Уравнение состояния идеального газа для смеси газов
17. Изотермический процесс.
18. Потеря эксергии вследствие необратимости.
19. Смеси газов. Закон Дальтона.
20. Адиабатный процесс.
21. Вывод уравнения Гюи-Стодолы.

22. Смеси газов, заданные массовым составом.
23. Политропный процесс.
24. Смеси газов, заданные объемным составом.
25. Вычисление теплоемкости в политропном процессе.
26. Смеси газов, кажущийся молекулярный вес газовой смеси.
27. Круговые процессы или циклы.
28. Реальные газы.
29. Прямой цикл.
30. Истинная или мгновенная теплоемкость. Изменение теплоемкости от 0 до бесконечности.
31. Теплоемкость в изохорных и изобарных процессах.
32. Определение энтропии в изохорном процессе.
33. Вычисление теплоемкости.
34. Определение энтропии в изобарном процессе.
35. Вычисление теплоты.
36. Определение энтропии в изотермическом процессе.
37. Вычисление теплоты и теплоемкости для смеси газов.
38. Свойства влажного воздуха.
39. Работа.
40. Определение энтальпии влажного воздуха
41. Внутренняя энергия.
42. Энтропия – функция состояния.
43. Вычисление внутренней энергии.
44. Изменение тепловлажностного состояния влажного воздуха.
45. Процесс нагрева и охлаждения воздуха в I-d диаграмме.
46. Прямой цикл Карно и его анализ.
47. Обратный цикл Карно и его анализ.
48. Формулировки и содержание второго начала термодинамики.
49. Аналитическое выражение второго начала термодинамики.
50. Вычисление энтропии идеального газа.
51. Понятие об обратимых и необратимых процессах.
52. Первое и второе начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов.

- 53.Энтропия замкнутой термодинамической системы.
- 54.Статистическое выражение второго начала.
- 55.Границы применимости первого и второго начала термодинамики.
- 56.Диаграмма T-S и ее свойства.
- 57.Процессы в координатах T-S.
- 58.Цикл Карно в координатах T-S.
- 59.Произвольный цикл с регенерацией теплоты.
- 60.Понятие о среднеинтегральной температуре эквивалентном и соответствующих циклах Карно.
- 61.Обобщенный или регенеративный цикл Карно.
- 62.Понятие об эксергии и анергии.
- 63.Вычисление эксергии идеального газа.
- 64.Два метода термодинамических исследований.
- 65.О балансах и КПД при термодинамических исследованиях
- 66.Одноступенчатые компрессорные машины.
- 67.Многоступенчатые компрессорные машины.
- 68.Принцип работы турбокомпрессора.
- 69.Принцип работы струйного компрессора.
- 70.Уравнение состояния идеального газа. Универсальная газовая постоянная.
- 71.Аналитическое выражение второго начала термодинамики.
- 72.Понятие об обратимых и необратимых процессах.
- 73.Первое и второе начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов.
- 74.Энтропия замкнутой термодинамической системы.
- 75.Статистическое выражение второго начала.
- 76.Границы применимости первого и второго начала термодинамики.
- 77.Диаграмма T-S и ее свойства.
- 78.Процессы в координатах T-S.
- 79.Цикл Карно в координатах T-S.
- 80.Общие сведения об энергетических установках внутреннего сгорания.
- 81.Поршневые Д.В.С., работающие по циклу Отто.
- 82.Поршневые Д.В.С., работающие по циклу Дизеля.

83. Цикл поршневых Д.В.С. со смешанным подводом теплоты.
84. Сопоставление циклов поршневых Д.В.С.
85. Общие сведения о газо-турбинных установках и реализация цикла Брайтона.
86. Пути повышения эффективности работы ГТУ.
87. ГТУ, работающие по замкнутому процессу.
88. Общие сведения о реактивных двигателях и цикл прямоточного ВРД.
89. Цикл турбо-реактивного двигателя.
90. Цикл ракетного двигателя.
91. Таблицы и диаграммы водяного пара (общие сведения).
92. Диаграмма $h-s$ и цикл Карно с водяным паром.
93. Цикл Ренкина и оценка его эффективности.
94. Пути повышения эффективности пароэнергетических установок (P_1 , T_1 и P_2).
95. Пути повышения эффективности пароэнергетических установок (промперегрев и регенерация).
96. Термодинамические основы теплофикации и понятие о тригенерации.
97. Недостатки H_2O как рабочего тела, понятие о ВКВ и НКВ и области их применения в координатах $T-S$.
98. Бинарный цикл $Hq-H_2O$.
99. Парогазовый бинарный цикл.
100. Бинарный цикл с МГДГ.
101. Обратный цикл Карно и величины, характеризующие эффективность холодильной машины и теплового насоса.
102. Воздушная холодильная машина и особенности ее работы.
103. Паровые холодильные машины.
104. Тепловой насос.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

УО-1 Собеседование

Вопросы по темам/разделам дисциплины

1. Первый закон термодинамики

1. Термодинамическое рабочее тело.
2. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.
3. Вычисление энтропии.
4. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (давление).
5. Связь между теплоемкостями C_p и C_v .
6. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (температура).
7. О двух классах термодинамических функций.
8. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (удельный объем)
9. Энтальпия- функция состояния.
10. Уравнение состояния идеального газа.
11. Изохорный процесс.
12. Эксергия и анергия.
13. Уравнение состояния идеального газа. Универсальная газовая постоянная.
14. Изобарный процесс.
15. Определение эксергии термодинамического рабочего тела.
16. Уравнение состояния идеального газа для смеси газов
17. Изотермический процесс.
18. Потеря эксергии вследствие необратимости.
19. Смеси газов. Закон Дальтона.
20. Адиабатный процесс.
21. Вывод уравнения Гюи-Стодолы.
22. Смеси газов, заданные массовым составом.
23. Политропный процесс.
24. Смеси газов, заданные объемным составом.
25. Вычисление теплоемкости в политропном процессе.
26. Смеси газов, кажущийся молекулярный вес газовой смеси.

- 27.Круговые процессы или циклы.
- 28.Реальные газы.
- 29.Прямой цикл.
- 30.Истинная или мгновенная теплоемкость. Изменение теплоемкости от 0 до бесконечности.
- 31.Теплоемкость в изохорных и изобарных процессах.
- 32.Определение энтропии в изохорном процессе.
- 33.Вычисление теплоемкости.
- 34.Определение энтропии в изобарном процессе.
- 35.Вычисление теплоты.
- 36.Определение энтропии в изотермическом процессе.
- 37.Вычисление теплоты и теплоемкости для смеси газов.
- 38.Свойства влажного воздуха.
- 39.Работа.
- 40.Определение энтальпии влажного воздуха
- 41.Внутренняя энергия.
- 42.Энтропия – функция состояния.
- 43.Вычисление внутренней энергии.
- 44.Изменение тепловлажностного состояния влажного воздуха.
- 45.Процесс нагрева и охлаждения воздуха в I-d диаграмме.
- 46.Прямой цикл Карно и его анализ.
- 47.Обратный цикл Карно и его анализ.

2. Второй закон термодинамики

- 48.Формулировки и содержание второго начала термодинамики.
- 49.Аналитическое выражение второго начала термодинамики.
- 50.Вычисление энтропии идеального газа.
- 51.Понятие об обратимых и необратимых процессах.
- 52.Первое и второе начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов.
- 53.Энтропия замкнутой термодинамической системы.
- 54.Статистическое выражение второго начала.
- 55.Границы применимости первого и второго начала термодинамики.
- 56.Диаграмма T-S и ее свойства.

57. Процессы в координатах T-S.
 58. Цикл Карно в координатах T-S.
 59. Произвольный цикл с регенерацией теплоты.
 60. Понятие о среднеинтегральной температуре эквивалентном и соответствующих циклах Карно.
 61. Обобщенный или регенеративный цикл Карно.
 62. Понятие об эксергии и анергии.
 63. Вычисление эксергии идеального газа.
- О применении начал термодинамики в термодинамических исследованиях**
64. Два метода термодинамических исследований.
 65. О балансах и КПД при термодинамических исследованиях

УО-2 Собеседование

Вопросы по темам/разделам дисциплины

3. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЦИКЛОВ

Тема 1. Компрессорные машины

1. Одноступенчатые компрессорные машины.
2. Многоступенчатые компрессорные машины.
3. Принцип работы турбокомпрессора.
4. Принцип работы струйного компрессора.

Тема 2. Двигатели внутреннего сгорания

5. Общие сведения об энергетических установках внутреннего сгорания.
6. Поршневые Д.В.С., работающие по циклу Отто.
7. Поршневые Д.В.С., работающие по циклу Дизеля.
8. Цикл поршневых Д.В.С. со смешанным подводом теплоты.
9. Сопоставление циклов поршневых Д.В.С.
10. Общие сведения о газо-турбинных установках и реализация цикла Брайтона.
11. Пути повышения эффективности работы ГТУ.
12. ГТУ, работающие по замкнутому процессу.
13. Общие сведения о реактивных двигателях и цикл прямоточного ВРД.
14. Цикл турбо-реактивного двигателя.

15. Цикл ракетного двигателя.

Тема 3. Термодинамические свойства воды и водяного пара.

16. Таблицы и диаграммы водяного пара (общие сведения).

17. Диаграмма h-s и цикл Карно с водяным паром.

18. Цикл Ренкина и оценка его эффективности.

19. Пути повышения эффективности пароэнергетических установок (P_1 , T_1 и P_2).

20. Пути повышения эффективности пароэнергетических установок (промперегрев и регенерация).

21. Термодинамические основы теплофикации и понятие о тригенерации.

22. Недостатки H_2O как рабочего тела, понятие о ВКВ и НКВ и области их применения в координатах T-S.

23. Бинарный цикл $Hq-H_2O$.

24. Парогазовый бинарный цикл.

25. Бинарный цикл с МГДГ.

26. Обратный цикл Карно и величины, характеризующие эффективность холодильной машины и теплового насоса.

27. Воздушная холодильная машина и особенности ее работы.

28. Паровые холодильные машины.

29. Тепловой насос.

30. Дросселирование и его применение в технике.

ПР-1 Индивидуальное задание

Выполнить расчет цикла Ренкина с заданными параметрами свежего пара и давлением в конденсаторе.

Выполнить расчеты для случая применения промежуточного перегрева пара и регенерации тепла.

Задание по вариантам

N вар	P_1	t_1	P_2	$P_{пт}$	$P_{отб}$	η_{oi}
	МПа	°С	МПа	МПа	МПа	-
1	15	600	0,02	0,15	0,04	0,98
2	15	600	0,03	0,3	0,04	0,98
3	15	600	0,05	0,4	0,08	0,98
4	15	560	0,055	5	0,1	0,98
5	15	560	0,06	2	0,2	0,95
6	15	560	0,07	2	0,2	0,95
7	10	550	0,011	2	0,4	0,95
8	10	550	0,012	2	0,5	0,95

9	10	550	0,013	0,3	0,05	0,9
10	10	550	0,014	0,2	0,06	0,9
11	10	500	0,015	0,3	0,07	0,9
12	5	500	0,016	0,1	0,08	0,9
13	5	500	0,017	0,2	0,03	0,85
14	5	500	0,018	0,3	0,04	0,85
15	5	450	0,019	0,4	0,05	0,85
16	5	450	0,02	0,5	0,06	0,85
17	3	450	0,021	0,1	0,05	0,82
18	3	450	0,022	0,2	0,06	0,82
19	3	300	0,023	0,3	0,07	0,82
20	3	300	0,024	0,1	0,08	0,8
21	3	300	0,025	0,2	0,1	0,8
22	3	300	0,026	0,3	0,2	0,8
23	3	300	0,027	0,4	0,3	0,8
24	3	600	0,005	0,2	0,01	0,98
25	3	600	0,006	0,3	0,01	0,98
26	3	600	0,007	0,4	0,02	0,98
27	3	560	0,008	0,5	0,03	0,98
28	3	560	0,009	0,6	0,03	0,95
29	3	560	0,01	0,7	0,04	0,95
30	3	550	0,011	0,8	0,04	0,95
31	5	550	0,012	0,9	0,05	0,95
32	5	550	0,013	1	0,06	0,95
33	5	550	0,014	2	0,07	0,9
34	5	500	0,015	3	0,09	0,9
35	5	500	0,016	4	0,1	0,9
36	10	500	0,017	0,5	0,02	0,9
37	10	500	0,018	1	0,05	0,85
38	10	450	0,019	2	0,05	0,85
39	10	450	0,02	3	0,1	0,85
40	10	450	0,021	4	0,2	0,85
41	15	450	0,05	0,5	0,3	0,83
42	10	400	0,04	0,1	0,05	0,83
43	10	400	0,05	0,2	0,1	0,83
44	10	400	0,05	0,3	0,15	0,8
45	10	400	0,05	0,4	0,2	0,8
46	15	400	0,027	0,5	0,3	0,8

Тесты

Задание #1

Вопрос:

Термодинамическая система без обмена с внешней средой веществом и энергией называется:

Выберите один из 3 вариантов ответа:

- 1) Адиабатной
- 2) Открытой
- 3) Замкнутой

Задание #2

Вопрос:

В каком процессе (исходя из первого закона термодинамики) вся теплота подведенная к системе идет на изменение внутренней энергии?

Выберите один из 3 вариантов ответа:

- 1) В изотермическом
- 2) В изохорном
- 3) В адиабатном

Задание #3

Вопрос:

Термодинамический процесс без теплообмена с окружающей средой называется:

Выберите один из 3 вариантов ответа:

- 1) Изотермическим
- 2) Адиабатным
- 3) Изобарным

Задание #4

Вопрос:

Если степень сухости пароводяной смеси равна нулю ($x=0$), какому состоянию это соответствует?

Выберите один из 3 вариантов ответа:

- 1) Пар в состоянии насыщения
- 2) Такого состояния не бывает
- 3) Вода в состоянии насыщения

Задание #5

Вопрос:

В каких единицах измеряется относительная влажность воздуха?

Выберите один из 3 вариантов ответа:

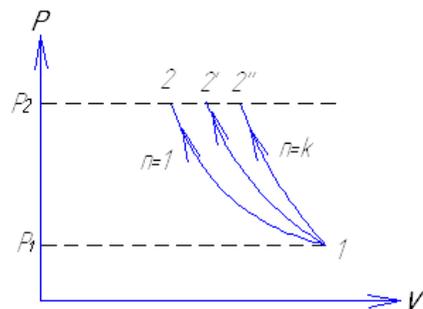
- 1) кг воды/кг воздуха
- 2) %
- 3) кг/м³

Задание #6

Вопрос:

В каком процессе сжатия на диаграмме работа затрачиваемая на привод компрессора минимальна?

Изображение:



Выберите один из 3 вариантов ответа:

- 1) 1-2
- 2) 1-2''
- 3) 1-2'

Задание #7

Вопрос:

По какому уравнению рассчитывается холодильный коэффициент (эффективность работы холодильной машины)?

Выберите один из 3 вариантов ответа:

1)
$$X = \frac{Q_1}{L_{\text{ц}}} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

2)
$$X = \frac{L}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

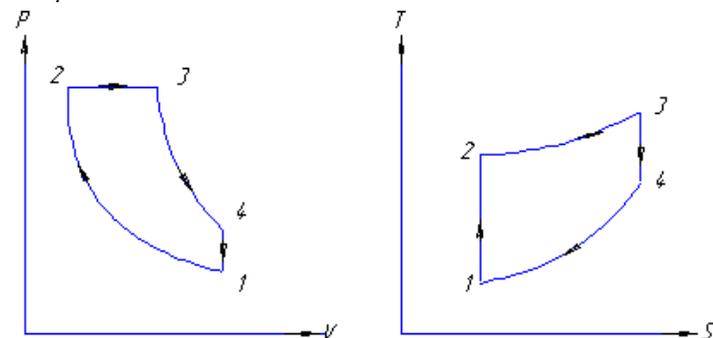
3)
$$X = \frac{Q_2}{L_{\text{ц}}} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

Задание #8

Вопрос:

Цикл ДВС изображенный на диаграмме называется:

Изображение:



Выберите один из 3 вариантов ответа:

- 1) Цикл Тринклера
- 2) Цикл Отто
- 3) Цикл Дизеля

Задание #9

Вопрос:

Цикл паросиловой установки, который происходит только в области влажного пара называется:

Выберите один из 3 вариантов ответа:

- 1) циклом Отто
- 2) циклом Карно
- 3) циклом Ренкина

Задание #10

Вопрос:

Эффективность работы любой компрессионной холодильной машины оценивается следующими характеристиками:

Выберите один из 3 вариантов ответа:

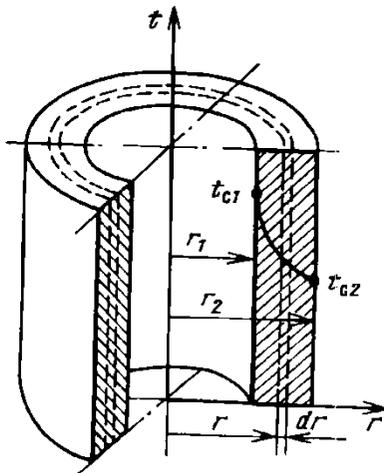
- 1) Затратами энергии в виде работы цикла, температурой охлаждаемого тела, холодильным коэффициентом
- 2) Хладопроизводительностью, температурой охлаждаемого тела, холодильным коэффициентом
- 3) Хладопроизводительностью, затратами энергии в виде работы цикла, температурой охлаждаемого тела, холодильным коэффициентом

Задание #11

Вопрос:

Теплопроводность через плоскую цилиндрическую однослойную стенку рассчитывается по формуле

Изображение:



Выберите один из 3 вариантов ответа:

1) $q_l = \frac{2 \cdot \pi \cdot (t_1 - t_2)}{R}$, где $R = \sum_{i=1}^n \frac{l}{\lambda_i} \cdot \ln \left(\frac{d_{i+1}}{d_i} \right)$

2)

$$t_r = t_1 - \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \cdot \ln \frac{d_r}{d_1}$$

3)

$$q = \frac{\pi \cdot (t_1 - t_2)}{2 \cdot \lambda \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}}$$

Задание #12

Вопрос:

$$Re = \frac{\omega \cdot l}{\nu}$$

Число Рейнольд ν характеризует

Выберите один из 3 вариантов ответа:

- 1) характеризует интенсивность конвективного теплообмена (связывает количество теплоты, передаваемой за счет конвекции, и перенос теплоты за счет теплопроводности при одном и том же перепаде температур)
- 2) условия движения теплоносителя (связывает скоростные характеристики потока с действием сил трения)
- 3) характеризует относительную эффективность подъемной силы, вызывающей свободную конвекцию

Задание #13

Вопрос:

Почему тепловое излучение интенсивно при высоких температурах поверхности тела?

Выберите один из 3 вариантов ответа:

- 1) Потому что зависит от абсолютной температуры в 4 степени.
- 2) Потому что зависит от абсолютной температуры в 6 степени.
- 3) Потому что зависит от абсолютной температуры во 2 степени.

Задание #14

Вопрос:

Что характеризует критический диаметр изоляции?

Выберите один из 3 вариантов ответа:

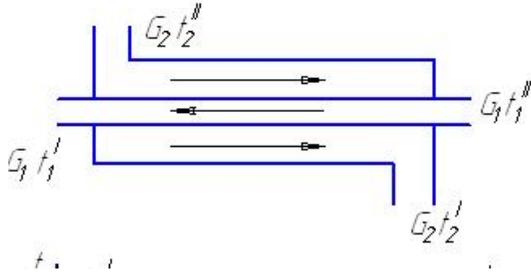
- 1) Это величина при которой тепловые потери с трубопровода максимальны (при неправильном выборе изоляции).
- 2) Это величина при которой тепловые потери с трубопровода минимальны (при неправильном выборе изоляции).
- 3) Это величина при которой тепловые потери с трубопровода минимальны.

Задание #15

Вопрос:

Как называется такая схема движения теплоносителей?

Изображение:



Выберите один из 3 вариантов ответа:

- 1) Прямоток
- 2) Противоток
- 3) Перекрестная

Критерии оценки (устный ответ) на собеседовании

✓ 100-85 баллов (отлично) - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 - баллов (хорошо)- ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 - балл (удовлетворительно) – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно)– ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

**Критерии выставления оценки студенту на зачете/ экзамене
по дисциплине «Энергоснабжение»:**

Баллы (рейтинго вой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям <i>Дописать оценку в соответствии с компетенциями. Привязать к дисциплине</i>
100-86	«зачтено»/ «отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. Уверенно знает фундаментальные законы существования тепловых процессов и понятия термодинамики, механизмы энергопревращений и реализации их в циклах энергоустановок, основные уравнения, описывающие процесс преобразования энергии, влияние параметров рабочего тела на технико-экономические показатели циклов энергоустановок. Свободно умеет применять фундаментальные законы существования тепловых процессов при расчетах циклов энергоустановок, производить расчеты технико-экономических показателей циклов энергоустановок. Отлично владеет принципами расчетов циклов энергоустановок с оценкой их эффективности.
85-76	«зачтено»/ «хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Хорошо знает фундаментальные законы существования тепловых процессов и понятия термодинамики, механизмы энергопревращений и реализации их в циклах энергоустановок, основные уравнения, описывающие процесс преобразования энергии, влияние параметров рабочего тела на технико-экономические показатели циклов энергоустановок. Умеет применять фундаментальные законы существования тепловых процессов при расчетах циклов энергоустановок, производить расчеты технико-экономических показателей циклов энергоустановок. Владеет принципами расчетов циклов энергоустановок с оценкой их эффективности.

Баллы (рейтинго вой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям <i>Дописать оценку в соответствии с компетенциями. Привязать к дисциплине</i>
75-61	<i>«зачтено»/ «удовлетвор ительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ. Поверхностно знает фундаментальные законы существования тепловых процессов и понятия термодинамики, механизмы энергопревращений и реализации их в циклах энергоустановок, основные уравнения, описывающие процесс преобразования энергии, влияние параметров рабочего тела на технико-экономические показатели циклов энергоустановок. Немного умеет применять фундаментальные законы существования тепловых процессов при расчетах циклов энергоустановок, производить расчеты технико-экономических показателей циклов энергоустановок. Частично владеет принципами расчетов циклов энергоустановок с оценкой их эффективности.
60-50	<i>«не зачтено»/ «неудовлетв орительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Не знает фундаментальные законы существования тепловых процессов и понятия термодинамики, механизмы энергопревращений и реализации их в циклах энергоустановок, основные уравнения, описывающие процесс преобразования энергии, влияние параметров рабочего тела на технико-экономические показатели циклов энергоустановок. Не умеет применять фундаментальные законы существования тепловых процессов при расчетах циклов энергоустановок, производить расчеты технико-экономических показателей циклов энергоустановок. Не владеет принципами расчетов циклов энергоустановок с оценкой их эффективности.