

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Объединенный институт высоких температур Российской академии наук
(ОИВТ РАН)

Принято на Ученом совете
ОИВТ РАН
Протокол № 5 от 21.06.2022

«Утверждаю»

Директор ОИВТ РАН

Петров О.Ф.

2022 год



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины «Энергетические установки и анализ их эффективности»

направление подготовки: 13.06.01 Электро- и теплоэнергетика
(специальность – 2.4.5 Энергетические системы и комплексы)

Квалификация
Исследователь. Преподаватель- исследователь

Москва- 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель освоения дисциплины «**Энергетические установки и анализ их эффективности**» — акцентировать внимание студентов на ключевых изменениях и тенденциях в теплофизике, как фундаментальной основе энергетики, за счет достижений в физике, химии и других науках, и необходимости снижения негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Задачами данного курса являются:

- получение представлений об энергогенерирующих установках и способах увеличения их КПД;
- изучение различных видов энергоносителей, включая твердые, жидкие и газообразные топлива;
- изучение экологических аспектов энергетики: парниковый эффект, очистка газовых выбросов;
- обсуждение перспективных энергоустановок будущего.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «**Современные проблемы энергосберегающих технологий**» базируется на дисциплинах: молекулярная физика, общая термодинамика. Также указанная дисциплина существенно опирается на навыки математического анализа и линейной алгебры.

3. УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

4. ГОД И СЕМЕСТР ОБУЧЕНИЯ

Второй год, четвертый семестр обучения

5. ОБЪЁМ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ И ВИДЫ ОТЧЁТНОСТИ

Вариативная часть, в т.ч. :	<u>4</u> зач. ед.
Лекции	<u>28</u> часа
Практические занятия	<u>44</u> часов
Лабораторные работы	<u>нет</u> часов
Индивидуальные занятия с преподавателем	<u>нет</u> часов
Самостоятельные занятия	<u>108</u> часов
Итоговая аттестация	диф. зачет 2 курс.
ВСЕГО	5 зач. ед., 180 часов

6. КОНКРЕТНЫЕ ЗНАНИЯ, УМЕНИЯ И НАВЫКИ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины «**Современные проблемы энергосберегающих технологий**» обучающийся должен:

1. Знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- основы физики твердого тела, жидкого состояния, газов и плазмы;

- экспериментальные методы исследований термодинамических и теплофизических свойств веществ;
- теоретические методы расчета термодинамических процессов в теплофизике, химии конверсии топлив, и в устройствах прямого преобразования энергии;
- методы защиты окружающей среды и практические требования к процессам и технологиям в электроэнергетике.

2. Уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и экспериментальных результатов.

3. Владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов экспериментов и сопоставления с теоретическими и литературными данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками выполнения оценок термодинамических свойств вещества при высоких давлениях и температурах для анализа процессов в экстремальных условиях.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура дисциплины

Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам:

№ темы и название	Количество часов
1. Основные схемы энергетических установок	68
2. Циклы энергетических установок и анализ их эффективности	68
3. Экологические проблемы энергетических установок	44
ВСЕГО (часов)	180

Вид занятий

Лекции:

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость (количество часов)
1	Типовые конструктивные схемы паротурбинных энергетических установок. Простейшие газотурбинные двигатели. Схема и основные параметры ГТУ. Установки с регенерацией	6

	теплоты. Схемы ГТУ с регенератором теплоты.	
2	Твердое топливо - значительные ресурсы, добыча и экономичность, современные методы сжигания и использования тепла твердого топлива, переработка в жидкое и газообразное топливо.	4
3	Жидкое топливо - особенности и преимущества двигателей на жидком горючем, основные моторные топлива из нефти и синтетические жидкие топлива, оценки перспектив использования.	4
4	Природный газ - аспекты использования в энергетике как чистого и чрезвычайно эффективного топлива, ресурсы и перспективы.	4
5	Энергетическое использование отходов и экономические и экологические аспекты такого использования отходов.	4
6	Основные циклы тепловых машин, рабочие тела, способы подвода и отвода теплоты, регенерация теплоты. Основные показатели энергетических машин.	6
7	Цикл простейшей ПТУ. T,s- диаграмма водяного пара.	4
8	Идеальный и действительный цикл. Влияние зависимости теплоемкости от температуры на параметры цикла. Оптимизация цикла простейшей ГТУ. Ограничения по температуре газа. Изменение удельной работы и количества подводимого тепла.	4
9	Технологии очистки сбросных газов энергетических установок	4
10	Способы организации циклов энергетических установок, позволяющие уменьшить вредные выбросы в атмосферу	4
	ВСЕГО (часов)	44 часа

Лабораторные занятия: нет

Практические занятия (семинары)

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость (количество часов)
1	Типовые конструктивные схемы паротурбинных энергетических установок. Простейшие газотурбинные двигатели. Схема и основные параметры ГТУ. Установки с регенерацией теплоты. Схемы ГТУ с регенератором теплоты.	4
2	Твердое топливо - значительные ресурсы, добыча и экономичность, современные методы сжигания и использования тепла твердого топлива, переработка в жидкое и газообразное топливо.	2
3	Жидкое топливо - особенности и преимущества двигателей на жидком горючем, основные моторные топлива из нефти и синтетические жидкие топлива, оценки перспектив использования.	2
4	Природный газ - аспекты использования в энергетике как чистого и чрезвычайно эффективного топлива, ресурсы и перспективы.	2

5	Энергетическое использование отходов и экономические и экологические аспекты такого использования отходов.	3
6	Основные циклы тепловых машин, рабочие тела, способы подвода и отвода теплоты, регенерация теплоты. Основные показатели энергетических машин.	4
7	Цикл простейшей ПТУ. T,s- диаграмма водяного пара.	2
8	Идеальный и действительный цикл. Влияние зависимости теплоемкости от температуры на параметры цикла. Оптимизация цикла простейшей ПТУ. Ограничения по температуре газа. Изменение удельной работы и количества подводимого тепла.	3
9	Технологии очистки сбросных газов энергетических установок	2
10	Способы организации циклов энергетических установок, позволяющие уменьшить вредные выбросы в атмосферу	2
ВСЕГО (часов)		28 часов

Самостоятельная работа:

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость (количество часов)
1	- изучение теоретического курса – выполняется самостоятельно каждым студентом по итогам каждой из лекций, результаты контролируются преподавателем на лекционных занятиях, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, методические пособия.	48 часов
2	- решение задач по заданию преподавателя – решаются задачи, выданные преподавателем по итогам лекционных занятий и сдаются в конце семестра, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, а также сборники задач, включая электронные, учебно-методические пособия.	32 часов
3	-подготовка к дифференцированному зачету	28 часов
ВСЕГО (часов)		108 часа

Содержание дисциплины

№ п/п	Название модулей	Разделы и темы	Содержание	Объем	
				Аудиторная работа	Самостоятельная работа

		лекционных занятий		(часы)	(часы)
1	Основные схемы энергетически установок	Схемные решения генерации тепла и электроэнергии	Типовые конструктивные схемы паротурбинных энергетических установок. Простейшие газотурбинные двигатели. Схема и основные параметры ГТУ. Установки с регенерацией теплоты. Схемы ГТУ с регенератором теплоты.	8	7
2		Твердое топливо и его применения	Твердое топливо - значительные ресурсы, добыча и экономичность, современные методы сжигания и использования тепла твердого топлива, переработка в жидкое и газообразное топливо.	4	9
3		Жидкое топливо и его применение	Жидкое топливо - особенности и преимущества двигателей на жидком горючем, основные моторные топлива из нефти и синтетические жидкие топлива, оценки перспектив использования.	4	9
4		Природный газ и его применение	Природный газ - аспекты использования в энергетике как чистого и чрезвычайно эффективного топлива, ресурсы и перспективы.	4	9
5		Энергетическое использование отходов	Энергетическое использование отходов и экономические и экологические аспекты такого использования отходов.	8	10
6	Циклы энергетически установок и анализ их эффективности	Основные циклы энергетически машин	Основные циклы тепловых машин, рабочие тела, способы подвода и отвода теплоты, регенерация теплоты. Основные показатели энергетических машин.	12	16
7		Циклы ПТУ	Цикл простейшей ПТУ. T,s- диаграмма водяного пара.	6	10
8		Циклы ГТУ	Идеальный и действительный цикл. Влияние зависимости теплоемкости от температуры на параметры цикла. Оптимизация цикла простейшей ГТУ. Ограничения по температуре газа. Изменение	10	14

			удельной работы и количества подводимого тепла.		
9	Экологические проблемы энергетических установок	Способы очистки сбросных газов энергетических установок	Технологии очистки сбросных газов энергетических установок	8	12
10		Способы сокращения вредных выбросов энергетических установок	Способы организации циклов энергетических установок, позволяющие уменьшить вредные выбросы в атмосферу	8	12
Итого				72	108

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

Перечень контрольных вопросов.

1. Типовые схемы паротурбинных энергетических установок;
2. Типовые схемы газотурбинных энергетических установок;
3. Типовые схемы энергетических установок с регенерацией теплоты;
4. Идеальный цикл ПГУ;
5. Идеальный цикл ГТУ;
6. Действительный цикл ПГУ;
7. Действительный цикл ГТУ;
8. Технологические ограничения;
9. Виды топлива и их особенности;
10. Виды выбросов в окружающую среду и способы борьбы с ними.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. М., МЭИ, 2008. 496 с.
2. Фортов В.Е., Попель О.С. Энергетика в современном мире. М.: Интеллект, 2011.
3. Родионов В.Г. Энергетика. Проблемы настоящего и возможности будущего. М.: НЦ ЭНАС, 2010.
4. Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций: учебник для вузов / А.Г. Костюк, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний - М.: Издательский дом МЭИ, 2019.
5. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева.

- 3-е изд. - М.: МЭИ, 2020.
6. А.Г.Костюк, А.Е.Булкин, А.Д.Трухний. Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций; под ред. А.Н.Трухния.- . 3 изд. М.: Издательский дом МЭИ, 2018.
 7. Злобин В.Г. Газотурбинные установки. Часть 1. Тепловые схемы. Термодинамические циклы: учебное пособие / Злобин В.Г., Верхованцев А.А.. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2020. — 114 с.
 8. Кудинов А.А. Парогазовые установки тепловых электрических станций : учебное пособие / Кудинов А.А., Зиганшина С.К.. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 220 с.

Дополнительная литература

1. Высокотемпературные теплотехнические процессы и установки. Под ред. Ключникова А.Д., М., Энергоатомиздат, 1989, 336 с.
2. Хоффман Е. Энерготехнологическое использование угля. М., Энергоатомиздат, 1983, 328 с.
3. Асланян Г.С., Шпильрайн Э.Э., Кузьминов В.А. Твердое солнце земли. М., Наука, 1990, 176 с.
4. Донской А.В., Клубникин В.С. Электроплазменные процессы и установки в машиностроении. Л-д., Машиностроение, 1979, 220 с.
5. Архипов Л.И., Удыма П.Г. Энергосберегающая технология защиты окружающей Среды. М., МЭИ, 1988, 110 с.
6. Доусон Г., Мерсер Б. Обезвреживание токсичных отходов. М., Стройиздат, 1996, 288 с.
7. Кудинов А.А. Топливо и теория горения : практикум / Кудинов А.А., Зиганшина С.К.. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 48 с.
8. Авиационные двигатели и энергетические установки: сборник научных трудов / Государственный научный центр РФ-Центральный институт авиационного моторостроения имени П. И. Баранова; под редакцией А. В. Луковникова. – Москва : ЦИАМ, 2020.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля) Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных:

Стандартные пакеты MS Office.

<http://www.ihed.ras.ru/rusbank/>/<http://www.nist.gov/pml/data/index.cfm>

1. <http://lib.mipt.ru/catalogue/1604/?t=492> – электронная библиотека Физтеха
2. <http://www.exponenta.ru> – образовательный физический сайт.
3. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
5. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
6. <http://www.i-exam.ru> – единый портал Интернет-тестирования в сфере образования.

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

11. Язык преподавания - русский.

Программу составил _____



к.т.н. Борисов Ю.А.

«14» июня 2022 г.