

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной  
работе

                    Лейфа                    А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**«ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ И НАГНЕТАТЕЛИ»**

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль) образовательной программы – Энергообеспечение  
предприятий

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2023

Форма обучения – Очная

Курс     3     Семестр     6    

Экзамен 6 сем

Общая трудоемкость дисциплины 180.0 (академ. час), 5.00 (з.е)

Составитель Е.Ю. Артюшевская, старший преподаватель,

Энергетический факультет

Кафедра энергетики

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.18 № 143

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики

01.09.2023 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Савина Н.В. Савина

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Савина Н.В. Савина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и  
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2023 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

Цель дисциплины (модуля): подготовка выпускника к проектно- конструкторской, производственной деятельности и самостоятельному обучению и освоению новых знаний и умений, непрерывному самосовершенствованию для полной реализации своей профессиональной карьеры.

### Задачи дисциплины:

Задача дисциплины (модуля): расчет и проектирование деталей и узлов в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; производственно- технологическая деятельность: приобретение знаний по тепловым двигателям для промышленности; современным методам технологических расчетов и выбором энергетического оборудования для промышленных установок с различным целевым направлением.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Тепловые двигатели и нагнетатели» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

### 3.1 Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ИД-1.ПК-1 Выполняет сбор и анализ данных для расчета и проектирования объектов профессиональной деятельности ИД-2.ПК-1 Выполняет специальные расчеты для проектирования ОПД по типовым методикам ИД-3.ПК-1 Осуществляет технико- экономическое обоснование проектных решений при проектировании объектов профессиональной деятельности ИД-4.ПК-1 Участвует в подготовке проектной документации по ОПД или их отдельных узлов и элементов
ПК-2 Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства	ИД-1.ПК-2 Участвует в разработке схем размещения ОПД в соответствии с технологией производства ИД-2.ПК-2 Соблюдает правила технологической дисциплины при эксплуатации ОПД
ПК-3 Способен определять параметры оборудования, рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	ИД-1.ПК-3 Определяет параметры оборудования объектов профессиональной деятельности, учитывая технические ограничения и требования по экологической безопасности ИД-2.ПК-3 Рассчитывает, обеспечивает и управляет режимами объектов профессиональной деятельности
ПК-4 Способен участвовать в эксплуатации и организации	ИД-4.ПК-4 Выполняет организационное и техническое обеспечение полного цикла или

ремонта объектов профессиональной деятельности	отдельных стадий эксплуатации объектов профессиональной деятельности
--	--

#### 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.00 зачетных единицы, 180.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Основные сведения о паровых турбинах	6	2									2	4	Тест
2	Тепловой цикл паротурбинной установки.	6	2		2							2	2	Тест
3	Преобразование энергии в ступени турбины	6	3		6				1.5			8	10	Тест
4	Характеристик и турбинных решеток	6	3									3.7	6	Тест
5	Определение размеров решеток в ступени	6	6		4				1.5			2	8	Тест
6	Многоступенчатые турбины	6	6		6							6	25	Кейс-задачи
7	Турбины для комбинированн	6	4		6							4	8	Коллоквиум

	ой выработки тепловой и электрической энергии												
8	Регулирование, защита и маслоснабжение паровых турбин.	6	3		4						2	6	Коллоквиум
9	Конденсационные устройства турбин и условия их эксплуатации в переменных режимах	6	1		2						4	4	Коллоквиум
10	Газовые турбины. Двигатели внутреннего сгорания.	6	2		2						2	4	Коллоквиум
11	Экзамен	6								0.3			
	Итого			32.0		32.0		0.0	3.0	0.0	0.3	35.7	77.0

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Основные сведения о паровых турбинах	Понятия активных и реактивных турбин. Принцип действия активной турбины Лавалья и реактивной турбины Парсонса. Классификация паровых турбин по цели использования, по характеру теплового процесса, по числу часов использования в году, по конструктивным особенностям. Понятия номинальной и максимальной мощности турбины.
2	Тепловой цикл паротурбинной установки.	Схема простейшей паротурбиной установки. Идеальный цикл Ренкина для ПТУ. Понятие термического КПД цикла. Располагаемый и использованный теплоперепады. Пути повышения экономичности турбоустановки. Влияние начальных и конечных параметров на КПД идеального цикла. Комбинированная выработка теплоты и электрической энергии. Регенеративный подогрев питательной воды. Особенности тепловых схем и турбоустановок АЭС
3	Преобразование энергии в ступени турбины	Основные уравнения одномерного движения сжимаемой жидкости. Понятие конфузорного и диффузионного течения в каналах. Параметры полного торможения потока и их определение с помощью (h-s)-диаграммы. Кольцевые турбинные решетки.
4	Характеристики турбинных решеток	Понятие турбинной ступени. Конструкция турбинной ступени осевого типа и процессы преобразования энергии в ней. Тепловая

		диаграмма процесса расширения в турбинной ступени. Степень реактивности турбинной ступени. Расчет треугольников скоростей
5	Определение размеров решеток в ступени	Определение размеров сопловых и рабочих лопаток для одновенечных и двухвенечных ступеней. Особенности расчета одно- и двухвенечных ступеней. Особенности расчета размеров решеток при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях. Выбор профилей решеток. Относительные лопаточный и внутренний КПД ступени. Дополнительные потери. Конструктивное выполнение сопловых и рабочих лопаток.
6	Многоступенчатые турбины	Тепловой процесс в многоступенчатой паровой турбине. Коэффициент возврата теплоты. Конструкция уплотнений. Осевые усилия, действующие на ротор турбины. Основы выбора конструкции проточной части турбин.
7	Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии	Особенности турбин для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. Диаграммы режимов турбин с противодавлением и теплофикационных турбин.
8	Регулирование, защита и маслоснабжение паровых турбин.	Простейшая система регулирования частоты вращения. Статическая характеристика. Параллельная работа турбоагрегатов. Механизм управления турбоагрегатом. Требования к системам регулирования и их дополнительные элементы. Защита турбины от разгона, от осевого сдвига, по вакууму. Схемы масляного хозяйства турбины. Схемы маслоснабжения. Аварийная смазка подшипников. Масляные баки. Эксплуатация турбинных масел.
9	Конденсационные устройства турбин и условия их эксплуатации в переменных режимах	Схема конденсационной установки. Устройство конденсатора. Тепловой баланс конденсатора. Тепловой расчет конденсатора. Основы эксплуатации конденсационных установок. Воздухоотсасывающие устройства. Воздушная и гидравлическая плотность.
10	Газовые турбины. Двигатели внутреннего сгорания.	Типы газовых турбин и особенности их лопаточного аппарата. Камеры сгорания. Теплообменные аппараты. Компрессоры. Регулирование ГТУ, их пусковые и защитные устройства. Современные конструкции ГТУ и области их применения. Области применения и классификация двигателей внутреннего сгорания. Принципиальные схемы осуществления рабочих процессов в поршневых двигателях внутреннего сгорания. Общие принципы в устройстве двигателей внутреннего сгорания.

## 5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
-------------------	-----------------

Тепловой цикл паротурбинной установки.	Решение задач по теме
Преобразование энергии в ступени турбины	Решение задач по теме
Определение размеров решеток в ступени	Решение задач по теме
Многоступенчатые турбины	Решение задач по теме
Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии	Решение задач по теме
Регулирование, защита и маслоснабжение паровых турбин.	Решение задач по теме
Конденсационные устройства турбин и условия их эксплуатации в переменных режимах	Решение задач по теме
Газовые турбины. Двигатели внутреннего сгорания.	Решение задач по теме

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Основные сведения о паровых турбинах	выполнение домашних заданий; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену.	4
2	Тепловой цикл паротурбинной установки.	выполнение домашних заданий; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену.	2
3	Преобразование энергии в ступени турбины	выполнение домашних заданий; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену.	10
4	Характеристики турбинных решеток	выполнение домашних заданий; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену.	6
5	Определение размеров решеток в ступени	выполнение домашних заданий; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену.	8
6	Многоступенчатые турбины	выполнение домашних заданий; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену.	25
7	Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии	выполнение домашних заданий; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену.	8
8	Регулирование,	выполнение домашних заданий;	6

	защита и маслоснабжение паровых турбин.	подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену.	
9	Конденсационные устройства турбин и условия их эксплуатации в переменных режимах	выполнение домашних заданий; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену.	4
10	Газовые турбины. Двигатели внутреннего сгорания.	выполнение домашних заданий; подготовка к практическим занятиям; подготовка к экзамену.	4

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Тепловые двигатели и нагнетатели» используются традиционные и современные образовательные технологии. Из современных образовательных технологий применяются информационные и компьютерные технологии с привлечением к преподаванию мультимедийной техники, технологии активного обучения, проблемного обучения. Применяются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: проблемные ситуации, компьютерные симуляции, деловые игры и т.д.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателя: консультации и помощь при выполнении индивидуального задания, консультации по разъяснению материала, вынесенного на самостоятельную проработку, индивидуальную работу студента, в том числе в компьютерном классе ЭФ или в библиотеке.

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, индивидуальные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а так же методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных.

Примерный перечень вопросов к экзамену (6 семестр):

1. Основные сведения о паровых турбинах.
2. Принцип действия активной турбины Лавала и реактивной турбины Парсонса.
3. Принцип действия работы турбины (на примере активной одноступенчатой турбины Лавала).
4. Конструкции паровых турбин.
5. Работа и мощность турбинной ступени.
6. Показатели экономичности турбоустановок.
7. Схема простейшей ПТУ. Идеальный цикл Ренкина для ПТУ на насыщенном и перегретом паре.
8. Идеальный цикл Ренкина для ПТУ, работающей на перегретом паре; понятие термического КПД цикла.
9. Процесс расширения пара в турбине в (h-s)- диаграмме; понятие располагаемого теплоперепада и его определение.
10. Действительный процесс расширения пара в турбине в (T-s) -диаграмме; понятие использованного теплоперепада.
11. Типы потерь в проточной части турбины. Баланс энергии и структура КПД турбинной ступени.
12. Анализ потерь в характерных сечениях турбины. Влияние параметров пара на КПД идеального цикла (понятие  $T_э$ ; влияние начальных и конечных параметров).
13. Промежуточный перегрев пара



14. Преобразование энергии в ступени турбины.
15. Основные уравнения одномерного движения сжимаемой жидкости.
16. Конструкция турбинной ступени осевого типа и процессы преобразования энергии в ней.
17. Характеристики турбинных решеток.
18. Треугольники скоростей на входе и выходе из рабочих лопаток при расчете турбинных ступеней.
19. Понятие регенерации; схема турбоустановки с одной ступенью регенеративного подогрева питательной воды (РППВ).
20. Тепловые схемы турбоустановок АЭС (одно-, 2- и 3- контурные). Преимущества и недостатки.
21. Основные уравнения одномерного движения сжимаемой жидкости. Понятие конфузорного и диффузорного течения в каналах.
22. Понятие турбинной ступени; ее характеристики, устройство.
23. Понятие потери энергии с выходной скоростью турбинной ступени и степени реактивности.
24. Усилия, действующие на рабочие лопатки со стороны потока.
25. Относительный лопаточный КПД ступени (активного и реактивного типа).
26. Потери энергии в турбинных решетках.
27. Относительный внутренний КПД ступени.
28. Потери на трение диска и лопаточного бандажа.
29. Потери, связанные с парциальным подводом пара.
30. Потери от утечек; лабиринтовые уплотнения.
31. Потери от влажности.
32. Конструктивное выполнение сопловых и рабочих лопаток
33. Относительные лопаточный и внутренний КПД ступени. Дополнительные потери.
34. Конструктивное выполнение сопловых и рабочих лопаток.
35. Многоступенчатые турбины.
36. Основы выбора конструкции проточной части турбин.
37. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии, понятие теплофикации
38. Простейшая система регулирования частоты вращения. Статическая характеристика.
39. Параллельная работа турбоагрегатов.
40. Механизм управления турбоагрегатом.
41. Требования к системам регулирования и их дополнительные элементы.
42. Защита турбины от разгона, от осевого сдвига, по вакууму.
43. Схемы масляного хозяйства турбины. Схемы маслоснабжения. Аварийная смазка подшипников. Масляные баки.
44. Конденсационные установки паровых турбин; устройство конденсатора
45. Тепловой баланс конденсатора. Тепловой расчет конденсатора.
46. Основы эксплуатации конденсационных установок.
47. Воздухоотсасывающие устройства.
48. Газовые турбины и их принцип действия.
49. Теплообменные аппараты.
50. Компрессоры
51. Камеры сгорания.
52. Центробежный компрессор ГТУ.
53. Области применения и классификация двигателей внутреннего сгорания.
54. Двигатели внутреннего сгорания и их принцип действия.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) литература

1. Кудинов, А. А. Выбор состава основного оборудования и расчет тепловой схемы ТЭЦ с турбинами типа ПТ и Р : учебное пособие / А. А. Кудинов, Л. П. Шелудько, А. Ю. Абрамова. — 2-е изд. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 68 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105201.html> (дата обращения: 16.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Зарубина, Н. В. Турбинные установки ТЭС и АЭС. Устройство, эксплуатация и ремонт : учебное пособие / Н. В. Зарубина, Н. Б. Карницкий. — Минск : Вышэйшая школа, 2020. — 432 с. — ISBN 978-985-06-3220-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/120086.html> (дата обращения: 16.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Дыскин, Л. М. Определение характеристик теплофикационной паровой турбины : учебное пособие / Л. М. Дыскин, С. С. Козлов, М. С. Морозов. — Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 39 с. — ISBN 978-5-528-00248-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/80916.html> (дата обращения: 16.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Тепловые двигатели и нагнетатели : учебное пособие / В. В. Черниченко, В. И. Лукьяненко, П. А. Солженикин, А. В. Исанова. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 172 с. — ISBN 978-5-9729-0589-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/114975.html> (дата обращения: 16.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	7-Zip	Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL <a href="http://www.7-zip.org/license.txt">http://www.7-zip.org/license.txt</a> .
2	Atom	Бесплатное распространение по лицензии MIT <a href="https://opensource.org/licenses/mit-license.php">https://opensource.org/licenses/mit-license.php</a> .
3	Операционная система Linux	GNU-лицензия (GNU General Public License)
4	Группа «РусГидро» — один из крупнейших российских энергетических холдингов. РусГидро является лидером в производстве энергии на базе возобновляемых источников, развивающим генерацию на основе энергии водных потоков, морских приливов, солнца, ветра и геотермальной энергии.	Группа «РусГидро» — один из крупнейших российских энергетических холдингов. РусГидро является лидером в производстве энергии на базе возобновляемых источников, развивающим генерацию на основе энергии водных потоков, морских приливов, солнца, ветра и геотермальной энергии.

5	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>	Научная электронная библиотека eLibrary.ru
---	---	--

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

#### **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Занятия по дисциплине «Тепловые двигатели и нагнетатели» проводятся в специализированных помещениях, представляющих собой аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и санитарно-эпидемиологическим нормам.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, направленность (профиль) образовательной программы «Энергообеспечение предприятий».

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, интерактивная доска. Материал лекций представлен в виде презентаций в Power Point. Для проведения практических занятий и в самостоятельной работе студентов используются технологические схемы, температурные карты, модели процессов. Практические работы проводятся с использованием стационарного и переносного компьютерных классов кафедры энергетики.