



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический
университет» (БГТУ)

Факультет энергетики и электроники

(наименование факультета/института)

Турбиностроение

(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

по учебной работе и цифровизации

_____ **В.А. Шкаберин**

«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

учебной дисциплины

Турбомашины и комбинированные турбоустановки

(наименование дисциплины)

13.06.01 Электро- и теплотехника

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Турбомашины и комбинированные турбоустановки

(направленность (профиль)/ специализация образовательной программы)

высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

(уровень образования)

Исследователь. Преподаватель-исследователь

(квалификация, присваиваемая по специальности или направлению подготовки)

Очная

(форма обучения)

2020

(год набора)

Брянск 2022

Рабочая программа учебной дисциплины
Турбомашины и комбинированные турбоустановки
(наименование дисциплины)

13.06.01 Электро- и теплотехника

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Турбомашины и комбинированные турбоустановки

(направленность (профиль)/ специализация образовательной программы)

Разработал:

Зав. кафедрой «Т»,

к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

А.В. Осипов

(И.О. Фамилия)

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

Турбиностроение

(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)

«23» марта 2022 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

А.В. Осипов

(И.О. Фамилия)

© Осипов А.В., 2022

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет», 2022

Предисловие.

Дисциплина «Турбوماшины и комбинированные турбоустановки» направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по научной специальности 2.4.7. «Турбوماшины и поршневые двигатели».

1. Цель освоения дисциплины.

Целью освоения дисциплины является формирование знаний в области турбомашин и комбинированных турбоустановок, включая знания, умения, навыки и социально-личностные качества, обеспечивающие успешность научно-педагогической деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП.

Дисциплина «Турбوماшины и комбинированные турбоустановки» относится к обязательным дисциплинам вариативной части программы высшего образования — программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Таблица 1

Компетенции и требования к освоению дисциплины

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Результат освоения
1	2	3
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1	Владеть методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	знать: основы методологии теоретических и экспериментальных исследований в области турбиностроения; уметь: применять знания основ методологии теоретических и экспериментальных исследований при подготовке и планировании эксперимента; владеть: начальными навыками планирования экспериментов в области турбиностроения;
ОПК-3	Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	знать: основные методы исследований, проводимых в области турбиностроения уметь: применять знания методик при проведении исследования владеть: навыками комбинирования различных методов исследования при проведении экспериментов

Окончание табл. 1

1	2	3
Профессиональные компетенции		
ПК-1	Способность использовать методы диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования в целях комплексного решения проблем в области турбиностроения	знать: основные методы решения проблем в области турбиностроения уметь: применять методы диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования в целях решения узконаправленных задач в области турбиностроения владеть: навыками диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования
ПК-2	Способность к анализу, оценке и использованию положений теории разработки и создания турбомашин при решении исследовательских инженерных задач	знать: основы теории разработки и создания турбомашин уметь: использовать положения теории разработки и создания турбомашин при решении простейших исследовательских инженерных задач владеть: навыками проектирования узлов и агрегатов турбомашин
ПК-3	Способность применять углубленные знания в сфере турбиностроения с учетом современных принципов научного исследования (интегративность, антропоцентричность, коммуникативность, функциональность и др.)	знать: основы современных принципов научного исследования (интегративность, антропоцентричность, коммуникативность, функциональность и др.) уметь: применять базовые знания в сфере турбиностроения владеть: навыками проектирования и расчета узлов и агрегатов турбомашин
ПК-4	Владеть современной научной парадигмой в области турбиностроения и умение интегрировать и актуализировать результаты собственных исследований в рамках научной парадигмы	знать: современную научную парадигму в области турбиностроения уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в рамках современной научной парадигмы в области турбиностроения владеть: навыками проведения собственных исследований
ПК-5	Способность осуществлять педагогическую деятельность, в том числе подготовки специалистов в области турбомашин и комбинированных турбоустановок	знать: основные формы и методы обучения студентов технических специальностей в области турбомашин и комбинированных турбоустановок, области их рационального применения; уметь: учитывать возможности образовательной среды для обеспечения качества технического образования в области турбомашин и комбинированных турбоустановок; владеть: формами и методами обучения студентов технических специальностей в области турбомашин и комбинированных турбоустановок

4. Объем дисциплины и виды учебной работы.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
Аудиторные занятия (всего)	12	12
В том числе:	-	-
Лекции (Л)	6	6
Практические занятия (ПЗ)	6	6
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Самостоятельная работа (СРС) (без учета подготовки к экзамену)	60	60
В том числе:	-	-
Курсовой проект	-	-
Подготовка к занятиям	-	-
Самоподготовка	60	60
<i>Экзамен</i>	36	36
Общая трудоемкость: 108 часов; 3 зачетные единицы	108	108

5. Содержание дисциплины.

5.1. Содержание разделов дисциплины (табл. 3).

Таблица 3

Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
1	2	3
1	Тепловые циклы турбинных установок	Принципиальные схемы паро- и газотурбинных установок для электростанций на органическом и ядерном топливах. Схемы парогазовых установок. Тепловая эффективность установок и методы ее повышения. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии. Атомные станции теплоснабжения (АСТ). Перспективные схемы турбинных установок для электростанций на органическом и ядерном топливах. Комбинированные турбинные установки с МГД-генераторами.
2	Течение сжимаемой жидкости в решетках турбомашин.	Основные уравнения движения сжимаемой жидкости. Турбинные и компрессорные решетки и их аэродинамические характеристики при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях. Методы расчета плоского и осесимметричного потенциальных потоков в решетках. Профилирование лопаток в решетках.
3	Течение двухфазного рабочего тела в проточной части турбомашин.	Основные особенности движения переохлажденного и влажного пара в проточной части турбины. Процесса неравновесного влагообразования и методы расчета. Влияние влажности на экономичность и надежность турбомашин.

4	Ступень турбомашин.	Преобразование энергии в турбинной и компрессорной ступенях. Выбор характеристик и расчет турбинной и компрессорной ступеней. Проектирование ступеней большой веерности. Ступени скорости, радиальные и радиально-осевые турбинные ступени. Двухъярусные ступени, КПД ступени. Влияние основных геометрических и режимных параметров на КПД, степень реактивности и коэффициент расхода ступени. Влияние влажности на основные характеристики ступени
5	Нестационарные явления в турбомашинах.	Переменные аэродинамические силы, вынужденные и самовозбуждающиеся колебания рабочих лопаток турбины и компрессора. Флаттер. Вращающийся отрыв в решетках турбомашин. Пульсации давления в потоках влажного пара, нестационарные скачки конденсации. Многоступенчатые турбины. Силовой процесс многоступенчатой турбины. Концевые уплотнения. Впускные и выхлопные патрубки. Осевые усилия и их уравнивание. Эрозия рабочих лопаток. Защита элементов проточной части от эрозии. Сепарация влаги из проточной части паровой турбины. Выносные сепараторы-пароперегреватели турбин АЭС.
6	Выбор конструкции и расчет многоступенчатых турбин.	Предельная мощность однопоточной турбины, пути повышения предельной мощности турбин. Технико-экономические основы выбора конструкции турбины. Выбор частоты вращения, числа валов и цилиндров турбины. Схемы и расчет воздушного и жидкостного охлаждения сопловых и рабочих лопаток и дисков ротора газовых турбин.
7	Основы расчета и проектирования многоступенчатых компрессоров.	Многоступенчатый осевой компрессор. Влияние потерь в патрубках на КПД и напор компрессора. Неустойчивые режимы в работе компрессора. Универсальная характеристика. Моделирование компрессоров. Многоступенчатые центробежные компрессоры. Выбор оптимальных геометрических размеров ступеней центробежного компрессора. Профилирование рабочих колес и лопаточных диффузоров.
8	Переменный режим работы турбин	Переменный режим работы турбинной ступени. Последние ступени конденсационной турбины при изменении объемного пропуска пара. Обобщение характеристики турбинных ступеней. Распределение давлений по ступеням при изменении режима работ турбины. Системы парораспределения. Изменение нагрузки турбины при переменном режиме работы, Занос солями проточной части. Переменный режим работы газотурбинной установки.

9	Турбины для комбинированной выработки тепла и электрической энергии.	Турбины с противодавлением, с промежуточным регулируемым отбором пара. Ступенчатый подогрев воды. Диаграммы режимов турбин. Использование для теплофикации тепла ГТУ и АЭС.
10	10.Теплообмен в элементах турбомашин.	Основные уравнения теплопроводности и конвективного теплообмена. Теплообмен при фазовых превращениях. Конвективный теплообмен при пористом охлаждении и газовых заносах. Распределение температур в охлаждаемых турбинных лопатках, роторах и корпусах. Методы решения задач теплопроводности и теплообмена применительно к основным деталям турбин.
11	Металлы, динамика и прочность деталей паровых и газовых турбин.	Надежность турбин как основное требование их изготовления, монтажа и эксплуатации. Условия работы металлов в паровых и газовых турбинах. Свойства сталей и сплавов, применяемых в турбиностроении, и требования к ним. Процессы, возникающие в металлах при высоких температурах, длительной работе и переменных нагрузках. Коррозионная усталость и коррозионное растрескивание под напряжением в элементах турбин под влиянием агрессивных примесей в паре. Рабочие лопатки, их прочность и вибрации. Обеспечение вибрационной надежности лопаточного аппарата. Диски, их прочность и вибрации. Вибрации роторов и фундамента. Низкочастотные вибрации роторов. Методика численного расчета с помощью ЭВМ. Гидродинамические силы в ступенях, уплотнения в подшипниках. Маневренность турбин. Термические напряжения в деталях турбин, термоусталость их.
12	Регулирование турбин.	Принципиальные схемы регулирования конденсационных паровых турбин. Статические характеристики регулирования. Механизм управления. Параллельная работа турбогенераторов. Элементы систем регулирования и маслоснабжения турбин. Математическое описание систем регулирования турбин. Устойчивость систем регулирования турбин. Переходные процессы в системах регулирования с помощью ЭВМ. Регулирование турбин для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. Особенности регулирования газотурбинных установок. Регулирование энергетических блоков ТЭС и АЭС. Защитные устройства турбинных установок. Использование ЭВМ для управления турбинной установкой. Автоматизация пуска турбинной установки.
13	Комбинированные установки.	Тепловые схемы и характеристики комбинированных установок.

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий (в часах) (табл.4).

Таблица 4

Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/ п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	С	СРС	ЭКЗ	Всего часов
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тепловые циклы турбинных установок	2	-	-	-	6	1	9
2	Течение сжимаемой жидкости в решетках турбомашин.	-	2	-	-	4	2	8
3	Течение двухфазного рабочего тела в проточной части турбомашин.	-	-	-	-	4	4	8
4	Ступень турбомашин.	2	-	-	-	4	2	8
5	Нестационарные явления в турбомашинах.	-	-	-	-	6	3	9
6	Выбор конструкции и расчет многоступенчатых турбин.	-	2	-	-	4	2	8
7	Основы расчета и проектирования многоступенчатых компрессоров.	-	2	-	-	4	2	8
8	Переменный режим работы турбин	2	-	-	-	4	2	8
9	Турбины для комбинированной выработки тепла и электрической энергии.	-	-	-	-	4	4	8
10	Теплообмен в элементах турбомашин.	-	-	-	-	4	4	8
11	Металлы, динамика и прочность деталей паровых и газовых турбин.	-	-	-	-	6	3	9
12	Регулирование турбин.	-	-	-	-	6	3	9
13	Комбинированные установки.	-	-	-	-	4	4	8

6. Лекции, практические занятия, лабораторные работы.

6.1. Лекции (табл. 5).

Таблица 5

Тематика лекций и их трудоемкость

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоем- кость (час.)
1	2	3	4
1	1	Тепловые циклы турбинных установок	2
2	4	Ступень турбомашин.	2
3	8	Переменный режим работы турбин	2
Итого			6

6.2. Практические занятия (табл. 6).

Таблица 6

Тематика практических занятий и их трудоемкость

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1	2	3	4
1	2	Течение сжимаемой жидкости в решетках турбомашин.	2
2	6	Выбор конструкции и расчет многоступенчатых турбин.	2
3	7	Основы расчета и проектирования многоступенчатых компрессоров.	2
Итого			6

6.4. Образовательные технологии.

В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:

Лекции: проводятся в форме мастер-класса преподавателя; используются опорные конспекты (системы слайдов), натурные стенды
Практические занятия: проводятся в форме мастер-класса преподавателя; используется контекстное обучение с привязкой разбираемых примеров к реальным конструкциям и условиям их работы
Самостоятельная работа студентов: при проведении самостоятельной работы обучающиеся имеют доступ в лабораторию турбостроения, а также к электронно-библиотечной системе университета
Консультации: проводятся в форме дискуссии «учебная группа – преподаватель»
Экзамен: письменный, проводится по билетам;

7. Самостоятельная работа студентов (табл. 7).

Таблица 7

№ п/п	№ раздела дисциплины	Вид самостоятельной работы
1	2	3
1	1	Работа с литературой;
2	2	Работа с литературой;
3	3	Работа с литературой;
4	4	Работа с литературой;
5	5	Работа с литературой;
6	6	Работа с литературой;
7	7	Работа с литературой;
8	8	Работа с литературой;
9	9	Работа с литературой;
10	10	Работа с литературой;
11	11	Работа с литературой;
12	12	Работа с литературой;
13	13	Работа с литературой;
14	1-13	Подготовка к экзамену

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю):

1. Лагерев, В.В. Советы студентам по рациональной организации учебного труда: учеб. пособ. для вузов / В.В. Лагерев. – Брянск: БИТМ, 1992. – 92 с. [259 экз.].
2. Рабочая программа учебной дисциплины «Турбомашины и комбинированные турбоустановки» для направления подготовки кадров высшей квалификации 13.06.01 «Электро- и теплотехника», направленность программы «Турбомашины и комбинированные турбоустановки». [Электронный ресурс каф. ТД]

8.2. Перечень основной, дополнительной и справочной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:

а) основная литература:

1. Лапшин К.Л. Оптимизация проточных частей паровых и газовых турбин. СПб., Изд.-во СПбГПУ, 2011. – 177 с. [23 экз.].
2. Паровые и газовые турбины для электростанций: учебник для вузов, гриф МО РФ/Костюк А.Г., Фролов В.В., Булкин Ф.Е., Трухний А.Д. Под редакцией А.Г.Костюка. - Изд.-во МЭИ, 2008. – 556 с. [135 экз.].

б) дополнительная литература:

3. Кириллов И.И., Кириллов А.И. Теория турбомашин. Л.: Машиностроение, 1974. – 320 с. [92 экз.].
4. Щегляев А.В. Паровые турбины. М: Энергия, 1976. – 365с. [131 экз.]
5. Костюк А.Г., Шерстюк А.Н. Газотурбинные установки. М:"Высшая школа", 1979. – 254с. [33 экз.].
6. Костюк А.Г. Динамика и прочность Турбомашин. М.Машиностроение, 1982. – 474с. [69 экз.].
7. Самойлович Г.С. Гидроаэромеханика. М.: Машиностроение, 1980. – 279с. Гриневич, Г.П. Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ на железнодорожном транспорте: учебник для вузов ж.-д. транспорта /Г.П.Гриневич.- М.: Транспорт, 1981. [3 экз.].
8. Иванов В.А. Регулирование энергоблоков. Л.Машиностроение, 1982. – 311с. Соколов, С.А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин: Учебное пособие / С. А. Соколов. – СПб.: Политехника, 2005 – 423 с. [68 экз.].
9. Самойлович Г.С. Трояновский В.М. Переменные и переходные режимы в паровых турбинах. М.:Энергоиздат, 1982. – 494с. [14 экз.]
10. Энергетические машины. Охлаждение элементов высокотемпературных газовых турбин / под ред. В.А. Рассохина, В.Г. Полищука. – СПб.: Изд.-во Политехнического ун.-та, 2008. – 223 с. [81 экз.].
11. Рабочие процессы газо- и паротурбинных установок тепловых электрических станций. Рабочие процессы газотурбинных установок: учебное пособие / [К. Д. Андреев [и др.]; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет .— СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010 .— 226 с. [12 экз.].

12. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций : учебное пособие для вузов по направлению "Теплоэнергетика", специальности "Тепловые электрические станции", по дисциплинам "Парогазовые и газотурбинные установки электростанций" и "Тепловые и атомные электрические станции" / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов ; под ред. С. В. Цанева .— 3-е изд., стер. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2009 .— 578, [1] с. [61 экз.].

8.3. Перечень ресурсов сети «Интернет», необходимых для изучения дисциплины:

- Электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС) БГТУ;
- www.tu-bryansk.ru - официальный сайт БГТУ;
- mark.lib.tu-bryansk.ru/marcweb2 - электронная библиотечная система БГТУ;
- lib.tu-bryansk.ru - сайт библиотеки БГТУ со ссылками на внешние ЭБС;
- <http://www.scopus.com>.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Специальные помещения:

- помещение для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций (ауд. 50);
- помещение для текущего контроля и промежуточной аттестации, в том числе итоговой аттестации (ауд. 50);

Перечисленные специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Перечень необходимого программного обеспечения:

При изучении курса не используются компьютерные программы.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

10.1. Методические рекомендации для преподавателей.

При чтении лекций должна решаться задача доступного изложения всех материалов по данной дисциплине согласно рабочей программе.

Главной задачей каждой лекции и практического занятия является раскрытие тематики и увязка с практическим применением турбомашин в производстве.

При чтении лекций и проведении практических занятий целесообразно использовать опорные конспекты (систему слайдов с наглядными изображениями и тезисами лекций), а также натурные стенды.

10.2. Методические рекомендации для обучающихся.

Подготовку по дисциплине «Турбомашин и комбинированные турбоустановки» можно разбить на несколько этапов:

- работа с литературой;
- подготовка к экзамену.

При подготовке к экзамену необходимо возникающие вопросы задать преподавателю на консультациях.

11. Фонд оценочных средств

11.1. Этапы формирования компетенций

Этапы формирования компетенций (разделы дисциплины)	Показатель освоения (коды)																				
	ОПК-1			ОПК-3			ПК-1			ПК-2			ПК-3			ПК-4			ПК-5		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Тепловые циклы турбинных установок	+	+	+	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Течение сжимаемой жидкости в решетках турбомашин.			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Течение двухфазного рабочего тела в проточной части турбомашин.			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Степень турбомашин.			+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+			
Нестационарные явления в турбомашинах.			+	+	+	+				+	+	+				+	+	+			
Выбор конструкции и расчет многоступенчатых турбин.			+	+	+	+				+	+	+				+	+	+			
Основы расчета и проектирования многоступенчатых компрессоров.			+	+	+	+				+	+	+				+	+	+			
Переменный режим работы турбин			+	+	+	+				+	+	+				+	+	+			
Турбины для комбинированной выработки тепла и электрической энергии.			+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+			
Теплообмен в элементах турбомашин.			+	+	+	+				+	+	+	+			+	+	+			
Металлы, динамика и прочность деталей паровых и газовых турбин.			+	+	+	+				+	+	+	+			+	+	+			
Регулирование турбин.			+	+	+	+				+	+	+	+			+	+	+			
Комбинированные установки.			+	+	+	+				+	+	+	+			+	+	+			

11.2. Индексированные показатели и критерии оценивания результатов

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Показатель освоения	Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточного контроля
Общепрофессиональные компетенции				
ОПК-1	Владеть методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	Р1 – знает: основы методологии теоретических и экспериментальных исследований в области турбиностроения.	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		Р2 – умеет: применять знания основ методологии теоретических и экспериментальных исследований при подготовке и планировании эксперимента.	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		Р3 – владеет: начальными навыками планирования экспериментов в области турбиностроения.	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
ОПК-3	Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Р1 – знает: основные методы исследований, проводимых в области турбиностроения	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		Р2 – умеет: применять знания методик при проведении исследования	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		Р3 – владеет: навыками комбинирования различных методов исследования при проведении экспериментов	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
Профессиональные компетенции				
ПК-1	Способностью использовать методы диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования в целях комплексного решения проблем в области турбиностроения	Р1 – знает: основные методы решения проблем в области турбиностроения	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		Р2 – умеет: применять методы диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования в целях решения узконаправленных задач в области турбиностроения	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		Р3 – владеет: навыками диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену

ПК-2	Способностью к анализу, оценке и использованию положений теории разработки и создания турбомашин при решении исследовательских инженерных задач	Р1 – знает: основы теории разработки и создания турбомашин	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		Р2 – умеет: использовать положения теории разработки и создания турбомашин при решении простейших исследовательских инженерных задач	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		Р3 – владеет: навыками проектирования узлов и агрегатов турбомашин	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
ПК-3	Способностью применять углубленные знания в сфере турбиностроения с учетом современных принципов научного исследования (интегративность, антропоцентричность, коммуникативность, функциональность и др.)	Р1 – знает: основы современных принципов научного исследования (интегративность, антропоцентричность, коммуникативность, функциональность и др.)	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		Р2 – умеет: применять базовые знания в сфере турбиностроения	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		Р3 – владеет: навыками проектирования и расчета узлов и агрегатов турбомашин	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
ПК-4	Владение современной научной парадигмой в области турбиностроения и умение интегрировать и актуализировать результаты собственных исследований в рамках научной парадигмы	Р1 – знает: современную научную парадигму в области турбиностроения уметь:	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		Р2 – умеет: определять наиболее актуальные направления исследований в рамках современной научной парадигмы в области турбиностроения	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		Р3 – владеет: навыками проведения собственных исследований	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
ПК-5	Способность осуществлять педагогическую деятельность, в том числе подготовки специалистов в области турбомашин и комбинированных тур-	Р1 – знает: основные формы и методы обучения студентов технических специальностей в области турбомашин и комбинированных турбоустановок, области их рационального применения;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену

	боустановок	Р2 – умеет: учитывать возможности образовательной среды для обеспечения качества технического образования в области турбомашин и комбинированных турбоустановок;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		Р3 – владеет: формами и методами обучения студентов технических специальностей в области турбомашин и комбинированных турбоустановок	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Шкала оценивания

Уровень освоения обучающимся учебного материала определяется оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций

Оценку «отлично» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, изучивший основную и знакомый с дополнительной литературой. Во время экзамена обучающийся должен подробно ответить на три теоретических вопроса билета.

Оценку «хорошо» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполнивший предусмотренные учебной программой задания, изучивший основную литературу. Во время экзамена обучающийся должен подробно ответить хотя бы на два теоретических вопроса билета.

Оценку «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший знание основного учебного материала в полном объеме, необходимом для дальнейшей учебы и работы по профессии, выполнивший предусмотренные учебной программой задания, знакомый с основной литературой. Во время экзамена обучающийся должен подробно ответить хотя бы на один теоретический вопрос билета и частично на два других вопроса.

Оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший пробелы в знаниях основного учебного материала, допустивший принципиальные ошибки при выполнении предусмотренных программой заданий. Во время экзамена обучающийся частично отвечает на вопросы.

Процедура промежуточной аттестации – письменный экзамен.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену по дисциплине**Раздел «Тепловые циклы турбинных установок»**

- 1) Принципиальные схемы паро- и газотурбинных установок для электростанций на органическом и ядерном топливах.
- 2) Схемы парогазовых установок.
- 3) Тепловая эффективность установок и методы ее повышения.
- 4) Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии.
- 5) Атомные станции теплоснабжения (АСТ).
- 6) Перспективные схемы турбинных установок для электростанций на органическом и ядерном топливах.
- 7) Комбинированные турбинные установки с МГД-генераторами.

Раздел «Течение сжимаемой жидкости в решетках турбомашин»

- 8) Основные уравнения движения сжимаемой жидкости.
- 9) Турбинные и компрессорные решетки и их аэродинамические характеристики при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях.
- 10) Методы расчета плоского и осесимметричного потенциальных потоков в решетках.
- 11) Профилирование лопаток в решетках.

Раздел «Течение двухфазного рабочего тела в проточной части турбомашин»

- 12) Основные особенности движения переохлажденного и влажного пара в проточной части турбины.
- 13) Процесса неравновесного влагообразования и методы расчета.
- 14) Влияние влажности на экономичность и надежность турбомашин.

Раздел «Ступень турбомашин»

- 15) Преобразование энергии в турбинной и компрессорной ступенях.
- 16) Выбор характеристик и расчет турбинной и компрессорной ступеней.
- 17) Проектирование ступеней большой веерности.
- 18) Ступени скорости, радиальные и радиально-осевые турбинные ступени.
- 19) Двухъярусные ступени, КПД ступени.
- 20) Влияние основных геометрических и режимных параметров на КПД, степень реактивности и коэффициент расхода ступени.
- 21) Влияние влажности на основные характеристики ступени.

Раздел «Нестационарные явления в турбомашинах»

- 22) Переменные аэродинамические силы, вынужденные и самовозбуждающиеся колебания рабочих лопаток турбины и компрессора.
- 23) Флаттер.
- 24) Вращающийся отрыв в решетках турбомашин.
- 25) Пульсации давления в потоках влажного пара, нестационарные скачки конденсации.

- 26) Многоступенчатые турбины.
- 27) Силовой процесс многоступенчатой турбины.
- 28) Концевые уплотнения.
- 29) Впускные и выхлопные патрубки.
- 30) Осевые усилия и их уравнивание.
- 31) Эрозия рабочих лопаток.
- 32) Защита элементов проточной части от эрозии.
- 33) Сепарация влаги из проточной части паровой турбины.
- 34) Выносные сепараторы-пароперегреватели турбин АЭС.

Раздел «Выбор конструкции и расчет многоступенчатых турбин»

- 35) Предельная мощность однопоточной турбины.
- 36) Пути повышения предельной мощности турбин.
- 37) Технико-экономические основы выбора конструкции турбины.
- 38) Выбор частоты вращения, числа валов и цилиндров турбины.
- 39) Схемы и расчет воздушного и жидкостного охлаждения сопловых и рабочих лопаток и дисков ротора газовых турбин.

Раздел «Основы расчета и проектирования многоступенчатых компрессоров»

- 40) Многоступенчатый осевой компрессор.
- 41) Влияние потерь в патрубках на КПД и напор компрессора.
- 42) Неустойчивые режимы в работе компрессора.
- 43) Универсальная характеристика.
- 44) Моделирование компрессоров.
- 45) Многоступенчатые центробежные компрессоры.
- 46) Выбор оптимальных геометрических размеров ступеней центробежного компрессора.
- 47) Профилирование рабочих колес и лопаточных диффузоров.

Раздел «Переменный режим работы турбин»

- 48) Переменный режим работы турбинной ступени.
- 49) Последние ступени конденсационной турбины при изменении объемного пропуска пара.
- 50) Обобщение характеристики турбинных ступеней.
- 51) Распределение давлений по ступеням при изменении режима работ турбины.
- 52) Системы парораспределения.
- 53) Изменение нагрузки турбины при переменном режиме работы, занос солями проточной части.
- 54) Переменный режим работы газотурбинной установки.

Раздел «Турбины для комбинированной выработки тепла и электрической энергии»

- 55) Турбины с противодавлением, с промежуточным регулируемым отбором пара.
- 56) Ступенчатый подогрев воды.
- 57) Диаграммы режимов турбин.
- 58) Использование для теплофикации тепла ГТУ и АЭС.

Раздел «Теплообмен в элементах турбомашин»

- 59) Основные уравнения теплопроводности и конвективного теплообмена.
- 60) Теплообмен при фазовых превращениях.
- 61) Конвективный теплообмен при пористом охлаждении и газовых заносах.
- 62) Распределение температур в охлаждаемых турбинных лопатках, роторах и корпусах.
- 63) Методы решения задач теплопроводности и теплообмена применительно к основным деталям турбин.

Раздел «Металлы, динамика и прочность деталей паровых и газовых турбин»

- 64) Надежность турбин как основное требование их изготовления, монтажа и эксплуатации.
- 65) Условия работы металлов в паровых и газовых турбинах.
- 66) Свойства сталей и сплавов, применяемых в турбиностроении, и требования к ним.
- 67) Процессы, возникающие в металлах при высоких температурах, длительной работе и переменных нагрузках.
- 68) Коррозионная усталость и коррозионное растрескивание под напряжением в элементах турбин под влиянием агрессивных примесей в паре.
- 69) Рабочие лопатки, их прочность и вибрации.
- 70) Обеспечение вибрационной надежности лопаточного аппарата.
- 71) Диски, их прочность и вибрации.
- 72) Вибрации роторов и фундамента.
- 73) Низкочастотные вибрации роторов.
- 74) Методика численного расчета с помощью ЭВМ.
- 75) Гидродинамические силы в ступенях, уплотнения в подшипниках.
- 76) Маневренность турбин.
- 77) Термические напряжения в деталях турбин, термоусталость их
- 78)

Раздел «Регулирование турбин»

- 79) Принципиальные схемы регулирования конденсационных паровых турбин.
- 80) Статические характеристики регулирования.
- 81) Механизм управления.
- 82) Параллельная работа турбогенераторов.
- 83) Элементы систем регулирования и маслоснабжения турбин.

- 84) Математическое описание систем регулирования турбин.
- 85) Устойчивость систем регулирования турбин.
- 86) Переходные процессы в системах регулирования с помощью ЭВМ.
- 87) Регулирование турбин для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии.
- 88) Особенности регулирования газотурбинных установок.
- 89) Регулирование энергетических блоков ТЭС и АЭС.
- 90) Защитные устройства турбинных установок.
- 91) Использование ЭВМ для управления турбинной установкой.
- 92) Автоматизация пуска турбинной установки.

Раздел «Комбинированные установки»

- 93) Тепловые схемы и характеристики комбинированных установок.

12. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Изучение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья организуется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

При проведении учебных занятий обеспечивается соблюдение следующих требований:

- учебные занятия проводятся для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в одной аудитории совместно с обучающимися, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, если это не создает трудностей для обучающихся в ходе учебных занятий;
- присутствие ассистента из числа работников БГТУ или привлеченных лиц, оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, общаться с педагогическим работником и т. п.);
- обучающиеся с учетом их индивидуальных особенностей могут пользоваться необходимыми им техническими средствами;
- материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, при отсутствии лифтов аудитория должна располагаться на первом этаже; наличие специальных кресел и других приспособлений).

Университетом созданы специальные условия для получения высшего

образования обучающимися с ОВЗ:

- 1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:
 - наличие альтернативной версии официального сайта организации в сети "Интернет" для слабовидящих;
 - размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме (с учетом их особых потребностей) справочной информации о расписании учебных занятий (информация должна быть выполнена крупным рельефно-контрастным шрифтом (на белом или желтом фоне) и продублирована шрифтом Брайля);
 - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
 - обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
 - обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собаку-проводника, к зданию организации;
- 2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:
 - дублирование звуковой справочной информации о расписании учебных занятий визуальной (установка мониторов с возможностью трансляции субтитров (мониторы, их размеры и количество необходимо определять с учетом размеров помещения);
 - обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- 3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения Университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, локальное понижение стоек-барьеров; наличие специальных кресел и других приспособлений).

13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

В соответствии с Федеральным законом от 31.07.2020г. № 304-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» по вопросам воспитания обучающихся» воспитание - «деятельность, направленная на развитие личности, создание условий для самоопределения и социализации обучающихся на основе социокультурных, духовно-нравственных ценностей и принятых в российском обществе правил и норм поведения в интересах человека, семьи, общества и государства, формирование у обучающихся чувства патриотизма, гражданственности, уважения к памяти защитников Отечества и подвигам Героев Отечества, закону и правопорядку, человеку труда и старшему поколению, взаимного уважения, бережного отно-

шения к культурному наследию и традициям многонационального народа Российской Федерации, природе и окружающей среде».

В учебном процессе воспитательная работа с обучающимися реализуется средствами учебных дисциплин.

Воспитательная деятельность в ходе преподавания дисциплины направлена на формирование у обучающегося системы убеждений, нравственных норм и общекультурных качеств, на оказание им помощи в жизненном самоопределении, нравственном, гражданском и профессиональном становлении, на создание условий для самореализации личности. Воспитательная работа также ориентирует обучающихся на будущую профессиональную деятельность, формируя не только личностные, но и профессионально значимые качества.

Воспитательные задачи во время учебных занятий выполняются в скрытой (контекстной) и открытой (целенаправленной) формах. Скрытая форма воспитательной работы представляет собой воздействие всего хода педагогического процесса на становление личностных качеств обучающихся. Например, соблюдение педагогическим работником трудовой дисциплины, демонстрация преданности науке, заинтересованность в успехе обучающихся, правильная речь, хорошие манеры и т. п. имеют положительное воспитательное значение и формируют у обучающихся добросовестность, исполнительность, трудолюбие, ответственность и другие положительные качества. Обучающиеся неосознанно перенимают данные черты у педагогического работника.

Воспитание в открытой форме – это целенаправленное воздействие содержанием учебной дисциплины на становление личности обучающегося. Например, решение проблем и исследовательская работа формируют у обучающихся умение аргументировать, самостоятельно мыслить, вкус к научному поиску, развивают творчество, профессиональные умения, и т

АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Турбомашины и комбинированные турбоустановки

(наименование дисциплины)

13.06.01 Электро- и теплотехника

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Турбомашины и комбинированные турбоустановки

(направленность (профиль)/ специализация образовательной программы)

высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

(уровень образования)

Исследователь. Преподаватель-исследователь

(квалификация, присваиваемая по специальности или направлению подготовки)

Очная

(форма обучения)

2020

(год набора)

1. Цели, задачи дисциплины

1. Цель дисциплины: подготовка обучающихся к сдаче кандидатского экзамена по научной специальности 2.4.7. Турбомашины и поршневые двигатели.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина входит в вариативную часть образовательной программы и реализуется на 3 курсе в 6 семестре.

3. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

ОПК-1 – владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности;

ОПК-3 – способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности;

способностью использовать методы диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования в целях комплексного решения проблем в области турбиностроения;

ПК-2 – способность к анализу, оценке и использованию положений теории разработки и создания турбомашин при решении исследовательских инженерных задач;

ПК-3 – способность применять углубленные знания в сфере турбиностроения с учетом современных принципов научного исследования (интегративность, антропоцентричность, коммуникативность, функциональность и др.);

ПК-4 – владение современной научной парадигмой в области турбиностроения и умение интегрировать и актуализировать результаты собственных исследований в рамках научной парадигмы.

ПК-5 – способность осуществлять педагогическую деятельность, в том числе подготовки специалистов в области турбомашин и комбинированных турбоустановок.

4. Общая трудоемкость дисциплины

3 зачетных единиц (108 академических часа).

5. Форма (формы) промежуточной аттестации обучающихся

Экзамен.

6. Основные разделы дисциплины:

1) тепловые циклы турбинных установок; 2) течение сжимаемой жидкости в решетках турбомашин; 3) течение двухфазного рабочего тела в проточной части турбомашин; 4) ступень турбомашин; 5) нестационарные явления в турбомашинах; 6) выбор конструкции и расчет многоступенчатых турбин; 7) основы расчета и проектирования многоступенчатых компрессоров; 8) переменный режим работы турбин; 9) турбины для комбинированной выработки тепла и электрической энергии; 10) теплообмен в элементах турбомашин; 11) металлы, динамика и прочность деталей паровых и газовых турбин; 12) регулирование турбин; 13) комбинированные установки.

7. Автор: Осипов А.В., доцент, к.т.н.