Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 31.10.2023 12:02:43
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

**Транспортный факультет**

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ /М.Н. Лукьянов/
«16» 02 2023г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## Конструирование, динамика и прочность энергетических машин и установок

Направление подготовки/специальность
**13.03.03 Энергетическое машиностроение**

Профиль/специализация
**Перспективные энергетические установки для электрического транспорта и малой энергетики**

Квалификация
**бакалавр**

Формы обучения
**Очная, заочная**

Москва, 2023 г.

Разработчик(и):

к.т.н., доцент  /А.И. Федулов/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики», к.т.н., доцент  /А.В. Костюков/

**Оглавление**

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ..... 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы ..... 4
3. Структура и содержание дисциплины ..... 4
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость ..... 4
3.1.1. Очная форма обучения ..... 4
3.1.2. Заочная форма обучения ..... 5
3.2. Тематический план изучения дисциплины ..... 6
3.2.1. Очная форма обучения ..... 6
3.2.2. Заочная форма обучения ..... 12
3.3. Содержание дисциплины ..... 19
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ..... 22
3.4.1. Семинарские/практические занятия ..... 22
3.4.2. Лабораторные занятия ..... 24
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ..... 24
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ..... 24
4.1. Нормативные документы и ГОСТы ..... 24
4.2. Основная литература ..... 24
4.3. Дополнительная литература ..... 25
4.4. Электронные образовательные ресурсы ..... 25
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ..... 25
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ..... 25
5. Материально-техническое обеспечение ..... 26
6. Методические рекомендации ..... 26
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ..... 26
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ..... 27
7. Фонд оценочных средств ..... 28
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения ..... 28
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения ..... 29
7.3. Оценочные средства ..... 29

## 1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

**Целями** освоения дисциплины - подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению «Энергетическое машиностроение», а именно сбору и анализу предварительных данных для исходного проектирования, расчету и конструирования деталей и узлов в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматического проектирования;

**Задачи** дисциплины:

- Формирование у студентов знания конструкции и основ проектирования турбомашин и других элементов газотурбинных установок (ГТУ).

Обучение по дисциплине «Основы испытаний энергетических машин и установок» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| Код и наименование компетенций | Индикаторы достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-5. Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности | ИОПК-5.1. Умеет использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок<br>ИОПК-5.1. Умеет рассчитывать элементы и параметры энергетических машин и установок с учетом свойств конструкционных материалов |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в часть блока Б.1 – «Обязательная часть», подраздел Б.1.1.25.
Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые при изучении таких дисциплин, как Конструкции и схемы перспективных двигателей внутреннего сгорания, Теория рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания, Системы питания двигателей внутреннего сгорания, Горюче-смазочные материалы для эксплуатации энергоустановок, Динамика двигателей внутреннего сгорания
Результаты обучения, достигнутые по итогам освоения данной дисциплины, являются необходимым условием для успешного прохождения практики и сдачи государственной итоговой аттестации.

## 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц (360 часов).

### 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

#### 3.1.1. Очная форма обучения

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Аудиторные занятия | 180 | 72 | 36 | 72 |
| | В том числе: | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лекции | 90 | 36 | 18 | 36 |
| | Семинарские/практические занятия | 90 | 36 | 18 | 36 |
| | Лабораторные занятия | - | - | - | - |
| 2 | Самостоятельная работа | 180 | 72 | 36 | 72 |
| 3 | Промежуточная аттестация | | | | |
| | Зачет/диф. зачет/экзамен | Экзамен | зачет | зачет | экзамен |
| | Итого | 360 | 72 | 36 | 72 |

### 3.1.2. Заочная форма обучения

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Аудиторные занятия | 54 | 18 | 18 | 18 |
| | В том числе: | | | | |
| | Лекции | 26 | 8 | 8 | 10 |
| | Семинарские/практические занятия | 28 | 10 | 10 | 8 |
| | Лабораторные занятия | - | - | - | - |
| 2 | Самостоятельная работа | 306 | 102 | 102 | 102 |
| 3 | Промежуточная аттестация | | | | |
| | Зачет/диф. зачет/экзамен | Экзамен | зачет | зачет | экзамен |
| | Итого | 360 | 18 | 18 | 18 |

## 3.2. Тематический план изучения дисциплины

### 3.2.1. Очная форма обучения 5 семестр

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Всего | Аудиторная работа | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекция 1. Очистка воздуха и Конструкция фильтрующих элементов ГТД. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 2 | Лекция 2. Конструкция ВНА и ННА ГТД (вращающегося направляющего аппарата и неподвижного направляющего аппарата). | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 3 | Лекция 3. Компрессоры ГТД. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 4 | Лекция 4. Диффузоры ГТД. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 5 | Лекция 5. Конструкция и назначение газовоздушных (лабиринтных) уплотнений в ГТД. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 6 | Лекция 6. Конструкция газовых турбин ГТД. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 7 | Лекция 7. Конструкция камер сгорания ГТД. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 8 | Лекция 8. Конструкция РСА и НСА(регулируемого соплового аппарата и неподвижного соплового аппарата). | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 9 | Лекция 9. Конструкция и назначение теплообменников в ГТД. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| | Итого: | 144 | 72 | 36 | 36 | | 72 |

**Очная форма обучения 6 семестр**

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Всего | Аудиторная работа | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекция 1 Тема 1«ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Центробежные компрессоры транспортных газотурбинных двигателей (ТГТД).<br>§2. Входные устройства.<br>§3. Колесо центробежного компрессора.<br>§4. Посадка колеса компрессора на вал.<br>§5. Диффузоры. Их конструкция.<br>§6. Безлопаточный диффузор.<br>§7. Лопаточный диффузор.<br>§8. Канальные и полуканальные диффузоры.<br>§9. Воздухосборники. | 8 | 4 | 2 | 2 | | 4 |
| 2 | Лекция 2 Тема 1«ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Профилирование центробежных компрессоров.<br>§2. Основные геометрические параметры центробежного колеса и рекомендации по их выбору.<br>§3. Профилирование рабочего колеса центробежного компрессора.<br>§4. Построение канала колеса в меридиональной плоскости.<br>§5. Профилирование канала колеса в цилиндрических сечениях.<br>§6. Профилирование реактивных колес. | 8 | 4 | 2 | 2 | | 4 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | §7. Проверка полученного межлопаточного канала центробежного компрессора. | | | | | | |
| 3 | Лекция 3 Тема 1 «ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Профилирование диффузоров центробежного компрессора.<br>§2. Профилирование безлопаточного диффузора.<br>§3. Профилирование лопаточного диффузора.<br>§4. Профилирование канального и полуканального диффузоров.<br>§5. Методика профилирования колеса центробежного компрессора с радиальными лопатками (β2л=900).<br>§6. Построение канала в меридиональной плоскости.<br>§7. Построение канала в цилиндрических сечениях на диаметре $d_1''$<br>§8. Методика профилирования лопаточного диффузора по исходному профилю. | 8 | 4 | 2 | 2 | | 4 |
| 4 | Лекция 4 Тема 2 «ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Использование программного комплекса Numeca для моделирования колеса центробежного компрессора.<br>§2. Исходные данные для расчета.<br>§3. Программа расчета колеса центробежного компрессора.<br>§4. Методика расчета колеса центробежного компрессора. | 8 | 4 | 2 | 2 | | 4 |
| 5 | Лекция 5 Тема 2 «ОСЕВЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Общие сведения, требования, предъявляемые к турбинам.<br>Классификация турбин. | 8 | 4 | 2 | 2 | | 4 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | §2. Конструктивные схемы газовых турбин.<br>§3. Конструкция сопловых аппаратов турбин.<br>§4. Конструкция роторов газовых турбин.<br>§5. Диски турбин.<br>§6. Посадка диска колеса турбины на вал. | | | | | | |
| 6 | Лекция 6 Тема 2 «ОСЕВЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Рабочие лопатки турбин.<br>§2. Соединение лопаток с дисками.<br>§3. Осевая фиксация лопаток.<br>§4. Регулируемый сопловой аппарат тяговой турбины.<br>§5. Условия работы РСА и требования, предъявляемые к ним.<br>§6. Конструкция РСА и его элементов. | 8 | 4 | 2 | 2 | | 4 |
| 7 | Лекция 7 Тема 3 «ОСЕВЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Механизмы поворота РСА.<br>§2. Охлаждение лопаток турбин.<br>§3. Применение керамических материалов в конструкциях турбин ТГТД.<br>§4. Материалы, применяемые для деталей турбин.<br>§5. Профилирование лопаток осевых турбин. | 8 | 4 | 2 | 2 | | 4 |
| 8 | Лекция 8 Тема 3 «ОСЕВЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Основные требования, предъявляемые при профилировании лопаток осевых турбин.<br>§2. Основные геометрические параметры решетки профилей и рекомендации по их выбору.<br>§3. Методика профилирования.<br>§4. Построение профилей лопаток. | 8 | 4 | 2 | 2 | | 4 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | §5. Построение спинки и корытца по дугам параболы.<br>§6. Построение корытца по дугам окружностей. | | | | | | |
| 9 | Лекция 9 Тема 3 «РАДИАЛЬНЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Основные требования, предъявляемые при профилировании радиальных турбин.<br>§2. Основные геометрические параметры колеса радиальной турбины и рекомендации по построению.<br>§3. Методика профилирования.<br>§4. Построение профилей лопаток.<br>§5. Построение наружнего обвода колеса турбины.<br>§6. Построение внутреннего обвода колеса. | 8 | 4 | 2 | 2 | | 4 |
| | Итого: | 72 | 36 | 18 | 18 | | 36 |

**Очная форма обучения 7 семестр**

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Всего | Аудиторная работа | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекция 1 Тема 1«Теоретические основы динамики и прочности ГТД»<br>§1. Введение.<br>§2. Теоретические основы динамики и прочности ГТД.<br>§3. Напряженное состояние, тензор напряжений. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 2 | Лекция 2 Тема 1«Теоретические основы динамики и прочности ГТД» | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | §1. Уравнение равновесия<br>§2. Перемещения в деформируемом твердом теле. Тензор деформаций. | | | | | | |
| 3 | Лекция 3 Тема 1 «Теоретические основы динамики и прочности ГТД»<br>§1. Уравнения совместности деформаций<br>§2. Обобщенный закон Гука. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 4 | Лекция 4 Тема 1 «Теоретические основы динамики и прочности ГТД»<br>§1. Плоская задача теории упругости.<br>§2. Пластическая деформация материала. Простое и сложное нагружение. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 5 | Лекция 5 Тема 1 «Теоретические основы динамики и прочности ГТД»<br>§1. Ползучесть.<br>§2. Релаксация напряжений.<br>§3. Длительная прочность. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 6 | Лекция 6 Тема 1 «Теоретические основы динамики и прочности ГТД»<br>§1. Усталостное разрушение элементов конструкций.<br>§2. Малоцикловая усталость. Термическая усталость. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 7 | Лекция 7 Тема 2 «Динамика турбоиашин»<br>§1. Накопление повреждений при нестационарном нагружении.<br>§2. Закономерности развития трещин в элементах конструкций. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 8 | Лекция 8 Тема 2 «Динамика турбоиашин»<br>§1. Свободные колебания системы с одной степенью свободы.<br>§2. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |
| 9 | Лекция 9 Тема 2 «Динамика турбоиашин»<br>§1. Колебания системы с вязким сопротивлением. | 16 | 8 | 4 | 4 | | 8 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | §2. Демпфирование колебаний. | | | | | | |
| | Итого: | 144 | 72 | 36 | 36 | | 72 |

**Заочная форма обучения 7 семестр**

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Всего | Аудиторная работа | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекция 1. Очистка воздуха и Конструкция фильтрующих элементов ГТД. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 2 | Лекция 2. Конструкция ВНА и ННА ГТД (вращающегося направляющего аппарата и неподвижного направляющего аппарата). | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 3 | Лекция 3. Компрессоры ГТД. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 4 | Лекция 4. Диффузоры ГТД. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 5 | Лекция 5. Конструкция и назначение газовоздушных (лабиринтных) уплотнений в ГТД. | 4 | 1 | 2 | | | 12 |
| 6 | Лекция 6. Конструкция газовых турбин ГТД. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 7 | Лекция 7. Конструкция камер сгорания ГТД. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 8 | Лекция 8. Конструкция РСА и НСА(регулируемого соплового аппарата и неподвижного соплового аппарата). | 4 | 0,5 | 1 | | | 12 |
| 9 | Лекция 9. Конструкция и назначение теплообменников в ГТД. | 4 | 0,5 | 1 | | | 10 |
| | Итого: | 36 | 8 | 10 | | | 106 |

**Заочная форма обучения 8 семестр**

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Всего | Аудиторная работа | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекция 1 Тема 1«ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Центробежные компрессоры транспортных газотурбинных двигателей (ТГТД).<br>§2. Входные устройства.<br>§3. Колесо центробежного компрессора.<br>§4. Посадка колеса компрессора на вал.<br>§5. Диффузоры. Их конструкция.<br>§6. Безлопаточный диффузор.<br>§7. Лопаточный диффузор.<br>§8. Канальные и полуканальные диффузоры.<br>§9. Воздухосборники. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 2 | Лекция 2 Тема 1«ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Профилирование центробежных компрессоров.<br>§2. Основные геометрические параметры центробежного колеса и рекомендации по их выбору. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | §3. Профилирование рабочего колеса центробежного компрессора.<br>§4. Построение канала колеса в меридиональной плоскости.<br>§5. Профилирование канала колеса в цилиндрических сечениях.<br>§6. Профилирование реактивных колес.<br>§7. Проверка полученного межлопаточного канала центробежного компрессора. | | | | | | |
| 3 | Лекция 3 Тема 1 «ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Профилирование диффузоров центробежного компрессора.<br>§2. Профилирование безлопаточного диффузора.<br>§3. Профилирование лопаточного диффузора.<br>§4. Профилирование канального и полуканального диффузоров.<br>§5. Методика профилирования колеса центробежного компрессора с радиальными лопатками (β2л=900).<br>§6. Построение канала в меридиональной плоскости.<br>§7. Построение канала в цилиндрических сечениях на диаметре $d_1''$<br>§8. Методика профилирования лопаточного диффузора по исходному профилю. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 4 | Лекция 4 Тема 2 «ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Использование программного комплекса Numeca для моделирования колеса центробежного компрессора.<br>§2. Исходные данные для расчета.<br>§3. Программа расчета колеса центробежного компрессора. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | §4. Методика расчета колеса центробежного компрессора. | | | | | | |
| 5 | Лекция 5 Тема 2 «ОСЕВЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Общие сведения, требования, предъявляемые к турбинам.<br>Классификация турбин.<br>§2. Конструктивные схемы газовых турбин.<br>§3. Конструкция сопловых аппаратов турбин.<br>§4. Конструкция роторов газовых турбин.<br>§5. Диски турбин.<br>§6. Посадка диска колеса турбины на вал. | 4 | 1 | 2 | | | 12 |
| 6 | Лекция 6 Тема 2 «ОСЕВЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Рабочие лопатки турбин.<br>§2. Соединение лопаток с дисками.<br>§3. Осевая фиксация лопаток.<br>§4. Регулируемый сопловой аппарат тяговой турбины.<br>§5. Условия работы РСА и требования, предъявляемые к ним.<br>§6. Конструкция РСА и его элементов. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 7 | Лекция 7 Тема 3 «ОСЕВЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»<br>§1. Механизмы поворота РСА.<br>§2. Охлаждение лопаток турбин.<br>§3. Применение керамических материалов в конструкциях турбин ТГТД.<br>§4. Материалы, применяемые для деталей турбин.<br>§5. Профилирование лопаток осевых турбин. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 8 | Лекция 8 Тема 3 «ОСЕВЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА» | 4 | 0,5 | 1 | | | 12 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | §1. Основные требования, предъявляемые при профилировании лопаток осевых турбин. §2. Основные геометрические параметры решетки профилей и рекомендации по их выбору. §3. Методика профилирования. §4. Построение профилей лопаток. §5. Построение спинки и корытца по дугам параболы. §6. Построение корытца по дугам окружностей. | | | | | | |
| 9 | Лекция 9 Тема 3 «РАДИАЛЬНЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА» §1. Основные требования, предъявляемые при профилировании радиальных турбин. §2. Основные геометрические параметры колеса радиальной турбины и рекомендации по построению. §3. Методика профилирования. §4. Построение профилей лопаток. §5. Построение наружнего обвода колеса турбины. §6. Построение внутреннего обвода колеса. | 4 | 0,5 | 1 | | | 10 |
| | Итого: | 36 | 8 | 10 | | | 106 |

**Заочная форма обучения 9 семестр**

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Всего | Аудиторная работа | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекция 1 Тема 1«Теоретические основы динамики и прочности ГТД» §1. Введение. §2. Теоретические основы динамики и прочности ГТД. §3. Напряженное состояние, тензор напряжений. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 2 | Лекция 2 Тема 1«Теоретические основы динамики и прочности ГТД» §1. Уравнение равновесия §2. Перемещения в деформируемом твердом теле. Тензор деформаций. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 3 | Лекция 3 Тема 1 «Теоретические основы динамики и прочности ГТД» §1. Уравнения совместности деформаций §2. Обобщенный закон Гука. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 4 | Лекция 4 Тема 1 «Теоретические основы динамики и прочности ГТД» §1. Плоская задача теории упругости. §2. Пластическая деформация материала. Простое и сложное нагружение. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 5 | Лекция 5 Тема 1 «Теоретические основы динамики и прочности ГТД» §1. Ползучесть. §2. Релаксация напряжений. §3. Длительная прочность. | 4 | 2 | 1 | | | 12 |
| 6 | Лекция 6 Тема 1 «Теоретические основы динамики и прочности ГТД» §1. Усталостное разрушение элементов конструкций. §2. Малоцикловая усталость. Термическая усталость. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |
| 7 | Лекция 7 Тема 2 «Динамика турбоиашин» §1. Накопление повреждений при нестационарном нагружении. §2. Закономерности развития трещин в элементах конструкций. | 4 | 1 | 1 | | | 12 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Лекция 8 Тема 2 «Динамика турбоиашин»<br>§1. Свободные колебания системы с одной степенью свободы.<br>§2. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы. | 4 | 1 | 0,5 | | | 12 |
| 9 | Лекция 9 Тема 2 «Динамика турбоиашин»<br>§1. Колебания системы с вязким сопротивлением.<br>§2. Демпфирование колебаний. | 4 | 1 | 0,5 | | | 10 |
| | Итого: | 36 | 10 | 8 | | | 106 |

## 3.3. Содержание дисциплины

**5 семестр**

Лекция 1. Очистка воздуха и Конструкция фильтрующих элементов ГТД.

Лекция 2. Конструкция ВНА и ННА ГТД (вращающегося направляющего аппарата и неподвижного направляющего аппарата).

Лекция 3. Компрессоры ГТД.

Лекция 4. Диффузоры ГТД.

Лекция 5. Конструкция и назначение газовоздушных (лабиринтных) уплотнений в ГТД.

Лекция 6. Конструкция газовых турбин ГТД.

Лекция 7. Конструкция камер сгорания ГТД.

Лекция 8. Конструкция РСА и НСА(регулируемого соплового аппарата и неподвижного соплового аппарата).

Лекция 9. Конструкция и назначение теплообменников в ГТД.

Лекция 10. Назначение осевых зазоров в ГТД.

Лекция 11. Радиальные зазоры в ГТД.

Лекция 12. Лопатки газовых турбин в ГТД различного назначения.

Лекция 13. Подшипники качения и скольжения роторов в ГТД.

Лекция 14. Газовые подшипники роторов в ГТД.

Лекция 15. Редукторы силовых турбин в ГТД.

Лекция 16. Конструкции топливной и масляной систем ГТД.

Лекция 17. Конструкции привода вспомогательных агрегатов ГТД.

Лекция 18. Корпусные схемы ГТД.

**6 семестр**

Лекция 1 Тема 1«ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»

§1. Центробежные компрессоры транспортных газотурбинных двигателей (ТГТД).

§2. Входные устройства.

§3. Колесо центробежного компрессора.

§4. Посадка колеса компрессора на вал.

§5. Диффузоры. Их конструкция.

§6. Безлопаточный диффузор.

§7. Лопаточный диффузор.

§8. Канальные и полуканальные диффузоры.

§9. Воздухосборники.

Лекция 2 Тема 1«ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»

§1. Профилирование центробежных компрессоров.

§2. Основные геометрические параметры центробежного колеса и рекомендации по их выбору.

§3. Профилирование рабочего колеса центробежного компрессора.

§4. Построение канала колеса в меридиональной плоскости.

§5. Профилирование канала колеса в цилиндрических сечениях.

§6. Профилирование реактивных колес.

§7. Проверка полученного межлопаточного канала центробежного компрессора.

Лекция 3 Тема 1 «ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»

§1. Профилирование диффузоров центробежного компрессора.

§2. Профилирование безлопаточного диффузора.

§3. Профилирование лопаточного диффузора.

§4. Профилирование канального и полуканального диффузоров.

§5. Методика профилирования колеса центробежного компрессора с радиальными лопатками (β2л=900).

§6. Построение канала в меридиональной плоскости.

§7. Построение канала в цилиндрических сечениях на диаметре d1´´

§8. Методика профилирования лопаточного диффузора по исходному профилю.

Лекция 4 Тема 2 «ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»

§1. Использование программного комплекса Numeca для моделирования колеса центробежного компрессора.

§2. Исходные данные для расчета.

§3. Программа расчета колеса центробежного компрессора.

§4. Методика расчета колеса центробежного компрессора.

Лекция 5 Тема 2 «ОСЕВЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»

§1. Общие сведения, требования, предъявляемые к турбинам.

Классификация турбин.

§2. Конструктивные схемы газовых турбин.

§3. Конструкция сопловых аппаратов турбин.

§4. Конструкция роторов газовых турбин.

§5. Диски турбин.

§6. Посадка диска колеса турбины на вал.

Лекция 6 Тема 2 «ОСЕВЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»

§1. Рабочие лопатки турбин.

§2. Соединение лопаток с дисками.

§3. Осевая фиксация лопаток.

§4. Регулируемый сопловой аппарат тяговой турбины.

§5. Условия работы РСА и требования, предъявляемые к ним.

§6. Конструкция РСА и его элементов.

Лекция 7 Тема 3 «ОСЕВЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»

§1. Механизмы поворота РСА.

§2. Охлаждение лопаток турбин.

§3. Применение керамических материалов в конструкциях турбин ТГТД.

§4. Материалы, применяемые для деталей турбин.

§5. Профилирование лопаток осевых турбин.

Лекция 8 Тема 3 «ОСЕВЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»

§1. Основные требования, предъявляемые при профилировании лопаток осевых турбин.

§2. Основные геометрические параметры решетки профилей и рекомендации по их выбору.

§3. Методика профилирования.

§4. Построение профилей лопаток.

§5. Построение спинки и корытца по дугам параболы.

§6. Построение корытца по дугам окружностей.

Лекция 9 Тема 3 «РАДИАЛЬНЫЕ ТУРБИНЫ ТРАНСПОРТНЫХ ГТД, МИКРОТУРБИН И АГРЕГАТОВ ТУРБОНАДДУВА»

§1. Основные требования, предъявляемые при профилировании радиальных турбин.

§2. Основные геометрические параметры колеса радиальной турбины и рекомендации по построению.

§3. Методика профилирования.
§4. Построение профилей лопаток.
§5. Построение наружнего обвода колеса турбины.
§6. Построение внутреннего обвода колеса.

**7 семестр**

Лекция 1 Тема 1«Теоретические основы динамики и прочности ГТД»
§1. Введение.
§2. Теоретические основы динамики и прочности ГТД.
§3. Напряженное состояние, тензор напряжений.

Лекция 2 Тема 1«Теоретические основы динамики и прочности ГТД»
§1. Уравнение равновесия
§2. Перемещения в деформируемом твердом теле. Тензор деформаций.

Лекция 3 Тема 1 «Теоретические основы динамики и прочности ГТД»
§1. Уравнения совместности деформаций
§2. Обобщенный закон Гука.
Лекция 4 Тема 1 «Теоретические основы динамики и прочности ГТД»
§1. Плоская задача теории упругости.
§2. Пластическая деформация материала. Простое и сложное нагружение.
Лекция 5 Тема 1 «Теоретические основы динамики и прочности ГТД»
§1. Ползучесть.
§2. Релаксация напряжений.
§3. Длительная прочность.
Лекция 6 Тема 1 «Теоретические основы динамики и прочности ГТД»
§1. Усталостное разрушение элементов конструкций.
§2. Малоцикловая усталость. Термическая усталость.
Лекция 7 Тема 2 «Динамика турбоиашин»
§1. Накопление повреждений при нестационарном нагружении.
§2. Закономерности развития трещин в элементах конструкций.
Лекция 8 Тема 2 «Динамика турбоиашин»
§1. Свободные колебания системы с одной степенью свободы.
§2. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы.
Лекция 9 Тема 2 «Динамика турбоиашин»
§1. Колебания системы с вязким сопротивлением.
§2. Демпфирование колебаний.
Лекция 10 Тема 2 «Динамика турбоиашин»
§1. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием произвольной периодической возмущающей силы.
Лекция 11 Тема 2 «Динамика турбоиашин»
§1. Колебания системы с распределенной массой.
§2. Статическая прочность и циклическая долговечность лопаток.
§3. Нагрузки, действующие на лопатки. Расчетные схемы лопаток.
Лекция 12 Тема 2 «Динамика турбоиашин»
§1. Напряжения растяжения в профильной части рабочей лопатки от центробежных сил.
§2. Изгибающие моменты и напряжения изгиба от газодинамических сил
Лекция 13 Тема 3 «Прочность деталей и узлов турбомашин»
§1. Суммарные напряжения растяжения и изгиба в профильной части лопатки.
§2. Температурные напряжения в лопатках.

§3. Особенности напряженного состояния широкохордных рабочих лопаток.

§4. Расчет соединения рабочих лопаток с дисками.

Лекция 14 Тема 3 «Прочность деталей и узлов турбомашин»

§1. Расчет на прочность антивибрационных (бандажных) полок и удлинительной ножки лопатки.

§2. Особенности расчета на прочность лопаток статора.

§3. Анализ трехмерных полей напряжений и деформаций в лопатках.

Лекция 15 Тема 3 «Прочность деталей и узлов турбомашин»

§1. Статическая прочность и циклическая долговечность дисков.

§2. Расчетные схемы дисков.

§3. Расчет напряжений в диске в плоской оссесимметричной постановке задачи.

Лекция 16 Тема 3 «Прочность деталей и узлов турбомашин»

§1. Общие закономерности напряженного состояния дисков.

§2. Подтверждение циклического ресурса дисков на основе концепции допустимых повреждений

§3. Расчет роторов барабанного типа.

Лекция 17 Тема 3 «Прочность деталей и узлов турбомашин»

§1. Расчет дисков радиальных турбомашин

§2. Оптимальное проектирование дисков. Равнопрочный диск.

§3. Колебания и вибрационная прочность лопаток осевых компрессоров и турбин.

Лекция 18 Тема 3 «Прочность деталей и узлов турбомашин»

§1. Приближенный расчет собственных частот колебаний лопаток.

§2. Трехмерные модели колебаний лопаток.

§3. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на собственные частоты колебаний лопатки.

§4. Автоколебания лопаток

## 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

### 3.4.1. Семинарские/практические занятия

**5 семестр**

Практическая работа 1 по теме № 1 «Исследование методов очистки воздуха для ГТД, основные типы фильтрующих элементов и их характеристики.»

Практическая работа 2 по теме № 1 «Исследование влияния наличия ВНА на показатели компрессора ГТД.»

Практическая работа 3 по теме № 1 «Снятие характеристик двухвального ГТД.»

Практическая работа 4 по теме № 1 «Исследование влияния конструкции диффузора на показатели компрессора ГТД.»

Практическая работа 5 по теме № 1 «Исследование работы простейших лабиринтных уплотнений в компрессоре ГТД.»

Практическая работа 6 по теме № 1 «Исследование характеристик радиальной турбины ГТД.»

Практическая работа 7 по теме № 2 «Исследование характеристик осевой турбины ГТД.»

Практическая работа 8 по теме № 2 «Исследование влияния конструкции РСА на показатели силовой газовой турбины ГТД.»

Практическая работа 9 по теме № 2 «Исследование характеристик вращающегося роторного теплообменника ГТД.»

Практическая работа 10 по теме № 2 «Исследование характеристик рекуператора на примере интеркуллера.»

Практическая работа 11 по теме № 2 «Исследование влияния радиальных и осевых зазоров на характеристики ГТД.»

Практическая работа 12 по теме № 2 «Исследование влияния формы лопатки газовой турбины на характеристики ГТД.»

Практическая работа 13 по теме № 3 «Расчет подшипников скольжения ГТД.»

Практическая работа 14 по теме № 3 «Расчет газовоздушных подшипников ГТД.»

Практическая работа 15 по теме № 3 «Расчет подшипников качения ГТД.»

Практическая работа 16 по теме № 3 «Расчет основных параметров ГТД.»

Практическая работа 17 по теме № 3 «Экспериментальное определение характеристик камеры сгорания ГТД.»

Практическая работа 18 по теме № 3 «Исследование основных типов топлив применяемых в ГТД.»

**6 семестр**

Практическая работа 1 по теме № 1 «Профилирование колеса центробежного компрессора»

Практическая работа 2 по теме № 1 «Профилирование лопаток осевого компрессора»

Практическая работа 3 по теме № 1 «Профилирование колеса центробежного компрессора в программе Numeca»

Практическая работа 4 по теме № 2 «Профилирование колеса осевого компрессора в программе Numeca»

Практическая работа 5 по теме № 2 «Профилирование лопатки осевой турбины и соплового аппарата»

Практическая работа 6 по теме №2 «Профилирование осевой турбины в программе Numeca»

Практическая работа 7 по теме № 3 «Профилирование колеса радиальной турбины»

Практическая работа 8 по теме № 3 «Профилирование колеса радиальной турбины в программе Numeca»

Практическая работа 9 по теме № 3 «Профилирование диффузора компрессора»

**7 семестр**

Практическая работа 1 по теме № 1 «Основные материалы, используемые в конструкции деталей и узлов турбомашин.»

Практическая работа 2 по теме № 1 «Граничные условия при прочностных расчетах»

Практическая работа 3 по теме № 1 «Расчет на прочность колеса компрессора в программе Mathcad»

Практическая работа 4 по теме № 1 «Расчет на прочность колеса турбины в программе Mathcad»

Практическая работа 5 по теме № 1 «Расчет на прочность лопатки осевой турбины в программе Mathcad»

Практическая работа 6 по теме № 1 «Расчет критической частоты вращения ротора в программе Mathcad»

Практическая работа 7 по теме № 2 «Граничные условия при прочностных расчетах в программе ANSYS»

Практическая работа 8 по теме № 2 «Расчет центробежного компрессора на прочность в программе ANSYS»

Практическая работа 9 по теме № 2 «Расчет радиальной турбины на прочность в программе ANSYS»

Практическая работа 10 по теме № 2 «Расчет осевой турбины на прочность в программе ANSYS»

Практическая работа 11 по теме № 2 «Расчет на прочность подшипников ротора в программе ANSYS»

Практическая работа 12 по теме № 2 «Расчет на прочность камеры сгорания в программе ANSYS»

Практическая работа 13 по теме № 3 «Расчет на прочность теплообменника в программе ANSYS»

Практическая работа 14 по теме № 3 «Расчет критической частоты вращения ротора в программе ANSYS»

Практическая работа 15 по теме № 3 «Построение диаграммы Кэмпбела для определения критической частоты вращения ротора»

Практическая работа 16 по теме №3 «Определение запаса прочности колеса компрессора»

Практическая работа 17 по теме №3 «Определение запаса прочности колеса турбины»

Практическая работа 18 по теме №3 «Определение коэффициента запаса прочности для узлов и деталей гтд»

### 3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторные работы по дисциплине не предусмотрены.

### 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены

## 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1. Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ Р 41.49-99 (правила ЕЭК ООН № 49) Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия и двигателей, работающих на природном газе, а также двигателей с принудительным зажиганием, работающих на сжиженном нефтяном газе (снг), и транспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия, двигателями, работающими на природном газе, и двигателями с принудительным зажиганием, работающими на снг, в отношении выделяемых ими загрязняющих веществ.

2. ГОСТ Р 41.83—2004 (Правила ЕЭК ООН № 83) Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств в отношении выбросов вредных веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей.

3. ГОСТ Р 51832-2001 Двигатели внутреннего сгорания с принудительным зажиганием, работающие на бензине, и автотранспортные средства полной массой более 3,5 т, оснащенные этими двигателями выбросы вредных веществ. Технические требования и методы испытаний.

### 4.2. Основная литература

1. Мокий, М. С. Методология научных исследований : учебник для вузов / М. С. Мокий, А. Л. Никифоров, В. С. Мокий ; под редакцией М. С. Мокия. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 254 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13313-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/510937

2. Рачков, М. Ю. Измерительные устройства автомобильных систем / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 135 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08195-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/513711

### 4.3. Дополнительная литература

1. Брылев, А. А. Основы научно-исследовательской работы : учебник для вузов / А. А. Брылев, И. Н. Турчаева. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 206 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15861-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/509893
2. Рачков, М. Ю. Измерительные устройства автомобильных систем : учебное пособие для вузов / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 135 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08195-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/513711

### 4.4. Электронные образовательные ресурсы

1. Курс «Конструирование, динамика и прочность энергетических машин и установок» URL: https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=9379

### 4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее ПО:
Операционная система Windows 7 и выше, Офисные приложения Microsoft Office.

### 4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для освоения дисциплины рекомендуются следующие сайты информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

http://минобрнауки.рф/ - Министерство образования и науки РФ;
http://fcior.edu.ru/ - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;
http://fgosvo.ru/ - Портал Федеральных государственных образовательных стандартов;
http://www.consultant.ru/ - Справочная правовая система «Консультант Плюс»;
http://www.garant.ru/ - Справочная правовая система «Гарант»;
http://www.edu.ru/ - Российское образование. Федеральный портал;
http://www.opengost.ru/ - Сайт, содержащий полные тексты нормативных документов.

Перечень информационных систем:

Научная библиотека Московского политехнического университета. http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog

База данных содержит в себе 102678 учебных материалов различной направленности 1939 из которых полнотекстовые. Доступ к электронному каталогу можно получить с любого устройства, имеющим подключение к интернету.

Электронный каталог БИЦ МГУП.
http://mgup.ru/library/
Электронный каталог позволяет производить поиск по базе данных библиотеки МГУП.

ЭБС издательства «ЛАНЬ».
https://e.lanbook.com/
ЭБС «ЛАНЬ» - ресурс, предоставляющий online-доступ к научным журналам и полнотекстовым коллекциям книг различных издательств.

Доступ к ЭБС издательства «ЛАНЬ» осуществляется со всех компьютеров университета.

ЭБС «Polpred».
http://polpred.com/news
ЭБС представляет собой архив важных публикаций, собираемых вручную. База данных с рубрикатором: 53 отрасли/ 600 источников/ 9 федеральных округов РФ/ 235 стран и территорий/ главные материалы/ статьи и интервью 8000 первых лиц. Для доступа к полным текстам ЭБС с компьютеров на территории учебных корпусов университета авторизация не требуется.

«КиберЛенинка» - научная библиотека открытого доступа.
http://cyberleninka.ru/

Это научная электронная библиотека открытого доступа (Open Access).

Библиотека комплектуется научными статьями, публикациями в журналах России и ближнего зарубежья. Научные тексты, представленные в библиотеке, размещаются в интернете бесплатно, в открытом доступе. Пользователям библиотеки предоставляется возможность читать научные работы с экрана планшета, мобильного телефона и других современных мобильных устройств.

Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU».

http://elibrary.ru/defaultx.asp

Крупнейшая в России электронная библиотека научных публикаций, обладающая богатыми возможностями поиска и анализа научной информации. Библиотека интегрирована с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) - созданным по заказу Минобрнауки РФ бесплатным общедоступным инструментом измерения публикационной активности ученых и организаций.

Реферативная и наукометрическая электронная база данных «Scopus».

https://www.scopus.com/home.uri

Индексирует не менее 20500 реферируемых научных журналов, которые издаются не менее чем 5000 издательствами и содержат не менее 47 млн. библиографических записей, из которых не менее 24 млн. включают в себя списки цитируемой литературы.

База данных «Knovel» издательства «Elsevir».

https://app.knovel.com/web/

Полнотекстовая база данных для поиска инженерной информации и поддержки принятия инженерных решений.

Доступ к электронным базам данных «Scopus» и «Knovel» осуществляется круглосуточно через сеть Интернет в режиме он-лайн по IP-адресам, используемым университетом для выхода в сеть Интернет.

Поисковые интернет-системы: Google, Yandex, Yahoo, Mail, Rambler, Bing и др.

Информационная система предоставляет свободный доступ к каталогу образовательных Интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно- методической библиотеке для общего и профессионального образования. Доступ с любого компьютера, подключенного к Интернет.

## 5. Материально-техническое обеспечение

1) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-222 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

2) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-223 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

3) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-224 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

4) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Н-406 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

5) Комплекты мебели для учебного процесса.

6) Мультимедийное оборудование: Экран для проектора, переносной ноутбук, переносной проектор.

## 6. Методические рекомендации

### 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в

дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомится с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность исодержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

### 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины осуществляется при контактной работе с преподавателем и в процессе самостоятельной работы. Эффективное освоение дисциплины предполагает регулярное посещение всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объеме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы и взять в библиотеке издания в твёрдой копии (необходимо иметь при себе читательский билет и уметь пользоваться электронным каталогом).

Доступ к информационным ресурсам библиотеки и информационно-справочным системам сети «Интернет» организован в читальных залах библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с

личного ПЭВМ (ноутбука, планшетного компьютера или иного мобильного устройства) посредством беспроводного доступа при активации индивидуальной учетной записи.

Пользование информационными ресурсами расширяет возможности освоения теоретического курса, выполнения самостоятельной работы и позволяет получить информацию для реализации творческих образовательных технологий: выполнения реферата на заданную или самостоятельно выбранную тему в рамках тематики дисциплины.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных занятиях. Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать, перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

## 7. Фонд оценочных средств

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов предусмотрен фонд оценочных средств (ФОС), позволяющий оценить достижение запланированных результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций. Фонд оценочных средств состоит из комплектов контрольно-оценочных средств. Комплекты контрольно-оценочных средств включают в себя контрольно-оценочные материалы, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

### 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения

Оценивание и контроль сформированности компетенций осуществляется с помощью текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Для этого семестр делится на три периода. По окончанию первого периода (контрольная точка 1 (КТ1)) проводится собеседование со студентами по изученному на данный момент материалу. По окончанию второго периода обучения (КТ2) проводится аналогичная процедура. Третий период заканчивается промежуточной аттестацией по всему пройдённому материалу.

Текущий контроль успеваемости студентов предназначен для повышения мотивации студентов к систематическим занятиям, оценивания степени усвоения студентами учебного материала. Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение периода теоретического обучения семестра по всем видам аудиторных занятий и самостоятельной работы студента.

К формам контроля текущей успеваемости по дисциплине относится собеседование и тестирование. Критерии прохождения студентами текущего контроля следующие. При

текущем контроле успеваемости обучающихся применяется система оценивания в виде отметки «зачтено» и «не зачтено».

Результаты текущего контроля успеваемости учитываются преподавателем при проведении промежуточной аттестации. Отставание студента от графика текущего контроля успеваемости по изучаемой дисциплине приводит к образованию текущей задолженности.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра. Промежуточная аттестация помогает оценить более крупные совокупности знаний и умений, формирование определенных профессиональных компетенций.

## 7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения

При контроле успеваемости используется следующая шкала оценивания:

| Шкала оценивания | Критерии оценивания |
|---|---|
| «отлично» | студент должен: продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний материала; исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; правильно формулировать определения; продемонстрировать умения самостоятельной работы с нормативно-правовой литературой; уметь сделать выводы по излагаемому материалу |
| «хорошо» | студент должен: продемонстрировать достаточно полное знание материала; продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; продемонстрировать умение ориентироваться в нормативно-правовой литературе; уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу |
| «удовлетворительно» | студент должен: продемонстрировать общее знание изучаемого материала; знать основную рекомендуемую программой дисциплины учебную литературу; уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; |
| «неудовлетворительно» | ставится в случае: незнания значительной части программного материала; не владения понятийным аппаратом дисциплины; существенных ошибок при изложении учебного материала; неумения строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; неумения делать выводы по излагаемому материалу. |

При текущем контроле успеваемости с помощью тестов выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно более 75% заданий теста (набрано более 15 баллов).

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно менее 75% (набрано менее 15 баллов).

## 7.3. Оценочные средства

### Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке (КТ1). Вопросы для собеседования со студентами

**5 семестр (7семестр заочная форма)**

1. Профилирование центробежного компрессора ГТУ.

2. Профилирование лопаток осевого компрессора ГТУ.
3. Профилирование лопаток осевой турбины ГТУ.
4. Профилирование радиальных турбин.
5. Механические свойства материалов, используемых в ГТУ.
6. Расчет на прочность лопаток осевых компрессоров.
7. Расчет на прочность лопаток осевых турбин.
8. Расчет на прочность лопаток центробежных компрессоров.
9. Расчет на прочность лопаток радиальных турбин.
10. Расчет температурных полей в дисках турбомашин ГТУ.
11. Расчет на прочность дисков турбомашин ГТУ.
12. Расчет дисков с учетом пластических деформаций.
13. Расчет дисков с учетом ползучести материала.

**6 семестр (8 семестр заочная форма)**

1. Роль динамики и прочности в эксплуатации турбомашин и турбоустановок
2. Влияние параметров турбоустановок на надежность
3. Прочность и физический смысл этого понятия
4. Современные определения понятия «Прочность турбомашин машин и турбоустановок » и его составных элементов.
5. Основные свойства, характеризующие динамику, прочность турбомашин машин и турбоустановок.
6. Понятие безотказности работы узла или детали.
7. Понятие долговечности.
8. Понятие ремонтопригодности узлов и деталей.
9. Понятие сохраняемости.
10. Дефекты и повреждения.
11. Отказы: классификация отказов, термины и определения.
12. Задачи теории прочности.

**7 семестр (9 семестр заочная форма)**

1. Профилирование центробежного компрессора ГТУ.
2. Профилирование лопаток осевого компрессора ГТУ.
3. Профилирование лопаток осевой турбины ГТУ.
4. Профилирование радиальных турбин.
5. Механические свойства материалов, используемых в ГТУ.
6. Расчет на прочность лопаток осевых компрессоров.
7. Расчет на прочность лопаток осевых турбин.
8. Расчет на прочность лопаток центробежных компрессоров.
9. Расчет на прочность лопаток радиальных турбин.
10. Расчет температурных полей в дисках турбомашин ГТУ.
11. Расчет на прочность дисков турбомашин ГТУ.

**Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке (КТ2). Вопросы для собеседования со студентами**

**5 семестр (7семестр заочная форма)**

1. Роль динамики и прочности в эксплуатации турбомашин и турбоустановок
2. Влияние параметров турбоустановок на надежность
3. Прочность и физический смысл этого понятия

4. Современные определения понятия «Прочность  турбомашин машин и турбоустановок » и его составных элементов.
5. Основные свойства, характеризующие динамику, прочность  турбомашин машин и турбоустановок.
6. Понятие безотказности работы узла или детали.
7. Понятие долговечности.
8. Понятие ремонтопригодности узлов и деталей.
9. Понятие сохраняемости.
10. Дефекты и повреждения.
11. Отказы: классификация отказов, термины и определения.
12. Задачи теории прочности.
13. Качественные и количественные характеристики надежности  турбомашин машин и турбоустановок.

**6 семестр (8 семестр заочная форма)**

1. Качественные и количественные характеристики надежности  турбомашин машин и турбоустановок.
2. Критерии и количественные показатели надежности..
3. Условия работы турбомашин машин и турбоустановок
4. Факторы, влияющие на надежность турбомашин машин и турбоустановок
5. Надежность как показатель качества изделия:
6. Влияние окружающей среды на прочность.
7. Физико-механические и физико-химические свойства материала и прочность изделия.
8. Качество топлива, смазочных материалов и технических жидкостей.
9. Определение понятий: динамика и прочность
10. Системы управления прочностью.
11. Сертификационные испытания турбомашин машин и турбоустановок
12. Основы конструкции ТГУ и ее элементов.
13. Конструктивные схемы малоразмерных турбомашин.
14. Основные конструктивные элементы турбомашин.

**7 семестр (9 семестр заочная форма)**

1. Расчет дисков с учетом пластических деформаций.
2. Расчет дисков с учетом ползучести материала.
3. Запасы прочности дисков.
4. Метод конечных элементов для прочностных расчетов дисков турбомашин.
5. Критическая частота вращения роторов турбомашин ГТУ.
6. Методы расчета критической частоты вращения роторов ГТУ.
7. Влияние на критическую частоту жесткости опор роторов.
8. Влияние жесткости опор на выполнение прочностного расчета ротора турбомашины.
9. Понятие собственных колебаний лопаток дисков турбин ГТУ.
10. Понятие резонанса при расчетах роторов нв прочночть.
11. Понятие дисбаланса и его влияние на прочностные характеристики роторов.
12. Влияние типа сеток конечных элементов на результат прочностного расчета.
13. Влияние температурных полей на результаты прочностных расчетов деталей и узлов турбомашин.

**Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации успеваемости.**
**Вопросы для собеседования со студентами.**

*Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ОПК-5, на промежуточной аттестации оцениваются ответы на приведенные вопросы:*

14. Профилирование центробежного компрессора ГТУ.
15. Профилирование лопаток осевого компрессора ГТУ.
16. Профилирование лопаток осевой турбины ГТУ.
17. Профилирование радиальных турбин.
18. Механические свойства материалов, используемых в ГТУ.
19. Расчет на прочность лопаток осевых компрессоров.
20. Расчет на прочность лопаток осевых турбин.
21. Расчет на прочность лопаток центробежных компрессоров.
22. Расчет на прочность лопаток радиальных турбин.
23. Расчет температурных полей в дисках турбомашин ГТУ.
24. Расчет на прочность дисков турбомашин ГТУ.
25. Расчет дисков с учетом пластических деформаций.
26. Расчет дисков с учетом ползучести материала.
13. Роль динамики и прочности в эксплуатации турбомашин и турбоустановок
14. Влияние параметров турбоустановок на надежность
15. Прочность и физический смысл этого понятия
16. Современные определения понятия «Прочность турбомашин машин и турбоустановок » и его составных элементов.
17. Основные свойства, характеризующие динамику, прочность турбомашин машин и турбоустановок.
18. Понятие безотказности работы узла или детали.
19. Понятие долговечности.
20. Понятие ремонтопригодности узлов и деталей.
21. Понятие сохраняемости.
22. Дефекты и повреждения.
23. Отказы: классификация отказов, термины и определения.
24. Задачи теории прочности.
12. Профилирование центробежного компрессора ГТУ.
13. Профилирование лопаток осевого компрессора ГТУ.
14. Профилирование лопаток осевой турбины ГТУ.
15. Профилирование радиальных турбин.
16. Механические свойства материалов, используемых в ГТУ.
17. Расчет на прочность лопаток осевых компрессоров.
18. Расчет на прочность лопаток осевых турбин.
19. Расчет на прочность лопаток центробежных компрессоров.
20. Расчет на прочность лопаток радиальных турбин.
21. Расчет температурных полей в дисках турбомашин ГТУ.
22. Расчет на прочность дисков турбомашин ГТУ.
14. Роль динамики и прочности в эксплуатации турбомашин и турбоустановок
15. Влияние параметров турбоустановок на надежность
16. Прочность и физический смысл этого понятия
17. Современные определения понятия «Прочность турбомашин машин и турбоустановок » и его составных элементов.
18. Основные свойства, характеризующие динамику, прочность турбомашин машин и турбоустановок.
19. Понятие безотказности работы узла или детали.
20. Понятие долговечности.
21. Понятие ремонтопригодности узлов и деталей.

22. Понятие сохраняемости.
23. Дефекты и повреждения.
24. Отказы: классификация отказов, термины и определения.
25. Задачи теории прочности.
26. Качественные и количественные характеристики надежности  турбомашин машин и турбоустановок.
    15. Качественные и количественные характеристики надежности  турбомашин машин и турбоустановок.
    16. Критерии и количественные показатели надежности..
    17. Условия работы турбомашин машин и турбоустановок
    18. Факторы, влияющие на надежность турбомашин машин и турбоустановок
    19. Надежность как показатель качества изделия:
    20. Влияние окружающей среды на прочность.
    21. Физико-механические и физико-химические свойства материала и прочность изделия.
    22. Качество топлива, смазочных материалов и технических жидкостей.
    23. Определение понятий: динамика и прочность
    24. Системы управления прочностью.
    25. Сертификационные испытания турбомашин машин и турбоустановок
    26. Основы конструкции ТГУ и ее элементов.
    27. Конструктивные схемы малоразмерных турбомашин.
    28. Основные конструктивные элементы турбомашин.
1. Расчет дисков с учетом пластических деформаций.
2. Расчет дисков с учетом ползучести материала.
3. Запасы прочности дисков.
4. Метод конечных элементов для прочностных расчетов дисков турбомашин.
5. Критическая частота вращения роторов турбомашин ГТУ.
6. Методы расчета критической частоты вращения роторов ГТУ.
7. Влияние на критическую частоту жесткости опор роторов.
8. Влияние жесткости опор на выполнение прочностного расчета ротора турбомашины.
9. Понятие собственных колебаний лопаток дисков турбин ГТУ.
10. Понятие резонанса при расчетах роторов нв прочночть.
11. Понятие дисбаланса и его влияние на прочностные характеристики роторов.
12. Влияние типа сеток конечных элементов на результат прочностного расчета.
13. Влияние температурных полей на результаты прочностных расчетов деталей и узлов турбомашин.