Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 21.05.2024 10:57:56
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

И.о. декана транспортного факультета

_____ /М.Р. Рыбакова/

«15» февраля 2024 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Камеры сгорания перспективных микротурбин**

Направление подготовки
**13.04.03 Энергетическое машиностроение**

Профиль
**Проектирование и эксплуатация двигателей для инновационного транспорта**

Квалификация
**магистр**

Формы обучения
**Очная**

Москва, 2024 г.

**Разработчик(и):**

Профессор, д.т.н., доцент  /В.И. Меркулов/

**Согласовано:**
И.о. заведующего кафедры «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики», к.т.н., доцент  /Д.В. Апелинский/

## Оглавление

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ..... 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы ..... 4
3. Структура и содержание дисциплины ..... 5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость ..... 5
3.2. Тематический план изучения дисциплины ..... 6
3.3. Содержание дисциплины ..... 8
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ..... 8
3.4.1. Семинарские/практические занятия ..... 8
3.4.2. Лабораторные занятия ..... 9
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ..... 9
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ..... 9
4.1. Нормативные документы и ГОСТы ..... 9
4.2. Основная литература ..... 9
4.3. Дополнительная литература ..... 10
4.4. Электронные образовательные ресурсы ..... 10
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ..... 10
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ..... 10
5. Материально-техническое обеспечение ..... 11
6. Методические рекомендации ..... 12
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ..... 12
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ..... 12
7. Фонд оценочных средств ..... 13
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения ..... 13
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения ..... 14
7.3. Оценочные средства ..... 15

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

Целями освоения дисциплины «Камеры сгорания перспективных микротурбин» являются формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков по организации рабочего процесса в камерах сгорания современных микротурбинных установок, представленных в РФ такими компаниями, как Elliott, Capstone, Turbek мощностью от 30 до 100 кВт. В РФ также ведутся работы по созданию микротурбинных установок, в частности, Калужский двигательный завод. Знание конструкций современных и перспективных камер сгорания необходимо для обеспечения высокой полноты сгорания, заданной эпюры температуры газа перед турбиной и выполнения норм по выбросу вредных веществ с продуктами сгорания.

Задачи дисциплины:

- Подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению;
- Формирование у студентов представлений об основных понятиях, о методах и технологиях, применяемых при испытаниях турбомашин;
- Ознакомление студентов с методиками и особенностями их проведения, для различных типов испытаний энергоустановок.

Обучение по дисциплине «Камеры сгорания перспективных микротурбин» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| Код и наименование компетенций | Индикаторы достижения компетенции |
|---|---|
| ПК-1. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем | ИПК-2.1. Знает, как осуществлять работы по анализу научно-технической информации и результатов исследований<br>ИПК-2.2. Умеет участвовать в работах по поиску и анализу научно-технической информации<br>ИПК-2.3. Владеет навыками обработки и анализу научно-технической информации и результатов исследований.<br>ИПК-3.1. Знает, как осуществляется руководство коллективом при выполнении НИР<br>ИПК-3.2. Умеет участвовать в составе группы работников в проведении исследований<br>ИПК-3.3. Владеет навыками работы в научном коллективе, знает обязанности каждого сотрудника и может планировать НИР |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в часть блока Б1 «Дисциплины (модули)», формируемую участниками образовательных отношений, подраздел Б1.2.9.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения, навыки, формируемые такими дисциплинами магистратуры как: Энергетические установки, Спецглавы газовой динамики, Основы научных исследований энергетических установок, Управление разработкой конструкций энергетических установок, Актуальные проблемы повышения экологичности энергоустановок.

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной, будут востребованы при изучении таких дисциплин как:

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной, будут востребованы при прохождении практик и сдаче государственной итоговой аттестации.

## 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часов).

### 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестр |
|---|---|---|---|
| | | | 3 |
| 1 | Аудиторные занятия | 36 | 36 |
| | В том числе: | | |
| | Лекции | 12 | 12 |
| | Семинарские/практические занятия | 24 | 24 |
| | Лабораторные занятия | – | – |
| 2 | Самостоятельная работа | 108 | 108 |
| 3 | Промежуточная аттестация | | |
| | Зачет/диф.зачет/экзамен | Экзамен | Экзамен |
| | Итого | 144 | 144 |

## 3.2. Тематический план изучения дисциплины

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Всего | Аудиторная работа | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Вводная лекция: 1. Общие сведения о камерах сгорания.<br>1.1. Классификация конструктивных схем камер сгорания.<br>1.2. Требования к камерам сгорания. | 16 | 4 | 1 | 2 | – | 12 |
| 2 | Лекция 2. Топливо, применяемое в микротурбинных и газотурбинных установок.<br>2.1. Общие требования к топливу<br>2.2. Состав и теплота сгорания топлива.<br>2.3. Газообразное топливо. | 16 | 4 | 1 | 4 | – | 12 |
| 3 | Лекция 3. 3.1. Жидкое топливо. Физико-химические свойства.<br>3.2. Ассортимент жидких топлив, вырабатываемых в РФ и за рубежом. | 16 | 4 | 1 | 2 | – | 12 |
| 4 | Лекция 4. 3. Основы теории горения.<br>4.1. Реакции горения топлива.<br>4.2. Расчет температуры горения при отсутствии диссоциации.<br>4.3. Ламинарное распространение пламени.<br>4.3.1. Условия существования фронта пламени. Закон Михельсона.<br>4.3.2. Упрощенная теория нормального распространения пламени.<br>4.4. Распространение пламени в турбулентном потоке. | 16 | 4 | 1 | 4 | – | 12 |
| 5 | Лекция 5. Теоретические основы, для выполнения лабораторных работ “Исследование процессов горения в камерах сгорания микротурбин” | 16 | 4 | 2 | 2 | – | 12 |
| 6 | Лекция 6. 6.1. Турбулентное горение<br>6.2. Диффузионное горение.<br>6.3. Основные понятия о струйных течениях.<br>6.4. Закрученные струи. | 16 | 4 | 1 | 4 | – | 12 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | Лекция 7. Теория и расчет камер сгорания микротурбинных двигателей и установок.<br>7.1. Рабочий процесс камер сгорания.<br>7.2. Потери при течении газа в элементах камер сгорания.<br>7.3 Потери в диффузоре.<br>7.4 Потери во фронтовом устройстве<br>7.5 Потери при смешении потоков.<br>7.6 Тепловые потери. | 16 | 4 | 2 | 2 | – | 12 |
| 8 | Лекция 8. 8.1. Конструктивные схемы жаровых труб камер сгорания ГТД и ГТУ.<br>8.2. Температурный режим стенки жаровой трубы.<br>8.3 Смесители.<br>8.4. Расчет камер сгорания.<br>8.5 Тепловой расчет.<br>8.6 Гидравлический расчет.<br>8.7 Расчет индивидуальных выносных камер стационарных ГТУ.<br>8.8 Испытания камер сгорания.<br>8.9 Токсичность выбросов камер сгорания ГТД.<br>8.10 Происхождение вредных веществ в камерах сгорания ГТД.<br>8.11 Методы борьбы с выбросом вредных веществ в ГТД. | 16 | 4 | 1 | 2 | – | 12 |
| 9 | Лекция 9. Теоретические основы, для выполнения лабораторных работ “Исследование температурных режимов камер сгорания ГТД и анализ токсичности выхлопа” | 16 | 4 | 2 | 2 | – | 12 |
| | Итого: | 144 | 36 | 12 | 24 | – | 108 |

## 3.3. Содержание дисциплины

**Вводная лекция: 1.** Общие сведения о камерах сгорания.

1.1. Классификация конструктивных схем камер сгорания.

1.2. Требования к камерам сгорания.

**Лекция 2.** Топливо, применяемое в микротурбинных и газотурбинных установок. 2.1. Общие требования к топливу

2.2. Состав и теплота сгорания топлива.

2.3. Газообразное топливо.

**Лекция 3.** 3.1. Жидкое топливо. Физико-химические свойства.

3.2. Ассортимент жидких топлив, вырабатываемых в РФ и за рубежом.

**Лекция 4.** 3. Основы теории горения.

4.1. Реакции горения топлива.

4.2. Расчет температуры горения при отсутствии диссоциации.

4.3. Ламинарное распространение пламени. 4.3.1. Условия существования фронта пламени. Закон Михельсона.

4.3.2. Упрощенная теория нормального распространения пламени.

4.4. Распространение пламени в турбулентном потоке.

**Лекция 5.** Теоретические основы, для выполнения лабораторных работ “Исследование процессов горения в камерах сгорания микротурбин”

**Лекция 6.** 6.1. Турбулентное горение

6.2. Диффузионное горение.

6.3. Основные понятия о струйных течениях. 6.4. Закрученные струи.

**Лекция 7.** Теория и расчет камер сгорания микротурбинных двигателей и установок.

7.1. Рабочий процесс камер сгорания.

7.2. Потери при течении газа в элементах камер сгорания.

7.3 Потери в диффузоре.

7.4 Потери во фронтовом устройстве

7.5 Потери при смешении потоков.

7.6 Тепловые потери.

**Лекция 8.** 8.1. Конструктивные схемы жаровых труб камер сгорания ГТД и ГТУ.

8.2. Температурный режим стенки жаровой трубы.

8.3 Смесители.

8.4. Расчет камер сгорания.

8.5 Тепловой расчет.

8.6 Гидравлический расчет.

8.7 Расчет индивидуальных выносных камер стационарных ГТУ.

8.8 Испытания камер сгорания.

8.9 Токсичность выбросов камер сгорания ГТД.

8.10 Происхождение вредных веществ в камерах сгорания ГТД.

8.11 Методы борьбы с выбросом вредных веществ в ГТД.

**Лекция 9.** Теоретические основы, для выполнения лабораторных работ “Исследование температурных режимов камер сгорания ГТД и анализ токсичности выхлопа”

## 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

### 3.4.1. Семинарские/практические занятия

Семинарские/практические работы по дисциплине не предусмотрены.

### 3.4.2. Лабораторные занятия

**Лабораторная работа №1** Общие сведения о камерах сгорания микротурбин Теоретические основы, для выполнения лабораторных работ – “Исследование процессов горения в камерах сгорания микротурбин”

**Лабораторная работа №2** Общие сведения о камерах сгорания микротурбин Теоретические основы, для выполнения лабораторных работ – “Исследование температурных режимов камер сгорания ГТД и анализ токсичности выхлопа”

**Лабораторная работа №3** Общие сведения о камерах сгорания микротурбин Теоретические основы, для выполнения лабораторных работ – “Исследование малотоксичной камеры сгорания микротурбины мощностью 50 кВт”

## 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. ГОСТ Р 52033-2003 Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния

5. ГОСТ Р 52160—2003 автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния.

## 4.2. Основная литература

1. Кулагин, В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебник. В двух книгах. Книга первая. Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термогазодинамический анализ [Электронный ресурс] : учеб. / В.В. Кулагин, В.С. Кузьмичев. — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2013. — 336 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/37009
2. Самолеты и вертолеты. Том IV-21. Авиационные двигатели. Книга 3 [Электронный ресурс] / В.А. Скибин [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2010. — 720 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/792.

### 4.3. Дополнительная литература

1. Григорьев, А. А. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок : учебное пособие / А. А. Григорьев. — Пермь : ПНИПУ, 2007. — 253 с. — ISBN 5-88151-606-0 — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/160358
2. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс] : учеб. / Костюк А.Г. [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. — 557 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/72260

### 4.4. Электронные образовательные ресурсы

1. Курс «Энергетические установки» (1 модуль)
URL: https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=8230

### 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 онлайн 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 и содержание 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 точке1.

**Вопросы для собеседования со студентами (КТ1)**

1. Общее описание микротурбинных установок как агрегата полной заводской готовности со всеми вспомогательными системами и агрегатами на единой пространственной раме.
2. Основные сведения о камерах сгорания ГТУ и ГТД.
3. Основные сведения о камерах сгорания микротурбин.
4. Основные сведения о камерах сгорания нетрадиционных конструктивных схем микротурбин.
5. Основы конструкции камер сгорания современных микротурбин.
6. Методики и программы расчета камер сгорания микротурбин.
7. Компоновочные схемы и конструктивные элементы камер сгорания.
8. Проектирование и расчет входных устройств.
9. Проектирование и расчет завихрителей.
10. Проектирование и расчет жаровых труб.
11. Современные материалы для камер сгорания микротурбин.
12. Перспективные материалы для камер сгорания микротурбин.
13. Рабочий процесс камер сгорания.
14. Понятие первичной зоны горения.
15. Назначение и конструкции фронтовых устройств.
16. Газодинамическая структура потока.
17. Зона обратных токов и стабилизация пламени.
18. Основная зона горения.
19. Топливо, применяемое в камерах сгорания ГТД и ГТУ.
20. Топливо, применяемое в камерах сгорания ДВС.
21. Стандарты газотурбинного топлива.
22. Стандарты топлива для тепловых двигателей.
23. Основы моделирования течений в камерах сгорания микротурбин.
24. Основные проблемы гомогенизации горения в камерах сгорания микротурбин.
25. Понятие высокоэффективной гомогенной камеры сгорания ГТУ.
26. Методы повышения эффективности камер сгорания микротурбин.

### Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке2.

**Вопросы для собеседования со студентами (КТ2)**

1. Теория и расчёт центробежных форсунок.
2. Двухступенчатые форсунки и основные методы их расчёта.
3. Вредные выбросы современных микротурбинных установок.
4. Нормы вредных выбросов.
5. Происхождение вредных веществ в камерах сгорания микротурбин и методы, предпринимаемые для их снижения.
6. Распространение пламени в турбулентном потоке.
7. Модели турбулентного горения.
8. Диффузионное горение.
9.Рабочий процесс камер сгорания.

10.Аэродинамика завихрителей.
11. Типы закручивающих устройств.
12.Структура течения. Размеры циркуляционной зоны.
13. Химические основы горения.
14. Тепловой эффект реакции. Энергия активации реакции.
15. Тепловое воспламенение. Цепные реакции.
16. Движение газов при горении.
17. Модель стабилизации пламени, основанная на представлении о характерных временах.
18. Реакторная модель. Пределы устойчивого горения.
19. Скорость потока при срыве пламени.
20. Системы САПР для расчета и проектирования камер сгорания микротурбин.
21. Понятие ресурса жаровой трубы камеры сгорания микротурбиной установки.
22. Методы повышения ресурса жаровой трубы камер сгорания микротурбин.
23. Материалы для изготовления жаровых труб КС сегодня.
24. Преимущества и недостатки керамических камер сгорания микротурбин.
25. Расчет и проектирования керамических камер сгорания микротурбин.
26. Перспективные камеры сграния и инновационные материаллы для их проектирования.

**Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации студентов (оценка знаний, умений, навыков-компетенций)**

*Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ПК-1, на промежуточной аттестации оцениваются ответы на приведенные вопросы:*

1. Общее описание микротурбинных установок как агрегата полной заводской готовности со всеми вспомогательными системами и агрегатами на единой пространственной раме
2. Основные сведения о камерах сгорания ГТУ и ГТД.
3. Основные сведения о камерах сгорания микротурбин.
4. Основные сведения о камерах сгорания нетрадиционных конструктивных схем микротурбин.
5. Основы конструкции камер сгорания современных микротурбин.
6. Методики и программы расчета камер сгорания микротурбин.
7. Компоновочные схемы и конструктивные элементы камер сгорания.
8. Проектирование и расчет входных устройств.
9. Проектирование и расчет завихрителей.
10. Проектирование и расчет жаровых труб.
11. Современные материалы для камер сгорания микротурбин.
12. Перспективные материалы для камер сгорания микротурбин.
13. Рабочий процесс камер сгорания.
14. Понятие первичной зоны горения.
15. Назначение и конструкции фронтовых устройств.
16. Газодинамическая структура потока.
17. Зона обратных токов и стабилизация пламени.
18. Основная зона горения.
19. Топливо, применяемое в камерах сгорания ГТД и ГТУ.
20. Топливо, применяемое в камерах сгорания ДВС.
21. Стандарты газотурбинного топлива.
22. Стандарты топлива для тепловых двигателей.
23. Основы моделирования течений в камерах сгорания микротурбин.
24. Основные проблемы гомогенизации горения в камерах сгорания микротурбин.
25. Понятие высокоэффективной гомогенной камеры сгорания ГТУ.
26. Методы повышения эффективности камер сгорания микротурбин.
27. Теория и расчёт центробежных форсунок.
28. Двухступенчатые форсунки и основные методы их расчёта.

29. Вредные выбросы современных микротурбинных установок.
30. Нормы вредных выбросов.
31. Происхождение вредных веществ в камерах сгорания микротурбин и методы, предпринимаемые для их снижения.
32. Распространение пламени в турбулентном потоке.
33. Модели турбулентного горения.
34. Диффузионное горение.
35.Рабочий процесс камер сгорания.
36.Аэродинамика завихрителей.
37. Типы закручивающих устройств.
38.Структура течения. Размеры циркуляционной зоны.
39. Химические основы горения.
40. Тепловой эффект реакции. Энергия активации реакции.
41. Тепловое воспламенение. Цепные реакции.
42. Движение газов при горении.
43. Модель стабилизации пламени, основанная на представлении о характерных временах.
44. Реакторная модель. Пределы устойчивого горения.
45. Скорость потока при срыве пламени.
46. Системы САПР для расчета и проектирования камер сгорания микротурбин.
47. Понятие ресурса жаровой трубы камеры сгорания микротурбиной установки.
48. Методы повышения ресурса жаровой трубы камер сгорания микротурбин.
49. Материалы для изготовления жаровых труб КС сегодня.
50. Преимущества и недостатки керамических камер сгорания микротурбин.
51. Расчет и проектирования керамических камер сгорания микротурбин.
52. Перспективные камеры сгорания и инновационные материалы для их проектирования.