

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФИО: Максимов Алексей Борисович ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
Должность: директор департамента по образовательной политике «МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Дата подписания: 29.09.2023 11:29:38 (МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

УТВЕРЖДАЮ  
Декан транспортного факультета  
М.Н. Лукьянов/



" 30 " августа 2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### «Камеры сгорания перспективных микротурбин»

Направление подготовки  
**13.04.03 «Энергетическое машиностроение»**  
Профиль: Энергоустановки для транспорта и малой энергетики

Квалификация (степень) выпускника  
**Магистр**

Форма обучения  
**Очная**

Год набора  
**2022**

Москва 2022 г

## 1. Цели освоения дисциплины

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 энтальпии 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.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина входит в часть блока Б 1.2 – «Формируемую участниками образовательных отношений», подраздел Б 1.2.10.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Основы научных исследований энергетических установок», «Прикладные задачи теплотехники», «Спецглавы газовой динамики», «Моделирование рабочих процессов в энергетических установках».

Наименования последующих дисциплин: «Научно - исследовательская работа», «Комплексный экзамен по направлению "Энергетическое машиностроение"», «Выпускная квалификационная работа».

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

### Планируемые результаты освоения дисциплины

Наименование категории (группы) компетенций	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Профессиональная компетенция	ПК-1. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем	<b>Знать:</b> Основные типы и компоновочные схемы камер сгорания. Газодинамическую структуру потока в жаровой трубе камеры сгорания. Виды потерь в камерах сгорания. <b>Уметь:</b> Строить газодинамическую модель камеры сгорания. Анализировать результаты полученные в ходе исследовательских и расчетных работ. <b>Владеть:</b> Методиками теплового и гидравлического расчета камер сгорания.

		<p>Навыками работы с литературой по теории горения и газовой динамике.</p> <p>Навыками математической формулировки физических проблем.</p>
--	--	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина читается на 3 семестре

Промежуточная аттестация - экзамен

Количество недель в семестре - 18

Общая трудоемкость дисциплины - 4 зачетные единицы

Общее количество часов по структуре - 144

Количество аудиторных часов - 36

Количество часов самостоятельной работы - 108

Количество часов лекций - 12

Количество часов лабораторных занятий - 24

Количество часов семинаров и практических занятий - 0

Структура и содержание дисциплины по срокам и видам работы отражены в приложении 1.

##### 4.1. Содержание лекционного курса дисциплины

**Тема 1.** Общее описание микротурбинных установок как агрегата полной заводской готовности со всеми вспомогательными системами и агрегатами на единой пространственной раме.

**Тема 2.** Основные сведения о камерах сгорания ГТУ и ГТД. Компонентные схемы и конструктивные элементы.

**Тема 3.** Рабочий процесс камер сгорания. Первичная зона горения. Фронтное устройство. Газодинамическая структура потока. Зона обратных токов и стабилизация пламени. Основная зона горения.

**Тема 4.** Топливо, применяемое в ГТД и ГТУ. Стандарты газотурбинного топлива.

**Тема 5.** Теория и расчёт центробежных форсунок. Двухступенчатые форсунки. Расчёт форсунок. Методы расчёта форсунок.

**Тема 6.** Вредные выбросы газотурбинных двигателей. Нормы вредных выбросов. Происхождение вредных веществ в камерах сгорания ГТД и методы борьбы с выбросом вредных веществ.

**Тема 7.** Распространение пламени в турбулентном потоке. Модели турбулентного горения. Диффузионное горение.

**Тема 8.** Рабочий процесс камер сгорания. Аэродинамика завихрителей. Типы закручивающих устройств. Структура течения. Размеры циркуляционной зоны.

**Тема 9.** Химические основы горения. Тепловой эффект реакции. Энергия активации реакции

**Тема 10.** Тепловое воспламенение. Цепные реакции. Движение газов при горении. Теория и расчёт центробежных форсунок. Двухступенчатые форсунки. Расчёт форсунок.

**Тема 11.** Модель стабилизации пламени, основанная на представлении о характерных временах. Реакторная модель. Пределы устойчивого горения. Скорость потока при срыве пламени.

**Тема 12.** Перспективные малотоксичные камеры сгорания

##### 4.2. Содержание практических занятий

Практические работы в данной дисциплине не предусмотрены.

##### 4.3. Содержание лабораторных работ

**Тема 1.** Компонентные схемы и конструктивные элементы

**Тема 2.** Стандарты газотурбинного топлива.

**Тема 3.** Методы расчёта форсунок.

**Тема 4.** Реакции горения топлива.

**Тема 5.** Модели турбулентного горения.

**Тема 6.** Газодинамическая основа рабочего процесса КС.

**Тема 7.** Скорость потока при срыве пламени.

**Тема 8.** Расчет ресурса ГТУ.

**Тема 9.** Факел распыливания жидкого топлива.

**Тема 10.** Расчёт форсунок.

**Тема 11.** Расчет скорости потока при срыве пламени.

**Тема 12.** Конструкции, схемы и расчет перспективных схем камер сгорания.

#### **4.4. Примерная тематика курсового проекта (курсовой работы)**

Курсовые проекты в данной дисциплине не предусмотрены.

#### **4.5. Темы для самостоятельной работы студентов**

**Тема 1.** Микротурбины и их основные элементы.

**Тема 2.** Токсичность современных газотурбинных установок и пути снижения вредных выбросов.

**Тема 3.** Новые материалы при проектировании камер сгорания современных микротурбин.

### **5. Образовательные технологии**

Методика преподавания дисциплины «Камеры сгорания перспективных микротурбин» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков, обучающихся:

– Защита и обсуждение выполняемых индивидуальных расчётных работ на семинарских занятиях;

– Использование мультимедийных технологий для наглядной демонстрации материала.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, в целом по дисциплине составляет 55% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 30% от объема аудиторных занятий.

#### **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Фонд оценочных средств по дисциплине является неотъемлемой частью настоящей рабочей программы и представлен отдельным документом в приложении 2.

### **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### ***а) 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>.

#### ***б) дополнительная литература:***

1. Обуховский А. Д., Телкова Ю. В. Теория авиационных двигателей: учебное пособие НГТУ 2012 г. 138 страниц

2. Кустарёв Ю.С., Эммиль М.В., Каминский В.Н. Экспериментальное определение характеристик камер сгорания ГТД. Методическое руководство. М.: МГТУ "МАМИ", 2009. – 12 с. Мои документы, папка «Электронные ресурсы»
3. 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>

**в) программное обеспечение и интернет – ресурсы:**

При проведении занятий по дисциплине может использоваться следующее ПО:

Операционная система, Windows 7(или ниже)  
Офисные приложения, Microsoft Office 2013(или ниже)

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:

1. 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.
2. Электронный каталог БиЦ МГУП.  
<http://mgup.ru/library/>  
Электронный каталог позволяет производить поиск по базе данных библиотеки МГУП.
4. 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.
5. ЭБС «Polpred».  
<http://polpred.com/news>  
ЭБС представляет собой архив важных публикаций, собираемых вручную. База данных с рубрикатом: 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.
6. «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.
7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Аудитория для лабораторных занятий № Нд-125 «Испытания лопаточных машин и камер сгорания энергоустановок»

107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

Лабораторное оборудование «Токсичность камер сгорания ГТД», «Испытания турбокомпрессора», «Характеристики вентиляторов».

Измеритель токсичности BEA950 BOSN.

Балансирная машина IDS736V.

Аудитория для лекционных и семинарских занятий № Н-406 «Класс конструкции газотурбинных двигателей»

107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.12

Комплекты мебели для учебного процесса. Меловая доска. Макет двухвальной микротурбины.

Макет трехвальной микротурбины. Макет трехвального танкового газотурбинного двигателя.

Плакаты: ГТД 1000Т и теплообменник ГТД ГА3-902.

Мультимедийное оборудование: проектор, интерактивная доска, переносной ноутбук.

## **9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов**

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.

Для выполнения практических (лабораторных) работ студенту рекомендуется предварительно ознакомиться с теоретическими сведениями, изложенными в учебно-методическом пособии и дополнительных источниках, при выполнении работы следовать рекомендованному порядку выполнения работы и указаниям преподавателя, соблюдать технику безопасности, содержать рабочее место в чистоте и бережно относиться к оборудованию. Ведение конспекта лекций проверяется преподавателем.

При выполнении самостоятельной работы студенту рекомендуется изучить теоретические сведения по темам заданий, следовать рекомендациям, изложенным в учебно-методических пособиях, предоставлять преподавателю промежуточные и окончательные результаты в процессе контактной работы на занятиях.

## **10. Методические рекомендации для преподавателя**

Основную организационную форму обучения, направленную на первичное овладение знаниями, представляет собой лекция. Главное назначение лекции - обеспечить теоретическую основу обучения, развить интерес к учебной деятельности и конкретной учебной дисциплине, сформировать у обучающихся ориентиры для самостоятельной работы над курсом. Традиционная лекция имеет несомненные преимущества не только как способ доставки информации, но и как метод эмоционального воздействия преподавателя на обучающихся, повышающий их познавательную активность. Достигается это за счет педагогического мастерства лектора, его высокой речевой культуры и ораторского искусства. Высокая эффективность деятельности преподавателя во время чтения лекции будет достигнута только тогда, когда он учитывает психологию аудитории, закономерности восприятия, внимания, мышления, эмоциональных процессов учащихся.

Одной из основных организационных форм учебной деятельности являются семинарские занятия, которые формируют исследовательский подход к изучению учебного и научного материала.





	сунок. Методы расчёта форсунок. <b>Тема пр. зан.5</b> Модели турбулентного горения.													
6	<b>Тема 6.</b> Вредные выбросы газотурбинных двигателей. Нормы вредных выбросов. Происхождение вредных веществ в камерах сгорания ГТД и методы борьбы с выбросом вредных веществ. <b>Тема пр. зан.6</b> Газодинамическая основа рабочего процесса КС.	3	11-12			4	10							
7	<b>Тема 7.</b> Распространение пламени в турбулентном потоке. Модели турбулентного горения. Диффузионное горение. <b>Тема пр. зан.7</b> Скорость потока при срыве пламени.	3	13	2			10							
8	<b>Тема 8.</b> Рабочий процесс камер сгорания. Аэродинамика завихрителей. Типы закручивающих устройств. Структура течения. Размеры циркуляционной зоны. <b>Тема пр. зан.8</b> Расчет ресурса ГТУ.	3	14			4	10							
9	<b>Тема 9.</b> Химические основы горения. Тепловой эффект реакции. Энергия активации реакции <b>Тема пр. зан.9</b> Факел распыливания жидкого топлива.	3	15	2			10	+						
10	<b>Тема 10.</b> Тепловое воспламенение. Цепные реакции. Движение газов при горении. Теория и расчёт центробежных форсунок. Двухступенчатые форсунки. <b>Тема пр. зан.10</b> Расчёт форсунок.	3	16			4	10							
11	<b>Тема 11.</b> Модель стабилизации пламени, основанная на представлении о характерных временах. Реакторная модель. Пределы устойчивого горения. <b>Тема пр. зан.11</b> Расчет скорости потока при срыве пламени.	3	17	2			4							

12	<b>Тема 12.</b> Перспективные малотоксичные камеры сгорания. <b>Тема пр. зан.12</b> Конструкции, схемы и расчет перспективных схем камер сгорания.	3	18			4	4							
	<b>Итого по дисциплине</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>12</b>		<b>24</b>	<b>108</b>	+						+

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки бакалавров **13.03.03 «Энергетическое машиностроение»**

**Программу составил**



профессор, д.т.н.

/В.И. Меркулов/

**Программа утверждена на заседании кафедры «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики»**

«29» августа 2022 г., протокол № 1

**Заведующий кафедрой**  
Доцент, к. т. н.



/А.В. Костюков/

*Приложение 2  
к рабочей программе*

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

Направление подготовки: 13.04.03 «Энергетическое машиностроение»

Профиль: Энергоустановки для транспорта и малой энергетики  
Форма обучения: очная  
Год набора 2022

Кафедра: Энергоустановки для транспорта и малой энергетики

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Камеры сгорания перспективных микротурбин

1. Общие положения
2. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы
3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания

Составители:  
Меркулов В.И.

Москва 2022 г

## 1. Общие положения

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.

## 2. Перечень компетенций формируемых в процессе освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ПК-1	Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении студентами дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение студентами необходимыми компетенциями. Результат аттестации студентов на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций студентами.

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплины.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и их структурных элементов:

## 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания

### Критерии определения сформированности компетенций на различных этапах их формирования

Уровни	Содержание	Проявления
Минимальный	Обучающийся обладает необходимой системой знаний и владеет некоторыми умениями	Обучающийся способен понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практикоориентированных задач
Базовый	Обучающийся демонстрирует результаты на уровне осознанного владения учебным материалом и учебными умениями, навыками и способами деятельности	Обучающийся способен анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практико-ориентированных ситуациях
Продвинутый	Достигнутый уровень является основой для формирования общекультурных и профессиональных компетенций, соответствующих требованиям ФГОС.	Обучающийся способен использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практико-ориентированных ситуациях

Поскольку практически учебная дисциплина призвана формировать сразу несколько компетенций, критерии оценки целесообразно формировать в два этапа.

**1-й этап:** определение критериев оценки отдельно по каждой формируемой компетенции. Сущность 1-го этапа состоит в определении критериев для оценивания отдельно взятой компетенции на основе продемонстрированного обучаемым уровня самостоятельности в применении полученных в ходе изучения учебной дисциплины, знаний, умений и навыков.

**2-й этап:** определение критериев для оценки уровня обученности по учебной дисциплине на основе комплексного подхода к уровню сформированности всех компетенций, обязательных к формированию в процессе изучения предмета. Сущность 2-го этапа определения критерия оценки по учебной дисциплине заключена в определении подхода к оцениванию на основе ранее полученных данных о сформированности каждой компетенции, обязательной к выработке в процессе изучения предмета. В качестве основного критерия при оценке обучаемого при определении уровня освоения учебной дисциплины наличие сформированных у него компетенций по результатам освоения учебной дисциплины.

### Показатели оценивания степени сформированности компетенции и уровня освоения дисциплины. Шкалы оценивания.

Показатели оценивания степени сформированности компетенции			
Показатели оценивания компетенций и шкалы оценки Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено) или отсутствие сформированности компетенции	Оценка «удовлетворительно» (зачтено) или низкой уровень освоения компетенции	Оценка «хорошо» (зачтено) или повышенный уровень освоения компетенции	Оценка «отлично» (зачтено) или высокий уровень освоения компетенции
Неспособность обучаемого самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения, отсутствие самостоятельности в применении умения к использованию методов освоения учебной дисциплины и неспособность самостоятельно проявить навык повторения решения поставленной задачи по стандартному образцу свидетельствуют об отсутствии сформированной компетенции. Отсутствие подтверждения наличия сформированности компетенции свидетельствует об отрицательных результатах освоения учебной дисциплины	Если обучаемый демонстрирует самостоятельность в применении знаний, умений и навыков к решению учебных заданий в полном соответствии с образцом, данным преподавателем, по заданиям, решение которых было показано преподавателем, следует считать, что компетенция сформирована, но ее уровень недостаточно высок. Поскольку выявлено наличие сформированной компетенции, ее следует оценивать положительно, но на низком уровне	Способность обучающегося продемонстрировать самостоятельное применение знаний, умений и навыков при решении заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель при потенциальном формировании компетенции, подтверждает наличие сформированной компетенции, причем на более высоком уровне. Наличие сформированной компетенции на повышенном уровне самостоятельности со стороны обучаемого при ее практической демонстрации в ходе решения аналогичных заданий следует оценивать как положительное и устойчиво закрепленное в практическом навыке	Обучаемый демонстрирует способность к полной самостоятельности (допускаются консультации с преподавателем по сопутствующим вопросам) в выборе способа решения неизвестных или нестандартных заданий в рамках учебной дисциплины с использованием знаний, умений и навыков, полученных как в ходе освоения данной учебной дисциплины, так и смежных дисциплин, следует считать компетенцию сформированной на высоком уровне. Присутствие сформированной компетенции на высоком уровне, способность к ее дальнейшему саморазвитию и высокой адаптивности практического применения к изменяющимся условиям профессиональной задачи
Показатели оценивания уровня освоения дисциплины			
Уровень освоения дисциплины, при котором у обучаемого не сформировано более 50% компетенций. Если же учебная дисциплина выступает в качестве итогового этапа формирования компетенций (чаще всего это дисциплины профессионального цикла) оценка «неудовлетвори-	При наличии более 50% сформированных компетенций по дисциплинам, имеющим возможность доформирования компетенций на последующих этапах обучения. Для дисциплин итогового формирования компетенций естественно выставлять оценку «удовлетворительно», если	Для определения уровня освоения промежуточной дисциплины на оценку «хорошо» обучающийся должен продемонстрировать наличие 80% сформированных компетенций, из которых не менее 1/3 оценены отметкой «хорошо». Оценивание итоговой дисциплины на «хорошо» обу-	Оценка «отлично» по дисциплине с промежуточным освоением компетенций, может быть выставлена при 100% подтверждении наличия компетенций, либо при 90% сформированных компетенций, из которых не менее 2/3 оценены отметкой «хорошо». В случае оценивания уровня освое-

тельно» должна быть выставлена при отсутствии сформированности хотя бы одной компетенции	сформированы все компетенции и более 60% дисциплин профессионального цикла «удовлетворительно»	слабляется наличием у обучаемого всех сформированных компетенций причем общепрофессиональных компетенции по учебной дисциплине должны быть сформированы не менее чем на 60% на повышенном уровне, то есть с оценкой «хорошо».	ния дисциплины с итоговым формированием компетенций оценка «отлично» может быть выставлена при подтверждении 100% наличия сформированной компетенции у обучаемого, выполнены требования к получению оценки «хорошо» и освоены на «отлично» не менее 50% общепрофессиональных компетенций
--	--	---	--

Положительная оценка по дисциплине, может выставляться и при неполной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других учебных дисциплин.

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.

### Общие сведения по текущему контролю и промежуточной аттестации.

Оценивание и контроль сформированности компетенций осуществляется с помощью текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

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.

### Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 1 (6-я неделя ПК -1). 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. Компонентные 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 фронтных 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 точке 2 (15-я неделя ПК-1). 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 сгорания и инновационные материалы для их проектирования.

## **Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации студентов (оценка знаний, умений, навыков-компетенций: ПК-1)**

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 фронтных 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.

### Шкала оценивания ПРЕЗЕНТАЦИИ

Дескрипторы	Минимальный ответ 2	Изложенный, раскрытый ответ 3	Законченный, полный ответ 4	Образцовый, примерный; достойный подражания ответ 5
Раскрытие проблемы	Проблема не раскрыта. Отсутствуют выводы.	Проблема раскрыта не полностью. Выводы не сделаны и/или выводы не обоснованы.	Проблема раскрыта. Проведен анализ проблемы без привлечения дополнительной литературы. Не все выводы сделаны и/или обоснованы.	Проблема раскрыта полностью. Проведен анализ проблемы с привлечением дополнительной литературы. Выводы обоснованы.
Представление	Представляемая информация логически не связана. Не использованы профессиональные термины.	Представляемая информация не систематизирована и/или не последовательна. Использован 1-2 профессиональных термина.	Представляемая информация систематизирована и последовательна. Использовано более 2 профессиональных терминов.	Представляемая информация систематизирована, последовательна и логически связана. Использовано более 5 профессиональных терминов.
Оформление	Не использованы информационные технологии. Больше 4 ошибок в представляемой информации.	Использованы информационные технологии частично. 3-4 ошибки в представляемой информации.	Использованы информационные технологии. Не более 2 ошибок в представляемой информации.	Широко использованы информационные технологии. Отсутствуют ошибки в представляемой информации.
Ответы на вопросы	Нет ответов на вопросы.	Только ответы на элементарные вопросы.	Ответы на вопросы полные и/или частично полные.	Ответы на вопросы полные с приведением примеров и/или

## Паспорт компетенций

Камеры сгорания перспективных микротурбин					
ФГОС ВО 13.04.03 «Энергетическое машиностроение»					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ПК-1	Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем	<p><b>Знать:</b> Основные типы и компоновочные схемы камер сгорания. Газодинамическую структуру потока в жаровой трубе камеры сгорания. Виды потерь в камерах сгорания.</p> <p><b>Уметь:</b> Строить газодинамическую модель камеры сгорания. Анализировать результаты полученные в ходе исследовательских и расчетных работ.</p> <p><b>Владеть:</b> Методиками теплового и гидравлического расчета камер сгорания. Навыками работы с литературой по теории горения и газовой динамике. Навыками математической формулировки физических проблем.</p>	<p>Контактная работа с обучающимися во время аудиторных занятий в форме лекций, практических работ. Самостоятельное изучение теоретического курса, подготовка к практическим работам</p> <p>Демонстрация слайдов презентаций и видеороликов посредством мультимедийного оборудования.</p> <p>Подготовка реферата.</p>	<p>Вопросы для собеседования со студентами (КТ1)</p> <p>Вопросы для собеседования со студентами (КТ2)</p> <p>Вопросы для промежуточной аттестации</p>	<p>Минимальный: Обучающийся обладает необходимой системой знаний и владеет некоторыми умениями.</p> <p>Базовый: Обучающийся демонстрирует результаты на уровне осознанного владения учебным материалом и учебными умениями, навыками и способами деятельности.</p> <p>Продвинутый: Достигнутый уровень является основой для формирования общекультурных и профессиональных компетенций, соответствующих требованиям ФГОС.</p>