

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Принципы расчета и проектирования газовых турбин

**Код модуля**  
1162480(1)

**Модуль**  
Специальные вопросы проектирования и  
конструирования газотурбинных установок

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Комаров Олег Вячеславович	кандидат технических наук, доцент	Доцент	Учебно-научный центр системной инженерии

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Ю.В. Коновалова

**Авторы:**

- **Комаров Олег Вячеславович, Доцент, Учебно-научный центр системной инженерии**

### 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Принципы расчета и проектирования газовых турбин**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	5	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет Курсовая работа	
4.	Текущая аттестация	Реферат	2

### 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Принципы расчета и проектирования газовых турбин**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-6 -Способен проводить кинематические, динамические, прочностные и иные расчеты деталей узлов, агрегатов и приводов профессиональных объектов в пакетах прикладных программ, с учетом свойств материалов и современных подходов к проектированию	З-1 - Изложить свойства материалов, влияющие на результаты расчетов деталей, узлов и агрегатов объектов машиностроения З-4 - Охарактеризовать современные подходы к проектированию нестандартных объектов машиностроения П-2 - По заданию решать задачи проектирования и расчета деталей, узлов и агрегатов, учитывая свойства материалов и применяя современные подходы к проектированию У-2 - Устанавливать зависимость результатов расчета деталей, узлов и агрегатов объектов машиностроения от свойств	Зачет Курсовая работа Лекции Практические/семинарские занятия

	<p>применяемых материалов и проводить корректировки в случае необходимости</p> <p>У-3 - Выбирать методики и подходы к проектированию, принимая во внимание стандартность или нестандартность объекта проектирования и условия поставленной задачи</p>	
<p>ПК-11 -Способен проектировать конструкции двигателей силовых установок авиационной техники, разрабатывать конструкторскую документацию с учетом требований опытного и серийного производства, на основе проектировочных расчетов и характеристик основных узлов двигателей силовых установок</p>	<p>З-3 - Перечислить требования к разработке конструкторской документации для опытного и серийного производства двигателей силовых установок авиационной техники</p> <p>З-4 - Сделать обзор методик проектировочных расчетов двигателей силовых установок авиационной техники</p> <p>З-5 - Изложить требования к пакету проектно-конструкторской документации на двигатели силовых установок авиационной техники</p> <p>П-1 - В составе команды исполнителей разрабатывать проекты и документацию на конструкции двигателей силовых установок авиационной техники с учетом требований опытного и серийного производства</p> <p>П-3 - Разрабатывать рекомендации к конструкции двигателей силовых установок авиационной техники для достижения заданных характеристик</p> <p>У-1 - Устанавливать взаимосвязь между решениями в конструкции двигателей силовых установок авиационной техники и их выходными характеристиками</p> <p>У-3 - Устанавливать последовательность действий по разработке двигателей силовых установок авиационной техники с учетом</p>	<p>Курсовая работа</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Реферат № 1</p> <p>Реферат № 2</p>

	требований опытного и серийного производства	
--	--	--

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>реферат</i>	7,13	50
<i>реферат</i>	7,17	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
Промежуточная аттестация по лекциям – <b>зачет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.4</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение заданий на практических занятиях</i>	7,17	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1</b>		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – <b>нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – <b>нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий – не предусмотрено</b>		

Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Выполнение курсового проекта	7,17	100
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– 0.6		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – 0.4		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

**Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням**

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## **5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

### **5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля**

#### **5.1.1. Лекции**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### **5.1.2. Практические/семинарские занятия**

Примерный перечень тем

1. Кинематические и газодинамические характеристики ступени газовой турбины.
2. Предварительный расчет газовой турбины.
3. Мощность и КПД газовой турбины в составе газотурбинной установки.
4. Гидравлическое сопротивление выхлопного тракта ГТУ.

5. Работа газовой турбины на переменных режимах работы.
6. Радиальные и осевые зазоры в проточной части газовой турбины.
7. Упорные и опорные подшипники скольжения.
8. Корпус турбины.
9. Система охлаждения.
10. Тепловой расчет ГТУ.
11. Процесс расширения газа в последней ступени турбины совместно с диффузорным патрубком.
12. Работа регулируемого соплового аппарата газовой турбины.

Примерные задания

Расчет основных кинематических и газодинамических характеристик ступени газовой турбины.

2. В предварительном расчете газовой турбины решаются следующие основные вопросы: принимается форма проточной части; принимается число ступеней; распределяются теплоперепады по ступеням; определяются давления газа до и после каждой ступени.

3. Определение мощности и КПД газовой турбины в составе газотурбинной установки.

4. Определение гидравлического сопротивления выхлопного тракта ГТУ.

5. Расчет газовой турбины на переменных режимах работы.

6. Определение радиальных и осевых зазоров в проточной части газовой турбины.

7. Расчет основных геометрических характеристик опорного и опорного подшипника скольжения.

8. Определены толщины стенки внутреннего корпуса турбины.

9. Основы теплового, гидравлического расчета системы охлаждения.

10. Расчет тепловой схемы ГТУ в нескольких вариантах: приводные (газотурбинные) газоперекачивающие агрегаты (ГПА) и энергетические установки в простейшем исполнении, с регенератором, с котлом-утилизатором (КУ) для теплофикации и горячего водоснабжения, ГТУ в сочетании с паротурбинной установкой (бинарные ПГУ) с котлом-утилизатором, без дожигания топлива, форсированные или контактные или монарные газопаровые установки (МПГУ). Предусматривается как двухвальное, так и одновальное (генераторное) исполнение каждой из перечисленных ГТУ.

11. Моделирование процесса расширения газа в последней ступени турбины совместно с диффузорным патрубком.

12. Математическое моделирование режимов работы регулируемого соплового аппарата газовой турбины.

LMS-платформа – не предусмотрена

## **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### **Базовый**

#### **5.2.1. Реферат № 1**

Примерный перечень тем

1. Классификация, особенности конструкции, эксплуатации и ремонта элементов газотурбинных установок.

Примерные задания

1. Классификация, особенности конструкции, эксплуатации и ремонта подшипников газотурбинных установок..

2. Конструкция и принципы работы уплотнений, применяемых в газотурбинных установках.

3. Классификация и особенности конструкции роторов осевых газовых турбин. Элементы системы ротора ГТУ.

Реферат выполнить в редакторе Word. Использовать информацию, найденную в электронных источниках.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.2. Реферат № 2**

Примерный перечень тем

1. Воздействия на элементы газовых турбин эксплуатационных условий.

Примерные задания

1. Охлаждение элементов высокотемпературных газотурбинных установок.

2. Тепловые расширения ротора и статора ГТУ. Особенности организации тепловых расширений в ГТУ. Выбор радиальных и осевых зазоров в проточной части турбины.

Реферат выполнить в редакторе Word. Использовать информацию, найденную в электронных источниках.

LMS-платформа – не предусмотрена

## **5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля**

### **5.3.1. Зачет**

Список примерных вопросов

1. Газовая турбина – важнейшая часть ГТУ. Значение внутреннего КПД для турбины ГТУ. 2. Номенклатура КПД газовой турбины (ступени): определение, физический смысл, выражение для расчета, достигнутый уровень (значение). 3. Особенности ступеней, характерные для газовых турбин. Основные геометрические характеристики многоступенчатой газовой турбины. Формы проточной части, их достоинства и недостатки. 4. Особенности ступеней, характерные для газовых турбин. Основные газодинамические и термодинамические характеристики осевой турбинной ступени. 5. Выбор осевой скорости, углов выхода потока из сопловых аппаратов и степеней реактивности ступеней многоступенчатой газовой турбины. 6. Потери энергии и способы снижения потерь в ступенях газовых турбин. Классификация потерь энергии в ступени газовой турбины. 7. Кромочные потери в осевой турбинной ступени. Потери от угла атаки. 8. Концевые и вторичные потери в осевой турбинной ступени. Применение обандаженных лопаток, конструктивное выполнение бандажных полок. 9. Термодинамические потери в охлаждаемых газовых турбинах: на подготовку охладителя, на его прокачку и от смешения охладителя с основным потоком. 10. Потери в проточной

части охлаждаемых газовых турбин: от неоптимальности профилей, от втулочного отношения, от закона закрутки, от нестационарности обтекания и от выхода теплоносителя в проточную часть. 11. Выбор радиальных и осевых зазоров в проточной части турбины. 12. Газодинамический расчет ступени и турбины. Предварительный расчет и расчет по среднему диаметру. 13. Расчет ступени газовой турбины совместно с диффузорным выходным патрубком. 14. Выбор закона изменения окружных проекций скоростей в ступени турбины. Закон постоянства циркуляции. 15. Уровень начальной температуры газа и методы его обеспечения. 16. Температурное состояние узлов и деталей газовых турбин на установившихся и переходных режимах. 17. Системы охлаждения газовых турбин. Общие требования к системам охлаждения и их классификация. 18. Системы охлаждения сопловых лопаток высокотемпературных газовых турбин. 19. Системы охлаждения рабочих лопаток высокотемпературных газовых турбин. 20. Системы охлаждения дисков и роторов высокотемпературных газовых турбин. 21. Системы охлаждения статорных деталей высокотемпературных газовых турбин. Практические вопросы применения систем охлаждения.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3.2. Курсовая работа

Примерный перечень тем

1. Расчет цикла и проектирование ГТУ.

### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология анализа образовательных задач	ПК-6	З-1 З-4 У-2 У-3 П-2	Курсовая работа Практические/семинарские занятия
			ПК-11	З-3 З-4 З-5 У-1 У-3 П-1 П-3	