

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 29 » августа 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Системы обеспечения тепловых режимов  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 13.03.03 Энергетическое машиностроение  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Энергетическое машиностроение (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является получение знаний по способам обеспечения тепловых режимов узлов и агрегатов газотурбинных установок (ГТУ) в реальных условиях эксплуатации, развитие умений по расчету тепловых нагрузок на конструктивные элементы ГТУ, а также приобретение навыков по анализу теплового состояния и ресурса работы конструктивных элементов.

Задачи дисциплины:

- ознакомление с современными подходами и методами в области обеспечения тепловых режимов ГТУ;
- изучение методов оценки теплового состояния узлов и агрегатов ГТУ;
- формирование умения создавать модели тепловых расчетов;
- формирование навыков по выбору конструкционных материалов с целью увеличения ресурса работы ГТУ.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- влияние тепловых процессов на режимные параметры и ресурс работы ГТУ;
- способы обеспечения тепловых режимов ГТУ;
- модели по расчету теплового состояния узлов и агрегатов ГТУ;
- выбор конструкционных материалов.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знает влияние тепловых режимов на эффективность и ресурс работы ГТУ, методы определения теплового состояния конструктивных элементов, способы обеспечения тепловых режимов;	Демонстрирует понимание влияния условий работы объекта профессиональной деятельности на принимаемые конструктивные решения	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Умеет анализировать влияние режимных параметров на тепловое состояние конструктивных элементов, оценивать тепловое состояние конструктивных элементов, выбирать способы обеспечения тепловых режимов узлов и агрегатов ГТУ.	Проводит комплекс расчетов элементов объекта профессиональной деятельности	Отчёт по практическом у занятию
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет методами оценки теплового состояния узлов и агрегатов ГТУ, навыками расчета тепловых потоков и характеристик теплообмена, навыками по оценке работоспособности конструкционных материалов.	Принимает обоснованные технические решения при создании объекта профессиональной деятельности	Расчетно-графическая работа
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает влияние параметров рабочего процесса на характеристики теплообмена, характер изменения параметров рабочего тела по проточной части ГТУ, методы расчета теплового состояния узлов ГТУ.	Знает современные информационные технологии, сетевые компьютерные технологии, математические пакеты	Экзамен
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет с помощью современных вычислительных пакетов определять характеристики теплообмена при заданных параметрах рабочего процесса, тепловые потоки по проточной части ГТУ, параметры рабочего тела по проточной части ГТУ.	Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов работы объектов профессиональной деятельности	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет навыками постановки исследовательских задач, планированием и проведением вычислений, анализом и	Владеет навыками математического моделирования при анализе и расчете объектов профессиональной	Расчетно-графическая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		обобщением результатов численного моделирования и экспериментальных исследований процессов теплообмена в ГТУ.	деятельности	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	48	48	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	20	20	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	24	24	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	60	60	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
6-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Обеспечение рабочих тепловых режимов узлов и агрегатов ГТУ	8	0	9	20
<p>Введение. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Место дисциплины в системе подготовки специалиста.</p> <p>Состав дисциплины. Формы промежуточного и заключительного контроля. Рекомендуемая основная и дополнительная литература.</p> <p>Различные тепловые режимы при работе газоперекачивающего агрегата в стационарных условиях.</p> <p>Тема 1. Стабилизация температуры наружного воздуха на входе в компрессор. Влияние температуры, давления, влажности наружного воздуха на работу ГТУ. Источники тепла для подогрева элементов входного устройства. Подогрев циклового воздуха для предотвращения обледенения конструктивных элементов всасывающего тракта. Испарительное охлаждение всасываемого воздуха. Использование охладителей-теплообменников.</p> <p>Тема 2. Тепловое состояние конструктивных элементов камеры сгорания. Ресурс и надежность работы деталей и узлов камеры сгорания. Уравнение баланса тепловых потоков через стенку жаровой трубы. Определение характеристик теплообмена и тепловых потоков. Определение теплового состояния жаровой трубы и наружного корпуса. Конвективные, завесные и комбинированные системы охлаждения жаровой трубы.</p> <p>Тема 3. Тепловое состояние конструктивных элементов турбины</p> <p>Ресурс и надежность работы деталей и узлов турбины. Принципы охлаждения лопаток и ротора турбины. Характеристики эффективности охлаждения. Расход охлаждающего воздуха. Способы охлаждения ротора турбины.</p> <p>Необходимость использования комбинированных способов. Способы охлаждения сопловых и рабочих лопаток. Необходимость использования комбинированных схем. Распределение температуры в дисках и лопатках на номинальном режиме работы и в процессе запуска.</p>				
Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата	8	0	10	25
<p>Введение. Понятие теплообменного аппарата.</p> <p>Классификация теплообменников по схемам движения теплоносителей, принципу передачи тепла и конструктивным особенностям.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Необходимость проведения теплового расчета.</p> <p>Тема 4. Тепловой расчет теплообменного аппарата. Уравнение теплового баланса. Уравнение теплопередачи. Расчет среднего температурного напора. Расчет коэффициента теплопередачи. Расчет коэффициентов теплоотдачи для ламинарного, переходного, турбулентного режимов течения, различных форм каналов, с изменением агрегатного состояния теплоносителя и без него.</p> <p>Тема 5. Виды рекуперативных теплообменных аппаратов. Кожухотрубный теплообменный аппарат. Секционный теплообменный аппарат типа «труба в трубе». Пластинчатый теплообменный аппарат.</p> <p>Тема 6. Виды расчетов теплообменных аппаратов. Тепловой поверочный расчет. Тепловой конструктивный расчет. Компоновочный расчет секционного теплообменника типа «труба в трубе».</p>				
Обеспечение тепловых режимов систем ГПА в процессе эксплуатации	4	0	5	15
<p>Тема 7. Обеспечение теплового режима маслоснабжения. Нагрев масла в системах смазки опорных и упорных подшипников, зубчатых передач и шарнирных соединений. Способы охлаждения масла в маслоохладителях.</p> <p>Теплопроизводительность. Средний температурный напор. Коэффициент теплопередачи от масла к воздуху. Потребная поверхность теплообмена.</p> <p>Тема 8. Тепловой режим противообледенительной системы воздухо- очистительных устройств (ВОУ).</p> <p>Тема 9. Способы стабилизации температуры в подкожухном пространстве и трансмиссии турбопривода.</p>				
ИТОГО по 6-му семестру	20	0	24	60
ИТОГО по дисциплине	20	0	24	60

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет процессов подогрева циклового воздуха
2	Расчет теплового состояния жаровой трубы и наружного кожуха камеры сгорания
3	Расчет теплового состояния конструктивных элементов турбины
4	Тепловой поверочный расчет кожухотрубного, пластинчатого и секционного теплообменных аппаратов

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
5	Тепловой конструктивный расчет кожухотрубного, пластинчатого и секционного теплообменных аппаратов
6	Тепловой поверочный расчет аппарата воздушного охлаждения масла
7	Расчет охлаждения подкожухного пространства

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Газотурбинные энергетические установки : учебное пособие для вузов / С. В. Цанев [и др.]. - Москва: Издат. дом МЭИ, 2011.	12

2	Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства. - М.: , Машиностроение, 2008. - (Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок : учебник для вузов : в 5 т.; Т. 2).	39
3	Общие сведения. Основные параметры и требования. Конструктивные и силовые схемы. - М.: , Машиностроение, 2008. - (Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок : учебник для вузов : в 5 т.; Т. 1).	40
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Гидродинамика и теплообмен. - Пермь: , Изд-во ПГТУ, 2011. - (Общая физика : учебное пособие; Ч. 4).	80
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. В. Ю. Петрова ; Р. В. Бульбовича. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 -.	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Гидродинамика и теплообмен. - Пермь: , Изд-во ПГТУ, 2011. - (Общая физика : учебное пособие; Ч. 4).	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3229">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3229</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Нусс С. В. Энергетические установки : учебное пособие / С. В. Нусс. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3326">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3326</a>	сеть Интернет; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567



Вид ПО	Наименование ПО
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	КОМПАС-3D V14 (лиц.Иж-12-00110)

#### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютер	12

#### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Системы обеспечения тепловых режимов»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки</b>	<u>13.03.03 Энергетическое машиностроение</u>
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	<u>Газоперекачивающие турбинные установки и энергетические системы</u>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<u>бакалавр</u>
<b>Выпускающая кафедра:</b>	<u>Ракетно-космическая техника и энергетические системы</u>
<b>Форма обучения:</b>	<u>очная</u>

**Курс:** 3

**Семестр:** 6

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:

4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану:

144 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 6 семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

## 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (6-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче расчетно-графической работы и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	КЗ	Т/КР		Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
3.1 знать влияние тепловых режимов на эффективность и ресурс работы ГТУ		ТО2 ТО3 ТО4		КР1		ТВ
3.2 знать методы определения теплового состояния конструктивных элементов		ТО2 ТО3 ТО4		КР1		ТВ
3.3. знать способы обеспечения тепловых режимов		ТО5 ТО6 ТО7		КР2		ТВ
3.4 знать влияние параметров рабочего процесса на характеристики теплообмена		ТО1 ТО2 ТО3 ТО4		КР3		ТВ
3.5 знать изменение параметров рабочего тела по проточной части ГТУ		ТО2 ТО3 ТО4		КР3		ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
У.1 уметь анализировать влияние режимных параметров на тепловое состояние конструктивных элементов			КЗ1	КР1		ПЗ

У.2 уметь оценивать тепловое состояние конструктивных элементов			КЗ1	КР1 КР2		ПЗ
У.3 уметь выбирать способы обеспечения тепловых режимов узлов и агрегатов ГТУ				КР1 КР2		ПЗ
У.4 уметь определять характеристики теплообмена при заданных параметрах рабочего процесса			КЗ1	КР2 КР3		ПЗ
У.5 уметь определять тепловые потоки по проточной части ГТУ				КР3		ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
В.1 владеть методами оценки теплового состояния узлов и агрегатов ГТУ			КЗ1			КЗ
В.2 владеть навыками расчета тепловых потоков и характеристик теплообмена			КЗ1			КЗ
В.3 владеть навыками по оценке работоспособности конструкционных материалов			КЗ1			КЗ
В.4 владеть методами расчета тепловых нагрузок на элементы конструкции			КЗ1			КЗ
В.5 владеть навыками расчета характеристик рабочего тела			КЗ1			КЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание дифференцированного зачета.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ

(индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

– межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

– контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты выполненного индивидуального задания (расчетно-графической работы) и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита индивидуального задания**

Всего запланировано 1 индивидуальное задание (расчетно-графическая работа), направленное на проведение теплового поверочного или теплового конструктивного расчетов кожухо-трубного, пластинчатого или секционного теплообменного аппарата.

Защита индивидуального задания проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкалы и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Обеспечение рабочих тепловых режимов узлов и агрегатов ГТУ», вторая КР – по модулю 2 «Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата», третья КР – по модулю «Обеспечение тепловых режимов систем ГПА в процессе эксплуатации».

#### **Типовые задания первой КР:**

1. Описать механизмы влияния высокотемпературных продуктов сгорания на тепловое состояние конструктивных элементов.

2. Описать принципы охлаждения элементов газовой турбины.

3. Составить уравнение теплового баланса для огневой стенки КС.
4. Описать способы определения температуры на поверхности охлаждаемых и неохлаждаемых лопаток.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Описать алгоритм теплового поверочного расчета рекуперативного теплообменного аппарата.
2. Описать алгоритм теплового конструктивного расчета рекуперативного теплового аппарата.
3. Составить уравнение теплового баланса для рекуперативного теплообменного аппарата в развернутом виде.
4. Описать два алгоритма определения температур стенок в рекуперативном теплообменном аппарате.

#### **Типовые задания третьей КР:**

1. Дать описание способов обеспечения теплового режима ГПА в зимний период эксплуатации.
2. Указать последовательность расчета потребной поверхности теплообмена в аппаратах воздушного охлаждения.
3. Обосновать необходимость охлаждения транспортируемого газа после его компримирования в нагнетателе.
4. Дать описание способов обеспечения теплового режима ГПА в летний период эксплуатации.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Кожухотрубный теплообменный аппарат (конструктивные особенности, виды, основные конструктивные параметры).
2. Пластинчатый теплообменный аппарат (конструктивные особенности, виды, основные конструктивные параметры).
3. Секционный теплообменный аппарат типа «труба в трубе» (конструктивные особенности, виды, основные конструктивные параметры).
4. Алгоритм теплового поверочного расчета.
5. Эффективность теплообменного аппарата. Алгоритм поверочного расчета с использованием эффективности теплообменного аппарата.
6. Алгоритм теплового конструктивного расчета.
7. Компонентный расчет секционного теплообменного аппарата типа «труба в трубе».
8. Принцип работы камеры сгорания ГТУ. Допустимые температуры конструктивных элементов.
9. Уравнение теплового баланса для элемента жаровой трубы на установившемся режиме работы. Составляющие «левой» части уравнения теплового баланса.
10. Уравнение теплового баланса для элемента жаровой трубы на установившемся режиме работы. Составляющие «правой» части уравнения теплового баланса.
11. Влияние давления атмосферного воздуха на энергетические характеристики ГТУ.

#### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Провести анализ влияния параметров потока на тепловое состояние конструктивных элементов.
2. Составить алгоритм расчета конвективных тепловых потоков.
3. Составить алгоритм расчета лучистых тепловых потоков.
4. Указать последовательность расчета коэффициента теплопередачи от горячего к холодному теплоносителю.
5. Провести анализ влияния температуры наружного воздуха на показатели работы ГТУ.

#### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Определить коэффициент теплообмена по заданным параметрам потока.
2. Определить коэффициент теплопередачи по заданным параметрам теплоносителей.
3. Определить мощность подогревателя наружного воздуха в зимний период эксплуатации ГПА.
4. Определить мощность охладителя наружного воздуха в летний период эксплуатации ГПА.
5. Определить температуру поверхности лопатки в горячем газовом потоке.

Перечень типовых ситуационных заданий и кейсов для проверки умений и владений представлен в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.