

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:** Конструкция и проектирование систем газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 252 (7)  
(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

Цели:

- получение знаний по методам проектирования и конструированию систем газоперекачивающих агрегатов (ГПА) и энергетических установок (ЭУ);
- развитие умений по определению геометрических размеров и режимных параметров по проточной части узлов и агрегатов ГПА и ЭУ;
- приобретение навыков создания конструктивно-компоновочных схем и конструктивного облика установок, в том числе с использованием программного обеспечения.

Задачи дисциплины:

- ознакомление с современными подходами и методами в области конструирования и проектирования ГПА и ЭУ;
- изучение конструкций узлов и агрегатов ГПА и ЭУ;
- формирование умения проводить конструктивный анализ и определять параметры узлов и агрегатов ГПА и ЭУ;
- формирование навыков прогнозирования выходных характеристик ГПА и ЭУ при стандартных и стационарных условиях.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- конструирование и проектирование систем ГПА и ЭУ;
- изменение параметров рабочего тела по проточной части ЦБН;
- системы подготовки воздуха и транспортируемого газа;
- особенности конструирования ГПА и ЭУ при блочно-контейнерном исполнении станции;
- 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-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знать конструктивные схемы и функциональное назначение	Разрабатывает техническую документацию в соответствии с требованиями ЕСКД, в том числе с использованием современных систем автоматизированного проектирования	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет анализировать рабочие процессы и узлы и агрегатах ГПА и ЭУ	Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками определения режимных и геометрических параметров агрегатов ГПА и ЭУ	Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности	Курсовой проект
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знать режимы работы ГПА в реальных условиях эксплуатации	Демонстрирует понимание влияния условий работы объекта профессиональной деятельности на принимаемые конструктивные решения	Экзамен
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Умеет проводить конструктивно-проектировочные расчеты систем ГПА и ЭУ	Проводит комплекс расчетов элементов объекта профессиональной деятельности	Защита лабораторной работы
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет навыками приема обоснованных технических решений при создании объектов ГПА	Принимает обоснованные технические решения при создании объекта профессиональной деятельности	Курсовой проект

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	84	54	30
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	34	16	18
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	28	18	10
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	132	54	78
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет	9		9
Курсовой проект (КП)	36		36
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	252	144	108

### 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	
7-й семестр				
ГПА в составе компрессорной станции 4	4	8	0	20
Типы приводов ГПА. Газомотокомпрессорные ГПА. Электроприводные ГПА. Стационарные, авиационные и судовые газотурбинные приводы. Структура парка ГПА в системе ОАО «Газпром». Конструктивные исполнения ГПА. Линейные ГПА. ГПА для ДКС. ГПА для ПХГ. ГПА для обратной закачки газа в пласт. Блочно-контейнерные ГПА с вертикальным и боковым выхлопом. Агрегаты с размещением в ангарном укрытии.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Системы ГПА	12	10	18	34
Технологические схемы компрессорной станции. Система очистки технологического газа. Воздухозаборная система. Система охлаждения технологического газа. Система подготовки топливного, импульсного и пускового газов. Система маслоснабжения. Система подогрева циклового воздуха. Система охлаждения ГТУ и трансмиссии. Система выхлопа. Система пожаротушения. Система автоматизированного управления. Шумоглушители.				
ИТОГО по 7-му семестру	16	18	18	54
8-й семестр				
Центробежный нагнетатель газа	12	0	10	50
Конструкции и принцип действия ЦБН. Распределение параметров по проточной части ЦБН. Рабочий процесс в ступени ЦБН. Нерасчетные режимы работы ЦБН. Потери в ЦБН на расчетном режиме. Оптимизация геометрических характеристик рабочего колеса по энергетике ЦБН. Напорная, мощностная и КПД – характеристики ЦБН. Совмещенные характеристики ЦБН и трубопровода. Помпажные явления и способы борьбы с ними. Приведенные характеристики ЦБН. Резонансные колебания ротора. Осевой сдвиг ротора и его предотвращение. Пересчет характеристик ЦБН при изменении частоты вращения и размеров проточной части. Совместная работа нагнетателей. Секционная компоновка компрессорной установки с внешним переключением секций.				
Современное состояние и перспективы развития ГПА	6	0	0	28
Характеристики современных отечественных и зарубежных ГПА. Совместное с зарубежными партнерами производство ГПА. Новое поколение ГПА. Основные направления модернизации ГПА. СПЧ для компрессоров газодобывающих и газотранспортных предприятий. Подвес вала в компрессоре. Магнитный подвес ротора. Уплотнение подвижных и неподвижных соединений. Принципы действия и классификация СГУ. Требования к буферному и барьерному газу.				
ИТОГО по 8-му семестру	18	0	10	78
ИТОГО по дисциплине	34	18	28	132

## Тематика примерных практических занятий

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
1	Расчеты характеристик системы маслоснабжения
2	Расчеты характеристик системы подогрева циклового воздуха
3	Расчеты характеристик системы охлаждения транспортируемого газа
4	Расчеты характеристик системы охлаждения ГТУ и трансмиссии
5	Расчеты режимных характеристик газотурбинного привода
6	Расчеты режимных параметров блока подготовки топливного газа
7	Расчеты режимных параметров блока подготовки импульсного газа
8	Расчеты режимных параметров блока подготовки пускового газа
9	Расчеты характеристик утилизатора в системе выхлопа
10	Расчеты характеристик двухступенчатого ЦБН линейной компрессорной станции
11	Расчеты характеристик шестиступенчатого ЦБН дожимной компрессорной станции
12	Расчет характеристик ЦБН в режиме эксплуатации с использованием приведенных характеристик
13	Расчет запаса по помпажу в режиме эксплуатации ЦБН
14	Расчеты характеристик ЦБН при его секционной компоновке

## Тематика примерных лабораторных работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>
1	Изучение состава и устройства компрессорной станции «Пермская»
2	Изучение конструкций газотурбинных приводов ГТУ-25П и ГТУ-16П
3	Изучение конструкции центробежного нагнетателя с масляной системой.
4	Изучение конструкции центробежного нагнетателя с магнитным подвесом.
5	Изучение системы подогрева циклового воздуха
6	Изучение конструкции аппарата воздушного охлаждения газа
7	Изучение системы очистки транспортируемого газа
8	Изучение конструкции ВОУ
9	Изучение блоков подготовки топливного, импульсного и пускового газов

## Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Конструирование ГПА в составе компрессорной станции
2	Проектирование и конструирование компрессора дожимной компрессорной станции
3	Проектирование газотурбинного привода с оптимальными характеристиками
4	Разработка системы маслообеспечения агрегатов ГПА
5	Проектирование электроприводного ГПА
6	Проектирование аппарата воздушного охлаждения
7	Проектирование многоступенчатого компрессора
8	Проектирование ротационно-пластинчатого компрессора

### 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.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

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, лабораторным работам 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	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
2	Цанев С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций : учебное пособие для вузов / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов. - Москва: Изд-во МЭИ, 2009.	11
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Газотурбинные энергетические установки : учебное пособие для вузов / С. В. Цанев [и др.]. - Москва: Издат. дом МЭИ, 2011.	12
<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 -.	
2	Газотурбинные технологии : информационно-аналитический журнал / Газотурбинные технологии. - Москва, 1999 - .	
<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	Арбеков А. Н. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок : учебник для студентов энергетических и авиационных вузов / Арбеков А. Н., Вараксин А. Ю., Иванов В. Л., Манушин Э. А., Михальцев В. Е., Моляков В. Д., Осипов М. И., Суровцев	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106415">http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106415</a>	сеть Интернет; авторизованный 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
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>

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
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
Курсовой проект	Компьютер	12
Лабораторная работа	Компьютер	12
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  
«Конструкция и проектирование систем газоперекачивающих агрегатов и  
энергетических установок»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

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

**Курс:** 4 **Семестр:** 7, 8

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:	7 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	252 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 7 семестр  
Зачет: 8 семестр  
Курсовой проект: 8 семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся 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 двух семестров (7-го и 8-го семестров учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные 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 отчетов по лабораторным работам 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	ОЛР	Т/КР		Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
3.1 знать конструктивные схемы и функциональное назначение	С			КР		ТВ
3.2 знать режимы работы ГПА в реальных условиях эксплуатации	С			КР		ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
У.1 уметь анализировать рабочие процессы в узлах и агрегатах ГПА и ЭУ			ОЛР	ОПЗ		ПЗ
У.2 уметь проводить конструктивнопроектировочные расчеты систем ГПА и ЭУ			ОЛР	ОПЗ		ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
В.1 владеть навыками определения режимных и геометрических параметров агрегатов ГПА и ЭУ				КЗ		КЗ
В.2 владеть навыками приема обоснованных технических решений при создании объектов ГПА				КЗ		КЗ

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

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 бланчного 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, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и практических заданий и рубежных контрольных

работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 9 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Защита практических работ**

Всего запланировано 14 практических работ. Типовые темы практических работ приведены в РПД.

Защита практической работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.3. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 4 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

#### **Типовые задания КР по первому модулю**

1. Типы приводов ГПА.
2. Стационарные, авиационные и судовые газотурбинные приводы.

#### **Типовые задания КР по второму модулю**

1. Система очистки транспортируемого газа.
2. Система охлаждения транспортируемого газа.

#### **Типовые задания КР по третьему модулю**

1. Распределение параметров по проточной части ЦБН.
2. Приведенные характеристики ЦБН.

#### **Типовые задания КР по четвертому модулю**

1. Характеристики современных ГПА
2. Магнитный подвес ротора

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. Типы приводов ГПА.
2. Конвертированные авиационные и судовые газотурбинные приводы.
3. Структура парка ГПА.
4. Конструктивные исполнения ГПА.
5. Система подготовки топливного газа.
6. Воздухозаборная система.

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

1. Определить параметры транспортируемого газа после АВОГ.
2. Определить параметры топливного газа на входе в камеру сгорания.
3. Определить параметры циклового воздуха на выходе из воздухозаборной системы.

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

1. Составить план проекта по замене редукторной системы понижения давления на турбогенератор.
2. Предложить конструктивное исполнение и определить режимные и геометрические параметры системы подогрева воздуха после компрессора перед его подачей в камеру сгорания.
3. Предложить и обосновать пути решения проблемы охлаждения транспортируемого газа в летний период эксплуатации.

### **Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

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

1. Рабочий процесс в ступени ЦБН.
2. Оптимизация характеристик рабочего колеса по энергетике ЦБН.
3. Помпажные явления и способы борьбы с ними.
4. Приведенные характеристики ЦБН.
5. Осевой сдвиг ротора и его предотвращение.
6. Пересчет характеристик ЦБН.

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

1. Определить параметры транспортируемого газа после АВОГ.
2. Определить параметры топливного газа на входе в камеру сгорания.
3. Определить параметры циклового воздуха на выходе из воздухозаборной системы.

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

1. Составить план проекта по замене редукторной системы понижения давления на турбогенератор.
2. Предложить конструктивное исполнение и определить режимные и геометрические параметры системы подогрева воздуха после компрессора перед его подачей в камеру сгорания.
3. Предложить и обосновать пути решения проблемы охлаждения транспортируемого газа в летний период эксплуатации.

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.

**Типовые ситуационные задания и кейсы для проверки умений и владений**

**Задание № \_\_. (анализ кейс-стади)**

Проверяемые результаты обучения: у2; в2

Задание. Внимательно прочитайте текст предложенного кейса и ответьте на вопросы задания.

**Критерии оценки ситуационных заданий**

**Оценка «пять» ставится, если обучающийся осознанно излагает и оценивает суть данной ситуации, с аргументацией своей точки зрения, умеет анализировать, обобщать и предлагает верные пути решения складывающейся ситуации.**

**Оценка «четыре» ставится, если обучающийся понимает суть ситуации, логично строит свой ответ, но допускает незначительные неточности при определении путей решения.**

**Оценка «три» ставится, если обучающийся ориентируется в сущности складывающейся ситуации, но нуждается в наводящих вопросах, не умеет анализировать и не совсем верно намечает пути решения ситуации.**

**Оценка «два» ставится, если обучающийся не ориентируется и не понимает суть данной ситуации, не может предложить путей ее решения, либо допускает грубые ошибки.**

**Ситуация 1.** В составе газоперекачивающего агрегата ГПА-16 Урал для привода центробежного нагнетателя используется газотурбинный привод ГТУ-16П. Обосновать возможность и указать конструктивные изменения для использования ГТУ-16П в качестве газотурбинной электростанции.

**Ситуация 2.** В блоке подготовки топливного газа имеется энергозатратный подогреватель для его подогрева перед системой редуцирования. Обосновать возможность и указать конструктивные изменения для использования в качестве этого подогревателя первой секции аппарата воздушного охлаждения транспортируемого газа.