

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: Теоретические основы вибродиагностики
(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 изучения дисциплины является формирование комплекса знаний, умений и навыков необходимых для решения прикладных проблем виброакустического поведения конструктивных элементов, узлов и систем газотурбинных установок, газоперекачивающих агрегатов и других энергетических установок.

Задачи дисциплины:

- формирование знаний о физической связи вибрационных процессов с диагностикой технического состояния газотурбинных установок (ГТУ) и газоперекачивающих агрегатов (ГПА);
- освоение приемов проведения вибрационного анализа технического состояния конструктивных элементов ГТУ и ГПА с учетом их особенностей;
- формирование навыков проведения вибрационного анализа и расчета технического состояния ГТУ и ГПА.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- элементы и узлы ГТУ, ГПА и других энергетических установок;
- методы преобразования колебаний в диагностическую информацию технического состояния энергетических установок;
- методы проведения технической диагностики ГТУ, ГПА и других энергетических установок;
- методы анализа и расчета технического состояния узлов и деталей конструкций ГТУ, ГПА и других энергетических установок.

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-1.4	ИД-1ПК-1.4	Знает физические основы колебаний в агрегатах ГТУ и ГПА; методы и приемы проведения вибрационной диагностики ГПА и ГТУ; алгоритмы обработки диагностической информации при проведении диагностики; экспериментальную базу по исследованию волновых процессов в ГТУ и ГПА	Демонстрирует понимание влияния условий работы объектов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок на принимаемые конструктивные решения	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	Умеет исследовать основные и несущие частоты, возникающих в процессе функционирования ГТУ и ГПА; работать с измерительно-диагностическим комплексом; обрабатывать диагностическую информацию для анализа технического состояния ГТУ и ГПА	Умеет проводить расчеты по определению основных параметров элементов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок	Защита лабораторной работы
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	Владеет навыками оценки технического состояния ГТУ и ГПА и его основных элементов; навыками расчета волновых процессов в ГТУ и ГПА	Владеет навыками принимать обоснованные технические решения при создании объектов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок	Экзамен
ПК-2.3	ИД-1ПК-2.3	Знает основы системного подхода вибрационного для анализа технического состояния ГТУ и ГПА; методики и модели работоспособности ГТУ и ГПА; алгоритмы прогнозирования технического состояния ГТУ и ГПА	Знает современные информационные технологии и современные пакеты прикладных программ для исследования процессов в газоперекачивающих агрегатах и энергетических установках	Контрольная работа
ПК-2.3	ИД-2ПК-2.3	Умеет выбирать модели вибрационного анализа по оценке технического состояния ГТУ и ГПА; проводить волновой анализ работы ГПА; анализировать техническое состояние функционирующего ГТУ и ГПА и прогнозировать его возможные отказы	Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов работы объектов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.3	ИД-3ПК-2.3	Владеет навыками работы с измерительно-диагностическим оборудованием; навыками обработки волновой информации по оценке технического состояния ГТУ и ГПА	Владеет навыками использования современных компьютерных технологий при анализе и расчете объектов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	45	45	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	9	9	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	63	63	
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	
7-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
Механические колебания	6	3	6	20
<p>Тема 1. Элементы теории колебаний. Волновые процессы. Механическая волна и ее параметры. Волновые уравнения. источники, волновая проводимость, импеданс среды. Волноводы.</p> <p>Тема 2. Распространение механических волн. Виды волн, условия взаимодействия волновых процессов в газе, жидкости и твердой среде. Волновые процессы. Механическая волна и ее параметры. Виды волн, условия взаимодействия волновых процессов в газе, жидкости и твердой среде. Математические модели вибрационного поля. Связь вибрационного поля и волноводы.</p> <p>Тема 3. Волновое поле газотурбинных двигателей. Источники вибрационных колебаний при работе газотурбинных двигателей. Газодинамические и механические источники вибрационных колебаний. Условия взаимосвязи и перекачка вибрационной энергии. Особенности газодинамических процессов в камере сгорания газотурбинного двигателя при наличии вибрационных колебаний элементов ГТУ. Связь вибрационных колебаний с рабочими процессами в камере сгорания.</p>				
Механические колебания в агрегатах ГТУ и ГПА	7	3	8	30
<p>Тема 4 Физические основы колебаний механических систем. Предмет теории колебаний, математическое описание колебательных систем с конечным числом степеней свободы, собственные и вынужденные колебания, их частота, формы колебаний, энергия колебаний, импеданс системы, колебания упругих элементов, случайные, параметрические колебания в теории вибрационной надежности. Диссипативные системы, взаимодействие источников возбуждения с колебательной системой, возбуждение и синхронизация колебаний, устойчивость систем при колебательном процессе.</p> <p>Тема 5. Колебания в ГТУ и ГПА. Виды волн и их распространение по конструктивным элементам и деталям ГТУ и ГПА. Виброакустическая модель технического состояния ГТУ и ГПА. Основные приемы и способы получения виброакустической информации работающих агрегатов ГТУ и ГПА. Порядок проведения виброакустической диагностики элементной базы ГТУ и ГПА. Структура и порядок формирования информативной базы диагностического анализа</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
технического состояния механических систем и агрегатов, деталей и узлов ГТУ и ГПА.				
Техническая диагностика ГТУ и ГПА	3	3	4	13
<p>Тема 6. Измерение волновых процессов. Структура физических процессов преобразования энергии волны в электрический сигнал. Виды датчиков измерения акустического и вибрационного поля. Построение акустической и вибрационной диагностики, структура, методология диагностирования, поиск дефектов. Математические методы, используемые при диагностировании ракетных двигателей. Метод статических решений для одного диагностического параметра, методы разделения в пространстве признаков: линейные разделения, разделение в диагностическом пространстве, метод стохастического аппроксимирования, диагностическая ценность признаков. Оценка технического состояния изделия по нормированным и косвенным показателям. Особенности систем акустического диагностирования.</p> <p>Тема 7 Построение виброакустической диагностики ГТУ и ГПА.</p> <p>Характеристика и виды наиболее часто встречающихся дефектов в агрегатах и механизмах ГТУ и ГПА. Виброакустический анализ газотурбинных установок и газоперекачивающих агрегатов Статистическая обработка различных видов отказов (небаланс массы рабочих колес насосов, турбины ГТУ, расцентровка валов ТНА, ослабление или износ подшипников, задевание и др.). Основы системного подхода в выборе моделей виброакустической диагностики ГТУ и ГПА. Модальный анализ объекта и методика его проведения. Требования по проведению виброакустической диагностики ГТУ и ГПА, порядок ее проведения, обработка и оформление результатов технической диагностики.</p> <p>Виды мониторинга и принцип его построения. Модели остаточного ресурса. Прогнозирование и оценка текущего состояния ГТУ и ГПА по результатам мониторинга.</p> <p>Заключение.</p> <p>Современные тенденции в развитии вибродиагностических направлений в обеспечении работоспособности ГТУ и ГПА.</p>				
ИТОГО по 7-му семестру	16	9	18	63
ИТОГО по дисциплине	16	9	18	63

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет вибрационного поля объекта
2	Расчет собственных частот элементов конструкции объекта на примере вала компрессора ГТУ
3	Расчет механических колебаний дисков турбин и лопаток ГТУ
4	Расчет спектральных характеристик волнового поля
5	Освоение современных методик оценки технического состояния ГТУ и ГПА

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Определение скорости звука в среде
2	Исследование вибраций осевого нагнетателя ГПА
3	Исследование собственных частот колебаний объекта

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
1. Основная литература		
1	Сальников А. Ф. Виброакустическая диагностика технических объектов : учебное пособие. Пермь : ПНИПУ, 2011. 246 с. 20 усл. печ. л.	44
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Ушаков В.М. Неразрушающий контроль и диагностика горно-шахтного и нефтегазового оборудования : учебное пособие для вузов. М. : Мир горн. кн., 2006. 318 с.	25
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. Пермь : ПНИПУ, 2012 -.	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	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	Ушаков В. М. Неразрушающий контроль и диагностика горношахтного и нефтегазового оборудования / Ушаков В. М. - Москва: Горная книга, 2006.	http://elib.pstu.ru/Record/lan3513	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Сальников А. Ф. Виброакустическая диагностика технических объектов : учебное пособие / А. Ф. Сальников. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3325	локальная сеть; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
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 V18 Уч.вер.(АКФ, МКМК, лиц.Иж-17-00089)

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	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютеры	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютеры	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
«Теоретические основы вибродиагностики»
Приложение к рабочей программе дисциплины

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

Курс: 4

Семестр: 7

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану:

144 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 7 семестр

Пермь 2023

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 (7-го семестра учебного плана) и разбито на 3 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 зачета. 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
Усвоенные знания						
З.1 Знать основные понятия, термины и определения вибрационной диагностики энергетических машин, аппаратов и установок; – методы анализа чувствительности диагностических признаков к изменению параметров технического состояния объектов диагностирования;		ТО1		КР2		ТВ
З.2 Знать способы математического описания вибрационного состояния объекта диагностирования, распознавания динамические дефектов в типовых объектах диагностирования.	С1	ТО2		КР1		ТВ
Освоенные умения						
У.1 Уметь описывать вибрационное состояние объекта диагностирования, разрабатывать процедуру вибродиагностики в режиме стационарных вынужденных колебаний объекта диагностирования, разрабатывать процедуру вибродиагностики в режиме переходных движений объекта диагностирования			ОЛР1	КР2		ПЗ
У.2 Уметь использовать нелинейные динамические эффекты в качестве диагностических признаков			ОЛР2 ОЛР3	КР1		ПЗ

Приобретенные владения						
В.1 Владеть навыками описания объекта диагностирования при нормальном и дефектном функционировании, методикой построения диагностических моделей.			ОЛР6			КЗ
В.2 Владеть современными методами проведения вибрационной диагностики			ОЛР7			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 лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 5 лабораторных работ и 9 практических занятий. Типовые темы лабораторных работ и практических занятий 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. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Основы вибродиагностики», вторая КР – по модулю 2 «Использование нелинейных эффектов колебаний объектов в диагностических целях».

Типовые задания первой КР:

1. Вибрационные нагрузки и теоретические основы вибрационного анализа.
2. Основные методы обработки вибрационного сигнала, Алгоритмы измерений и представлений вибраций.

Типовые задания второй КР:

1. Диагностические признаки проявления различных дефектов в вибрационном сигнале.
2. Выявление дефекта в структуре вибрационного анализа роторных машин.

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. Предмет теории колебаний, математическое описание колебательных систем с конечным числом степеней свободы, собственные и вынужденные колебания, их частота, формы колебаний, энергия колебаний, импеданс системы, колебания упругих элементов, случайные, параметрические колебания в теории вибрационной надежности.

2. Предмет теории колебаний, математическое описание колебательных систем с конечным числом степеней свободы, собственные и вынужденные колебания, их частота, формы колебаний, энергия колебаний, импеданс системы, колебания упругих элементов, случайные, параметрические колебания в теории вибрационной надежности

3. Предмет теории колебаний, математическое описание колебательных систем с конечным числом степеней свободы, собственные и вынужденные колебания, их частота, формы колебаний, энергия колебаний, импеданс системы, колебания упругих элементов, случайные, параметрические колебания в теории вибрационной надежности.

4. Диагностика стационарных дефектов, статистическая обработка различных видов отказов (небаланс массы рабочих колес насосов, турбины РД, расцентровка валов ТНА, ослабление или износ подшипников, задевание и др.).

5. Модальный анализ и основные характеристики для построения диагностики оборудования и узлов ГТД.

6. Модальный анализ и основные характеристики для построения диагностики оборудования и узлов ГТД.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Провести анализ вибрационного спектра по огибающей.

2. Сделать выделение диагностической информации из вибрационного сигнала.

3. Выделить передаточную функцию для подшипниковых узлов ГТУ случайной функции

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Составить план проведения вибрационных исследований ГТУ
2. Провести измерение вибраций компрессора в соответствии с технологической картой ведения работ.
3. Провести обработку результатов ВД контроля нагнетателя ГПА.

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.