



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

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет

Кафедра «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Н.В. Лобов

2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Теоретические основы вибродиагностики»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Направление подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» (уровень
бакалавриата)

Профили программы бакалавриата

Автоматизированные гидравлические и
пневматические системы и агрегаты

Газотурбинные, паротурбинные
установки и двигатели

бакалавр

Квалификация (степень) выпускника:

Выпускающая кафедра:

Ракетно-космическая техника и
энергетические системы

Форма обучения:

очная

Курс: 3

Семестр(ы): 6

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

4

Часов по рабочему учебному плану:

144

Виды контроля:

Экзамен: 6

Зачет: **нет** Курсовой проект: **нет** Курсовая работа: **нет**

Пермь, 2016 г.

Учебно-методический комплекс дисциплины «Теоретические основы вибродиагностики» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 1 октября 2015 г. номер приказа «1083» по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» (уровень бакалавриата);
- компетентностных моделей выпускника ОПОП по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профилям «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты» и «Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели», утверждённой 24 июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);
- базовых учебных планов очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профилям «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты» и «Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели», утвержденных 28 апреля 2016 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Математика», «Физика», «Химия», «Теоретическая механика», «Основы теории колебаний», «Теоретические основы надежности», «Теория теплообмена и пограничного слоя», «Материаловедение», «Электротехника и электроника», «Экология», «Механика материалов и конструкций», «Управление техническими системами», «Автоматическое регулирование энергоустановок», «Динамика и прочность турбомашин», «Строительная механика энергоустановок», «Газогидродинамика энергоустановок», «Системы обеспечения теплового режима газотурбинных установок», «Рабочие жидкости гидравлических систем», «Компьютерное моделирование процессов в гидравлических и пневматических системах», участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

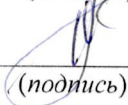
д-р техн. наук, проф.
(ученая степень, звание)


(подпись)

Е.М. Набока
(инициалы, фамилия)

Рецензент

д-р техн. наук, проф.
(ученая степень, звание)


(подпись)

Р.В. Бульбович
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» «15» ноября 2016 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы», ведущей дисциплину

д-р техн. наук, проф.
(ученая степень, звание)


(подпись)

М.И. Соколовский
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета «22» ноября 2016 г., протокол № 2.

Председатель учебно-методической комиссии аэрокосмического факультета

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)


(подпись)

Н.Е. Чигодаев
(инициалы, фамилия)

Согласовано:

Заведующий выпускающей кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»

д-р техн. наук, проф.
(ученая степень, звание)


(подпись)

М.И. Соколовский
(инициалы, фамилия)

Начальник управления образовательных программ

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)


(подпись)

Д.С. Репецкий
(инициалы, фамилия)

1 Общие положения

1.1 Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины формирование комплекса знаний по теоретическим основам вибрационной диагностики энергетических машин, аппаратов и установок.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет, углубляет и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:

- способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2);
- способность демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках (ОПК-3).

1.2 Задачи дисциплины:

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- **освоение** понятийного аппарата вибрационной диагностики энергетических машин, аппаратов и установок;
- **систематизированное изучение** принципов вибрационного диагностирования и содержания этапов разработки систем функциональной и тестовой вибродиагностики;
- **изучение** методов и средств распознавания технических состояний объекта диагностирования;
- **формирование умения** описывать вибрационное состояние объекта диагностирования, выделять диагностические признаки, строить диагностические модели;
- **формирование умения** анализировать чувствительность диагностических признаков к изменению параметров технического состояния, синтезировать характерные диагностические признаки для вибродиагностики в режимах стационарных вынужденных колебаний и переходных движений в объекте диагностирования;
- **формирование навыков** описания объекта диагностирования при нормальном и дефектном функционировании и построения диагностических моделей.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- основные понятия, термины и определения вибрационной диагностики энергетических машин, аппаратов и установок;
- цели и задачи вибродиагностики;
- виды систем вибродиагностики (функциональная, тестовая) и этапы их разработки;
- математическое описание вибрационного состояния объекта диагностирования в виде оператора преобразования параметров технического состояния в параметры вибросигнала;
- подходы к выбору диагностических признаков;
- методы анализа чувствительности диагностических признаков к изменению параметров технического состояния;
- методы получения характеристик и параметров вибрационного сигнала при нормальном и дефектном функционировании объекта диагностирования;
- виды диагностических моделей;

- общие сведения о распознавании технических состояний объекта диагностирования;
- контроль изменения параметров объекта по параметрам вибросигнала;
- процедура вибродиагностики в режиме стационарных вынужденных колебаний объекта диагностирования;
- процедура вибродиагностики в режиме переходных движений объекта диагностирования;
- использование нелинейных динамических эффектов в качестве диагностических признаков;
- алгоритм нелинейной вибродиагностики.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теоретические основы надежности» относится к вариативной части блока 1 (Б1) Дисциплины (модули) и является дисциплиной по выбору студентов при освоении ООП по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профилям «Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели», «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты».

После изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

• знать:

- основные понятия, термины и определения вибрационной диагностики энергетических машин, аппаратов и установок;
- цели и задачи вибродиагностики;
- виды систем вибродиагностики и этапы их разработки;
- способы математического описания вибрационного состояния объекта диагностирования;
- подходы к выбору диагностических признаков;
- содержание задачи контроля за изменением параметров объекта по параметрам вибросигнала;
- методы анализа чувствительности диагностических признаков к изменению параметров технического состояния объектов диагностирования;
- методы получения характеристик и параметров вибрационного сигнала при нормальном и дефектном функционировании объекта диагностирования;
- виды диагностических моделей;
- общие сведения о распознавании технических состояний объекта диагностирования;
- нелинейные динамические эффекты в типовых объектах диагностирования;
- алгоритм нелинейной вибродиагностики.

• уметь:

- описывать вибрационное состояние объекта диагностирования;
- синтезировать диагностические признаки;
- анализировать чувствительность диагностических признаков к изменению параметров технического состояния объекта диагностирования;
- разрабатывать процедуру вибродиагностики в режиме стационарных вынужденных колебаний объекта диагностирования;
- разрабатывать процедуру вибродиагностики в режиме переходных движений объекта диагностирования;
- использовать нелинейные динамические эффекты в качестве диагностических признаков.

• **владеть:**

- навыками описания объекта диагностирования при нормальном и дефектном функционировании;
- методикой построения диагностических моделей.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
ОПК-2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Математика, Физика, Химия, Теоретическая механика, Основы теории колебаний, Теоретические основы надежности, Механика материалов и конструкций, Материаловедение, Электротехника и электроника	Экология, Управление техническими системами, Автоматическое регулирование энергоустановок, Строительная механика энергоустановок, Газогиродинамика энергоустановок, Системы обеспечения теплового режима газотурбинных установок, Компьютерное моделирование процессов в гидравлических и пневматических системах

ОПК-3	Способность демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках	Теоретические основы надежности, Термодинамика Механика жидкости и газов, Техническая гидромеханика	Паротурбинные установки, Газотурбинные установки, Газогидродинамика энергоустановок, Системы обеспечения теплового режима газотурбинных установок, Компрессоры газотурбинных установок, Рабочие жидкости гидравлических систем, Лопастные гидромашинны, Пневматические системы, Элементы гидравлических и пневматических систем, Спецглавы объёмных гидромашин и объёмных гидропередач, Техническая эксплуатация гидравлических и пневматических систем и агрегатов, Основы автоматизированного проектирования гидравлических и пневматических систем, Технологические системы промышленных объектов
-------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ОПК-2, и ОПК-3.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-2

Код	Формулировка компетенции
ОПК-2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ОПК-2.Б1.ДВ.03.1	Способность применять основные законы физики, механики, методы математического анализа и моделирования для составления диагностических моделей и процедур, применяемых в вибрационной диагностике энергетических машин, аппаратов и установок

Требования к компонентному составу части компетенции ОПК-2

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные понятия, термины и определения вибрационной диагностики энергетических машин, аппаратов и установок; – цели и задачи вибродиагностики; – виды систем вибродиагностики и этапы их разработки; – методы анализа чувствительности диагностических признаков к изменению параметров технического состояния объектов диагностирования; – методы получения характеристик и параметров вибрационного сигнала при нормальном и дефектном функционировании объекта диагностирования; – общие сведения о распознавании технических состояний объекта диагностирования; – подходы к выбору диагностических признаков; – содержание задачи контроля за изменением параметров объекта по параметрам вибросигнала; – алгоритм нелинейной вибродиагностики. 	<p>Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</p>	<p>Тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля.</p>

<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – описывать вибрационное состояние объекта диагностирования; – анализировать чувствительность диагностических признаков к изменению параметров технического состояния объекта диагностирования; – разрабатывать процедуру вибродиагностики в режиме стационарных вынужденных колебаний объекта диагностирования; – разрабатывать процедуру вибродиагностики в режиме переходных движений объекта диагностирования; – синтезировать диагностические признаки 	<p>Практические занятия. Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям, практическим занятиям)</p>	<p>Практические задания к контрольным работам. Реферат.</p>
<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками описания объекта диагностирования при нормальном и дефектном функционировании; - методикой построения диагностических моделей. 	<p>Практические занятия. Самостоятельная работа по подготовке к экзамену</p>	<p>Вопросы к экзамену.</p>

2.3 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-3

Код	Формулировка компетенции
ОПК-3	Способность демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ОПК-3.Б1.ДВ.03.1	Способность демонстрировать знание основ теории колебаний применительно к объектам диагностирования

Требования к компонентному составу части компетенции ОПК-3

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – способы математического описания вибрационного состояния объекта диагностирования; – нелинейные динамические эффекты в типовых объектах диагностирования. 	<p>Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</p>	<p>Тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля.</p>

Умеет: – использовать нелинейные динамические эффекты в качестве диагностических признаков.	Практические занятия. Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям, практическим занятиям)	Практические задания к контрольным работам. Реферат.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 4 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоемкость, час.
1	2	3
1	Аудиторная работа (контактная работа)	45
	– лекции (Л)	14
	– лабораторные работы (ЛР)	9
	– практические занятия	18
	- контроль самостоятельной работы (КСР)	4
2	Самостоятельная работа	63
	– изучение теоретического материала	20
	– подготовка реферата	13
	– подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, лабораторным работам)	16
	– подготовка отчетов по лабораторным работам	14
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: <i>зачет/экзамен</i>	Экзамен 36
4	Трудоёмкость дисциплины, всего: в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	144 4

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Трудоёмкость ч / ЗЕ	
			аудиторная работа					Итоговый контроль	самостоятельная работа		
			всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	Введение	2	2							2/0,055
		1	6	2	4				10	16/0,444	
		2	8	2	4	2			10	18/0,500	
		3	8	2	2	2	2		10	18/0,500	
	Итого по модулю:		24	8	10	4	2		30	54/1,5	
2	2	4	9	2	4	3			17	26/0,722	
		5	10	2	4	2	2		16	26/0,722	
		Заключение	2	2						2/0,055	
	Итого по модулю:		21	6	8	5	2		33	54/1,5	
Промежуточная аттестация								экзамен 36		36/1,0	
Всего:			44	14	18	9	4		63	144/4	

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Основы вибродиагностики

Раздел 1. Основы вибродиагностики

Л – 8 ч; ПЗ – 10 ч; ЛР – 4 ч; СРС – 30 ч.

Введение

Цели и задачи вибрационной диагностики энергетических машин, аппаратов и установок. Основные понятия и определения. Этапы разработки систем вибродиагностики. Предмет, задачи и структура дисциплины. Организационно-методические рекомендации по изучению дисциплины.

Тема 1. Принципы вибродиагностики

Описание вибрационного состояния объекта диагностирования и его представление оператором преобразования параметров технического состояния в параметры вибрационного сигнала. Частотная передаточная функция объекта диагностирования. Диагностические признаки. Чувствительность диагностических признаков к изменению параметров технического состояния. Получение характеристик и параметров вибрационного сигнала при нормальном и дефектном функционировании. Диагностические модели. Общие сведения о распознавании технических состояний объекта диагностирования.

Тема 2. Вибродиагностика в режиме стационарных вынужденных колебаний объекта диагностирования

Описание вынужденных колебаний объекта диагностирования. Частотная передаточная функция. Контроль изменения параметров объекта диагностирования по параметрам вибросигнала. Диагностические признаки. Анализ чувствительности диагностических признаков к изменению параметров объекта диагностирования. Выбор характерных диагностических признаков.

Тема 3. Вибродиагностика в режиме переходных движений объекта диагностирования

Описание переходных процессов в объекте диагностирования. Характеристики переходных процессов. Контроль изменения параметров объекта диагностирования по параметрам переходного процесса. Диагностические признаки. Анализ чувствительности диагностических признаков к изменению параметров объекта диагностирования. Синтез характерных диагностических признаков.

Модуль 2. Использование нелинейных эффектов колебаний объектов в диагностических целях

Раздел 2. Использование нелинейных эффектов колебаний объектов в диагностических целях

Л – 6 ч; ПЗ – 8 ч; ЛР – 5 ч; СРС – 33 ч.

Тема 4. Объект диагностирования как нелинейная колебательная система

Типы нелинейностей в механических и гидромеханических колебательных системах. Свободные и вынужденные колебания нелинейных систем. Основные нелинейные эффекты: зависимость частоты свободных колебаний от амплитуды колебаний, остановки в системах с сухим трением, полигармонический характер колебаний при моногармоническом воздействии и другие эффекты.

Тема 5. Использование нелинейных динамических эффектов в качестве диагностических признаков

Влияние дефекта на математическое описание объекта диагностирования. Классификация объектов диагностирования по результату воздействия дефекта на их динамические свойства. Дефекты, приводящие к нелинейным математическим моделям объекта диагностирования: образование зазоров в подвижных соединениях и сопряженных парах, возникновение трещин в стержневых элементах, появление непроклеенных зон в многослойных покрытиях и т.п. Особенности нелинейных колебаний объектов диагностирования, вызванные дефектом. Диагностические признаки. Выбор характерных диагностических признаков. Общий алгоритм нелинейной вибродиагностики

Заключение

Обзор пройденного материала. Основные направления развития средств вибрационной диагностики.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
1	1	Составление математического описания (математической модели) объекта диагностирования. Получение частотной передаточной функции – 2 ч.
2	1	Анализ чувствительности диагностических признаков к изменению параметров объекта диагностирования, представленного колебательной системой с одной степенью свободы – 2 ч.
3	2	Описание стационарных вынужденных колебаний объекта диагностирования. Выбор диагностических признаков – 2 ч.
4	2	Синтез характерных диагностических признаков при диагностировании в режиме установившихся вынужденных колебаний – 2 ч.
5	3	Описание переходных процессов в объекте диагностирования – 2 ч.
6	3	Синтез характерных диагностических признаков при диагностировании объекта в режиме переходных движений – 2 ч.
7	4	Анализ свободных колебаний в нелинейных системах с целью выделения диагностических признаков – 2 ч.
8	4	Анализ вынужденных колебаний в нелинейных системах с целью выделения диагностических признаков – 2 ч.
9	5	Диагностические признаки дефектного состояния, приводящего к изменению структуры описания объекта диагностирования – 2 ч.

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	2	3
1	1	Моделирование поведения объекта диагностирования при нормальном и дефектном функционировании – 1 ч.
2	2	Исследование чувствительности параметров тестового вибрационного сигнала к изменениям параметров диагностируемого объекта – 2 ч.
3	3	Исследование чувствительности параметров переходного процесса к изменению параметров объекта диагностирования – 2 ч.
4	4	Исследование диагностических признаков в объекте диагностирования, содержащем сухое трение – 2 ч.
5	5	Исследование диагностических признаков в объекте диагностирования, содержащем упругий элемент с билинейной характеристикой – 2 ч.

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

Изучение учебной дисциплины необходимо вести систематически. Самостоятельную работу следует сопровождать регулярной самопроверкой основных понятий, терминов, определений и выводов формул. Рекомендуются обязательное посещение учебных занятий, ведение конспектов лекций, оформление отчетов по индивидуальным заданиям на самостоятельную работу.

Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, в соответствии с графиком, приведенным в п.7. Тематика вопросов для самостоятельного изучения задается преподавателем на лекциях.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоемкость, час.
1	2	3
1	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к аудиторным занятиям	4
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	2
2	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к аудиторным занятиям	3
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	3
3	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к аудиторным занятиям	3
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	3
4	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к аудиторным занятиям	3
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	3
	Подготовка реферата	13
5	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к аудиторным занятиям	3
	Подготовка отчёта по лабораторной работе	3
	Итого в ч./ в ЗЕ	63/1,75

5.1.1. Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 1. Частотная передаточная функция типовых объектов диагностирования.

Тема 2. Методы анализа чувствительности.

Тема 3. Синтез диагностических признаков.

Тема 4. Определение параметров вибрационного сигнала при нормальном и дефектном функционировании объекта диагностирования.

Тема 5. Основные сведения о распознавании технического состояния объекта диагностирования.

Тема 6. Виды диагностических моделей.

Тема 7. Нелинейные эффекты при вибрации объектов диагностирования.

Тема 8. Дефекты, приводящие к нелинейным математическим моделям объектов.

Тема 9. Алгоритм нелинейной вибродиагностики.

Тема 10. Содержание этапов вибрационной диагностики.

5.1.2 Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрен.

5.1.3 Реферат

Примерный перечень тем рефератов

1. Описание вибрационного состояния объекта диагностирования.
2. Анализ чувствительности диагностических параметров к изменению параметров технического состояния объекта диагностирования.
3. Сравнительный анализ диагностических моделей.
4. Контроль изменения параметров объекта диагностирования по параметрам вибросигнала.
5. Контроль изменения параметров объекта по параметрам переходного процесса.
6. Алгоритм распознавания технических состояний объекта диагностирования.
7. Свободные и вынужденные колебания типовых нелинейных объектов диагностирования.
8. Воздействие дефекта на динамические свойства объекта диагностирования.
9. Процедура нелинейной вибродиагностики.
10. Диагностические признаки нормального и дефектного функционирования объекта.

5.1.4 Расчетно-графическая работа

Не предусмотрена.

5.1.5 Индивидуальное задание

Не предусмотрено.

5.2 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

В основу образовательных технологий положен деятельностный подход к процессу обучения, в соответствии с которым делается акцент на освоении основных теоретических положений вибродиагностики энергетических машин, аппаратов и установок. При этом используются активные и интерактивные методы проведения лекционных и практических занятий. Особое внимание уделяется привитию студентам навыков самостоятельного изучения методов и средств энергетических машин, аппаратов и установок.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

- текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции;
- оценка работы студента на лекционных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольные работы (модуль 1, 2,);
- защита результатов выполнения лабораторных работ (модуль 1, 2).

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Экзамен

Экзамен по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание.

Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов рубежной аттестации.

Фонд оценочных средств, включающий типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

2) Зачёт

Не предусмотрен.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 – Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	ТК	КР	Реферат	ПЗ	ЛР	Экзамен
1	2	3	4		5	6
Знает: – основные понятия, термины и определения вибрационной диагностики энергетических машин, аппаратов и установок (ОПК-2);	+	+				+
– цели и задачи вибродиагностики(ОПК-2);	+	+				+
– виды систем вибродиагностики и этапы их разработки(ОПК-2);	+	+				+
– способы математического	+	+				+

описания вибрационного состояния объекта диагностирования (ОПК-3);						
– подходы к выбору диагностических признаков (ОПК-2);	+	+				+
– содержание задачи контроля за изменением параметров объекта по параметрам вибросигнала (ОПК-2);	+	+				+
– методы анализа чувствительности диагностических признаков к изменению параметров технического состояния объектов диагностирования (ОПК-2);	+	+	+			+
– методы получения характеристик и параметров вибрационного сигнала при нормальном и дефектном функционировании объекта диагностирования (ОПК-2);	+	+	+			+
– виды диагностических моделей (ОПК-2);	+	+				+
– общие принципы распознавания технических состояний объекта диагностирования (ОПК-2);	+	+	+			+
– нелинейные динамические эффекты в типовых объектах диагностирования (ОПК-3);	+	+				+
– алгоритм нелинейной вибродиагностики (ОПК-2).	+	+				+
Умеет: – описывать вибрационное состояние объекта диагностирования (ОПК-2);				+	+	+
– синтезировать диагностические признаки (ОПК-2);				+	+	+
– анализировать чувствительность диагностических признаков к изменению параметров технического состояния объекта диагностирования (ОПК-2);				+	+	+
– разрабатывать процедуру вибродиагностики в режиме стационарных вынужденных колебаний объекта диагностирования (ОПК-2);				+	+	+
– разрабатывать процедуру вибродиагностики в режиме переходных движений объекта				+	+	+

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

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.03.1 Теоретические основы вибродиагностики	Блок 1 (Б1) Дисциплины (модули) (цикл дисциплины)		
(индекс и полное название дисциплины)	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <input type="checkbox"/> базовая часть цикла <input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть цикла </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <input type="checkbox"/> обязательная <input checked="" type="checkbox"/> по выбору студента </td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> базовая часть цикла <input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть цикла	<input type="checkbox"/> обязательная <input checked="" type="checkbox"/> по выбору студента
<input type="checkbox"/> базовая часть цикла <input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть цикла	<input type="checkbox"/> обязательная <input checked="" type="checkbox"/> по выбору студента		

13.03.03	Энергетическое машиностроение, профили «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты», «Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели»
(код направления/ специальности)	(полное название направления подготовки / специальности)

ЭМ / АГПС, ГПУД	Уровень подготовки	<input type="checkbox"/> специалист <input checked="" type="checkbox"/> бакалавр <input type="checkbox"/> магистр	Форма обучения	<input checked="" type="checkbox"/> очная <input type="checkbox"/> заочная <input type="checkbox"/> очно-заочная
(аббревиатура направления/ специальности)				

2016	Семестр(ы)	6	Количество групп	1
(год утверждения учебного плана ООП)			Количество студентов	30

Набока Евгений Михайлович
 (фамилия, инициалы преподавателя)

профессор
 (должность)

Аэрокосмический
 (факультет)

РКТиЭС
 (кафедра)

2-39-13-43
 (контактная информация)

8.2 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, кол-во страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1	Малкин В.С. Техническая диагностика: учебное пособие. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 267 с. Малкин, В.С. Техническая диагностика [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 272 с. —	2 ЭБС

	Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/64334 . — Загл. с экрана.	
2	Зусман Г.В., Барков А.В. Вибродиагностика: учебное пособие / Под ред. В.В. Ключева. – М.: Спектр, 2011. – 214 с.	5
3	Болдин А.П. Надежность и техническая диагностика подвижного состава автомобильного транспорта. – М.: Изд-во МАДИ, 2010. – 206 с.	21
2 Дополнительная литература		
1	Махутов А.А. Техническая диагностика остаточного ресурса и безопасности: учебное пособие / Под ред. В.В. Ключева. – М.: Спектр, 2011. – 186 с.	3
2	Никитин О.Ф. Надежность, диагностика и эксплуатация гидропривода мобильных объектов. Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 312 с.	21
	2.2 Периодические издания	
	Не предусмотрены	
	2.3 Нормативно-технические издания	
	Не предусмотрены	
	2.4 Официальные издания	
	Не предусмотрены	
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов, изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014- . – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	
2	Лань [Электронный ресурс: электрон.-библ. система: полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманитар., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург: Лань, 2010- . – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – Загл. с экрана.	
3	Консультант Плюс [Электронный ресурс: справочная правовая система: документы и комментарии: универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992– . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	

Основные данные об обеспеченности на

(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на

_____ (дата контроля литературы)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования _____ Н.В. Тюрикова
научной библиотеки

8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
1	Практические занятия, лабораторные работы	Mathcad		Интегрированная программная среда для автоматизации инженерных расчетов

8.4 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.2 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-видео пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5
		+		Раздаточный тематический материал к курсу лекций и практическим занятиям

9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п/п	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Компьютерный класс	РКТиЭС	216 к.В АКФ	72	8

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п/п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Проектор	1	Оперативное управление	304 к.Д АКФ
2	Компьютеры	8	Оперативное управление	216 к.В АКФ

Лист регистрации изменений

№ п/п	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		
5		
6		