

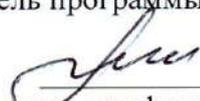


Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры

 А.Ф. Сальников
д.т.н., профессор кафедры РКТ и ЭС

« 12 » « мая » 202__ г.

**Рабочая программа дисциплины
«Техническая диагностика и надежность газотурбинных, паротурбинных
установок и двигателей»**

Научная специальность	2.5.21 Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Ракетно-космической техники и энергетических систем
Форма обучения	Очная
Курс: ,2	Семестр (ы): 4
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт: 4	

Пермь 2022 г.

1. Общие положения

Программа дисциплины «Техническая диагностика и надежность газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины

Цель дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области определения работоспособности энергетического оборудования, основанных на анализе фундаментальных и прикладных задач технической диагностики – неразрушающих методов контроля конструктивных элементов, узлов и системах газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей и других энергетических установок, направленных на определение надежности и текущего их технического состояния и остаточного ресурса их работы

Задачи учебной дисциплины

– способность проявлять инициативу в области научных исследований, в том числе в ситуациях технического и экономического риска, с осознанием меры ответственности за принимаемые решения;

– способность использовать современные достижения науки, знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности;

– формирование определенной совокупности теоретических знаний о роли и месте технической диагностики в формировании оценки работоспособности, надежности и остаточного ресурса работы газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей);

– формирование умений выбора методов технической диагностики для анализа работоспособности, надежности и остаточного ресурса работы газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей;

– формирование навыков и освоение приемов проведения технической диагностики расчета надежности и остаточного ресурса работы газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей.

1.2 Место и учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Техническая диагностика и надежность газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей» является дисциплиной по выбору.

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

В результате изучения дисциплины аспирант должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

Знать:

- основные направления в технической диагностике в рамках неразрушающих методов контроля;
- нормативы и порядок определения технических характеристик при проведении технической диагностики газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей;
- методы и приемы расчетов по определению надежности и остаточного ресурса конструктивных элементов и узлов газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей;
- нормо-техническую документацию при организации работ по технической диагностике с помощью методов неразрушающего контроля;
- приборную базу по проведению технической диагностики газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей.

Уметь:

- определять основные показатели параметрических характеристик газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей при проведении исследований их работоспособности методами неразрушающего контроля;
- самостоятельно работать с технической литературой по выбору методик оценки технического состояния и надежности газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей и формирования программ их технического обследования в рамках требований нормо-технической литературы.

Владеть:

- навыками обработки диагностической информации, полученной при проведении технической диагностики газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей;
- навыками оценки технического состояния и надежности газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей и их основных элементов по результатам технической диагностики.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, час.
1	Аудиторная работа	21
	В том числе	
	– лекции (Л)	
	– практические занятия (ПЗ)	16
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5
3	Самостоятельная работа (СР)	51
5	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Методы технической диагностики

(ПЗ – 16, СР – 34)

Тема 1. Виды неразрушающего контроля

Понятия неразрушающего контроля Классификация по видам. Физические основы методов неразрушающего контроля, достоинства и недостатки, условия применения. Соизмеримость объема используемых методов неразрушающего контроля и достоверность информации о техническом состоянии объекта, качественные и количественные показатели методов неразрушающего контроля. Развитие методов неразрушающего контроля и использование достижений физики и компьютерной техники при проведении исследований.

Визуально-измерительный метод, Волновые методы (акустический, вибрационный, ультразвуковой, тепловой, рентгеновский). Физические методы (магнитный, вихретокавый, капиллярный, газоаналитический).

Тема 2. Диагностическая модель газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей.

Развитие методов технической диагностики и использование достижений физики и компьютерной техники. Тестовое и функциональное диагностирование Математическое моделирование, информационные аспекты технической диагностики. Модели, используемые в СТД. Их классификация, свойства и краткое описание. Математические и физические модели. Масштабные модели. Электрические модели. Статические модели в СТД. Их особенности и применение статических моделей. Формирование систем статических параметров в СТД. Блок-схема газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей. Их виброакустические (в/а) и гидродинамические (г/д) свойства. Источники шумов (в/а, г/д, нейтронных и температурных), их частотные и временные параметры. Электрические модели механических систем. Усталостные характеристики механических систем.

Раздел 2. Надежность и остаточный ресурс

(ПЗ – 16, СР – 35)

Тема 3. Оценка технического состояния

Методики расчета остаточного ресурса газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей. Методы определения технического состояния по результатам методов неразрушающего контроля, формирование отчетных документов результатов технической диагностики. Права и обязанности инженерной службы предприятия при проведении технической диагностики. Мероприятия и сроки выполнения предписаний и рекомендаций по результатам технической диагностики.

Тема 4. Расчет надежности газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей

Методики расчета надежности газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей. Методы определения вероятности отказа элементной базы газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей

4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3

Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	2	3	4	5
1	1	Методы неразрушающего контроля	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Отчетная документация результатов технической диагностики	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	3	Расчет остаточного ресурса по результатам технической диагностики.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
1	2	3	4	5
4	4	Расчет параметрической надежности газотурбинного двигателя.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Разработка методики неразрушающего контроля газотурбинного двигателя,	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

		нагнетателя, паровой машины		
2	2	Формирование систем статических параметров в СТД. Блок-схема газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей. Их виброакустические (в/а) и гидродинамические (г/д) свойства. Источники шумов (в/а, г/д, нейтронных и температурных), их частотные и временные параметры	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	3	Методы определения технического состояния по результатам методов неразрушающего контроля, формирование отчетных документов результатов технической диагностики.	Творческое задание	Темы творческих заданий
4	4	Методы определения вероятности отказа элементной базы газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей	Творческое задание	Темы творческих заданий

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Техническая диагностика и надежность газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей» аспирантам 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. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

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

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
	2	3
1 Основная литература		
1	Березкин Е.Ф. Надежность и техническая диагностика систем: учебное пособие / МИФИ. – Москва, 2012. – 150 с.	кафедра

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
	2	3
2	Сальников А.Ф. Виброакустическая диагностика технических объектов. –Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011 – 246 с.	44
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Костюков В.Н., Науменко А.П.и др. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Стационарные поршневые компрессорные установки опасных производств: эксплуатационные нормы вибрации. – М.: Компрессорная и химическая техника, 2012. – 18 с.	<i>кафедра</i>
2	Неразрушающий контроль: Справочник в 8 т. / Под ред. академ. РАН Клюева В.В. М.: Машиностроение. – 2006-2008.	<i>кафедра</i>
3	Сапожников В.В. Основы технической диагностики: учебное пособие для вузов. – М.: Маршрут, 2004. – 316 с.	10
2.2 Периодические издания		
1	Заводская лаборатория Динамика, контроль, диагностика	
2	Измерительная техника	
3	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника	
2.3 Нормативно-технические издания		
1	ГОСТ 2.103–68 Единая система конструкторской документации.	<i>StandartGost.ru</i>
2	ГОСТ Р ЕН 9101-2011 Системы менеджмента качества организаций авиационной, космической и оборонных отраслей промышленности.	<i>StandartGost.ru</i>
3	ГОСТ Р 54404-2011 Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Общие технические условия	<i>StandartGost.ru</i>
4	ГОСТ 28775-90 Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Общие технические условия	<i>StandartGost.ru</i>
2.4 Официальные издания		
1	Конституция Российской Федерации	<i>КонсультантПлюс</i>
2	Трудовой кодекс Российской Федерации	<i>КонсультантПлюс</i>

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
	2	3
3	Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»	КонсультантПлюс

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманит., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

6. Инженерно-технический журнал «ANSYS Advantage – <http://www.ansysadvantage.ru>

7. . Инженерно-технический журнал «ANSYS Solutions. Русская редакция» – <http://www.ansysolutions.ru>

8. Сайт компании ANSYS. Int. – <http://www.ansys.com/>

6.2.2. Профессиональные базы данных

<http://lemix-samara.ru/liquid.html>

<http://gostrf.com/normadata/>

<http://www.gazprom.ru/fZposts/>

<https://dx.doi.org/>

7. Описание материально-технической базы

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 3

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	14	Оперативное управление	314
2	Экспериментально-исследовательский модуль	1	Собственность	179

8. Фонд оценочных средств

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Текущий контроль

Текущий контроль проводится в виде собеседования или (и) дискуссии с научным руководителем.

Промежуточная аттестация

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме устного выступления с научным докладом на семинаре. Аспирант должен представить не менее одного научного доклада и не менее двух кратких выступлений (выступление на заданную тему, рецензирование, оппонирование, изложение точки зрения).

8.2. Шкалы оценивания результатов обучения:

Оценка результатов обучения по дисциплине «Научный семинар» проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 4

Таблица 4

Шкала и критерии оценки результатов обучения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
Зачтено	Аспирант уверенно или менее уверенно выступил с устным докладом на научном семинаре. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала, показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного

Оценка	Критерии оценивания
	материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	Аспирант неуверенно выступил с устным докладом на научном семинаре или не подготовил доклад. При ответах аспирант продемонстрировал фрагментарные знания. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов и неточностей. Проявил частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированных когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки освоения дисциплины

10.1 Типовые творческие задания:

1. Структура технической диагностики крупногабаритных энергоемких агрегатов на примере нагнетателей при транспортировке природного газа
2. Влияние субъективного фактора при организации, проведении технической диагностики и оценки результатов
3. Структура технической диагностики в энергетической безопасности работы газокompрессорных станций в районах крайнего севера
4. Формирование технической диагностики в подходе оценки работы уплотнительных устройств и подшипников на магнитных опорах нагнетателя
5. Формирование научного знания в технической диагностики в условиях минимизации затрат при проведении научных исследований
6. Разработка и унификация технической диагностики в малой альтернативной энергетике в определенных климатических зонах земной поверхности
7. Техническая диагностика при решении экологические и техногенные проблемы современных энергетических систем и методы их решения.

Лист регистрации изменений

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