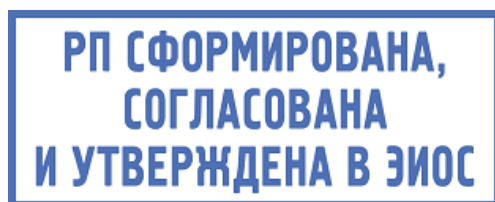


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММ

УТВЕРЖДАЮ /Н.П. Сютлов/
(Ф.И.О. декана (директора института))

13.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

М.1.2.3 Диагностика и контроль оборудования трубопроводного транспорта

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки (специальность)	23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов
Квалификация выпускника	Магистр (бакалавр/магистр/специалист)
Программа магистратуры	Диагностика и контроль трубопроводного транспорта нефти и газа

Курс	2
Семестр	3

Распределение учебного времени

Трудоемкость по учебному плану	252 / 7	часов/зачетных единиц
Лекции	32	часов
Лабораторные работы	32	часов
Практические занятия	-	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	64	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	152	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	3	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Программу составили:

доцент, канд. техн. наук	ЭМиО	СОГЛАСОВАНО	И.Н. Багаутдинов
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра эксплуатации машин и оборудования

(наименование кафедры)		
24.12.2024	протокол №	6
(дата)		

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Д.В. Костромин
		(И.О. Фамилия)

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими) кафедрой(ами).

СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Д.В. Костромин
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	Д.В. Костромин
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Еремее В.В., Главный инженер Марийского районного нефтепроводного управления АО «Транснефть – Верхняя Волга»

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 17.02.2025 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ПК-2 Организация работ по эксплуатации трубопроводов газовой отрасли	ПК-2.1 Организация эксплуатации трубопроводов газовой отрасли	знания: Знает руководство работами по неразрушающему контролю конструктивных элементов объектов и сооружений нефтегазового комплекса умения: Умеет руководить работами по неразрушающему контролю конструктивных элементов объектов и сооружений нефтегазового комплекса навыки: Владеет и руководит работами по неразрушающему контролю конструктивных элементов объектов и сооружений нефтегазового комплекса
	ПК-2.2 Организация работы по повышению эффективности эксплуатации трубопроводов газовой отрасли	знания: Знает руководство работами по испытаниям конструктивных элементов объектов и сооружений нефтегазового комплекса умения: Умеет руководить работами по испытаниям конструктивных элементов объектов и сооружений нефтегазового комплекса навыки: Владеет и руководит работами по испытаниям конструктивных элементов объектов и сооружений нефтегазового комплекса
2. ПК-1 Управление системой контроля технического состояния и технического диагностирования на объектах и сооружениях нефтегазового комплекса	ПК-1.1 Оценка технического состояния объектов и сооружений нефтегазового комплекса по данным неразрушающего контроля и (или) испытаний	знания: Знает техническое состояние объектов и сооружений нефтегазового комплекса по данным неразрушающего контроля и (или) испытаний умения: Умеет проводить оценку технического состояния объектов и сооружений нефтегазового комплекса по данным неразрушающего контроля и (или) испытаний навыки: Владеет оценкой технического состояния объектов и сооружений нефтегазового комплекса по данным неразрушающего контроля и (или) испытаний
	ПК-1.2 Разработка мероприятий по снижению эксплуатационных рисков на объектах и сооружениях нефтегазового комплекса	знания: Знает разработку мероприятий по снижению эксплуатационных рисков на объектах и сооружениях нефтегазового комплекса умения: Умеет разрабатывать мероприятия по снижению эксплуатационных рисков на объектах и сооружениях нефтегазового комплекса навыки: Владеет разработкой мероприятий по снижению эксплуатационных рисков на объектах и сооружениях нефтегазового комплекса

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Эксплуатация и ремонт газонефтепроводов и газонефтехранилищ (ПК-1), Эксплуатация и ремонт газонефтепроводов и газонефтехранилищ (ПК-2); практик: Производственная практика. Технологическая (производственно-технологическая) практика (ПК-1), Учебная практика. Ознакомительная практика (ПК-2), Производственная практика. Технологическая (производственно-технологическая) практика (ПК-2), Производственная практика. Технологическая (производственно-технологическая) практика (рассредоточенная) (ПК-2); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-2), Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-1)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих практиках: Преддипломная практика (ПК-1), Преддипломная практика (ПК-2); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-1), Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-2)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические и лабораторные занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: информационные, классическая лекция, лекция-провокация, проблемная лекция

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Диагностика и контроль оборудования трубопроводного транспорта	216	ПК-1, ПК-2
Лекция. Лекция 1. Введение в техническую диагностику нефтегазового оборудования Понятие, цели и задачи технической диагностики. Нормативно-правовая база (ФЗ №116, ГОСТ, РД). Мировой опыт: роль диагностики в обеспечении безопасности и экономической эффективности (примеры Shell, BP, Schlumberger). Классификация видов технического состояния оборудования.	4	
Лекция. Лекция 2. Основы неразрушающего контроля (НК) Классификация методов НК по ГОСТ 18353-79.	4	

Физические основы методов: акустический, магнитный, вихретоковый, радиационный, оптический.		
Мировые тенденции: внедрение цифровых и гибридных методов (например, сочетание УЗК и термографии).		
Лекция. Лекция 3. Вибродиагностика и мониторинг оборудования Основы вибрационной диагностики. Методы анализа вибросигналов (OL, AS, ES, SPM). Современные системы мониторинга (примеры: Baker Hughes, GE Bently Nevada). Прогнозирование остаточного ресурса на основе вибродиагностики.	4	
Лекция. Лекция 4. Оптические и визуальные методы контроля Визуально-измерительный контроль (ВИК). Оптические методы: эндоскопия, голография, термография. Применение в мировой практике: видеоэндоскопы, лазерные сканеры, дроны для обследования.	4	
Лекция. Лекция 5. Капиллярный контроль и течеискание Физические основы капиллярного контроля. Методы течеискания: масс-спектрометрический, галогенный, акустический. Опыт сервисных компаний: применение гелия и фреона в контроле герметичности.	4	
Лекция. Лекция 6. Акустико-эмиссионный контроль и ультразвуковые методы Основы акустико-эмиссионного контроля (АЭ). Ультразвуковая дефектоскопия (УЗК) и толщинометрия. Мировые практики: системы постоянного мониторинга АЭ на магистральных трубопроводах.	4	
Лекция. Лекция 7. Перспективные направления в диагностике Цифровизация и IoT в диагностике (сенсоры, облачные платформы). Искусственный интеллект и машинное обучение для анализа данных. Роботизированные системы диагностики (например, диагностические роботы-снаряды для трубопроводов). Опыт компаний: ROSEN, TD Williamson, Intertek.	4	
Лекция. Лекция 8. Организация и экономика диагностических работ	4	

Разработка типовых программ диагностики.		
Метрологическое обеспечение и аттестация персонала.		
Экономическая эффективность диагностики: снижение затрат на ремонт и эксплуатацию.		
Кейсы: диагностика на объектах «Газпрома», «Транснефти», зарубежный опыт.		
Лабораторная работа. Лаб. работа 1. Визуальный и измерительный контроль сварных соединений Теория: требования ГОСТ и РД. Практика: использование шаблонов УШС-3, измерение дефектов.	4	
Лабораторная работа. Лаб. работа 2. Вибродиагностика роторного оборудования Теория: основы анализа вибросигналов. Практика: работа с виброанализатором, снятие спектров, оценка состояния.	4	
Лабораторная работа. Лаб. работа 3. Ультразвуковая дефектоскопия Теория: физические основы УЗК. Практика: обнаружение искусственных дефектов в образцах.	4	
Лабораторная работа. Лаб. работа 4. Капиллярный контроль поверхностных дефектов Теория: физика капиллярного эффекта. Практика: применение пенетрантов и проявителей.	4	
Лабораторная работа. Лаб. работа 5. Течеискание галогенным методом Теория: принципы работы галогенного течеискателя. Практика: поиск утечек в модельном стенде.	4	
Лабораторная работа. Лаб. работа 6. Тепловизионный контроль Теория: основы инфракрасной термографии. Практика: съемка термических аномалий оборудования.	4	
Лабораторная работа. Лаб. работа 7. Акустико-эмиссионный контроль Теория: принципы АЭ. Практика: локация источников эмиссии в образцах под нагрузкой.	4	
Лабораторная работа. Лаб. работа 8. Работа с диагностическим программным обеспечением Теория: обзор ПО для анализа данных (ANSYS, специализированные программы). Практика: моделирование дефектов и оценка остаточного	4	

печурца.		
----------	--	--

Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение

1. Анализ нормативной базы в области диагностики нефтегазового оборудования.
2. Современные методы неразрушающего контроля: сравнительный анализ.
3. Мировой опыт внедрения систем мониторинга вибрации.
4. Цифровые двойники в диагностике оборудования.
5. Применение искусственного интеллекта для прогноза отказов.
6. Роботизированные системы диагностики трубопроводов.
7. Опыт компании ROSEN в диагностике магистральных трубопроводов.
8. Методы контроля сварных соединений в полевых условиях.
9. Термография как метод контроля теплообменного оборудования.
10. Вихретоковый контроль: возможности и ограничения.
11. Акустико-эмиссионный контроль при испытаниях под нагрузкой.
12. Геофизические методы контроля подземных трубопроводов.
13. Диагностика компрессорных станций: мировой опыт.
14. Методы контроля коррозии в нефтегазовом оборудовании.
15. Системы постоянного мониторинга на базе IoT.
16. Диагностика резервуаров для хранения нефтепродуктов.
17. Контроль герметичности фланцевых соединений.
18. Ультразвуковая толщинометрия в агрессивных средах.
19. Методы контроля полимерных трубопроводов.
20. Диагностика подводных трубопроводов.
21. Опыт Schlumberger в области диагностики скважинного оборудования.
22. Применение дронов для визуального контроля.
23. Магнитопорошковый контроль: технология и применение.
24. Радиографический контроль: безопасность и эффективность.
25. Контроль качества изоляционных покрытий.
26. Методы оценки остаточного ресурса оборудования.
27. Диагностика насосных агрегатов: виброакустические методы.
28. Системы диагностики газотурбинных установок.
29. Контроль оборудования в условиях Крайнего Севера.
30. Опыт Baker Hughes в прогнозной аналитике.
31. Диагностика запорной арматуры.
32. Методы контроля эрозионного износа.
33. Применение лазерных технологий в диагностике.
34. Диагностика теплообменников: методы и практика.
35. Контроль фундаментов и опор оборудования.
36. Системы диагностики электродвигателей.
37. Опыт Siemens в пифровизации диагностики

44. Опыт компании Intertek в независимой экспертизе.		
45. Диагностика оборудования для транспортировки сероводорода.		
46. Контроль качества монтажа трубопроводов.		
47. Методы оценки рисков на основе данных диагностики.		
48. Диагностика оборудования для переработки газа.		
49. Применение блокчейна для учета данных диагностики.		
50. Будущее диагностики: нанотехнологии и умные	152	
Иная контактная работа: консультации	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

Занятия лекционного типа дают систематизированные знания по дисциплине, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации.

Подготовка к **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом **лабораторного** занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам. Изучение дисциплины включает выполнение **эссе и т.д.**

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является **экзамен**.

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющихся в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Щипачев, А. М. Технологическое обеспечение надежности нефтегазового оборудования [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Щипачев А. М., Самигуллин Г. Х. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 68 с. ISBN 978-5-8114-6643-6.	https://e.lanbook.com/book/151197
2.	Тимирязев, Владимир Анатольевич. Технология изготовления изделий нефтегазового машиностроения [Текст] : учебное пособие по направлениям подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов и производств (нефтегазовая отрасль)" / В. А. Тимирязев, А. Г. Схиртладзе, Г. А. Мелетьев ; под общей редакцией В. А. Тимирязева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Московский государственный технологический университет "СТАНКИН", ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. - 384, [1] с. ISBN 978-5-8158-2278-8. Экземпляры: всего 5.	5 / https://portal.volgatech.net/books/Timiryazev_Tekhnologiya_izgotovleniya_izdeliy_neftegazovogo_mashinostroyeniya_2022.pdf
3.	Карпов, К. А. Строительство нефтяных и газовых скважин [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Карпов К. А. 5-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 188 с. ISBN 978-5-507-45853-0.	https://e.lanbook.com/book/288932
4.	Радченко, П. М. Технические средства наливных судов и их эксплуатация [Электронный ресурс] / Радченко П. М. 2-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 484 с. ISBN 978-5-8114-3156-4.	https://e.lanbook.com/book/213197
5.	Лягова, А. А. Нефтегазовое оборудование головных сооружений и насосных станций [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Лягова А. А., Белоусов А. Е., Попов Г. Г.; Белоусов А. Е., Попов Г. Г. Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 112 с. ISBN 978-5-507-45025-1.	https://e.lanbook.com/book/276566
6.	Карпов, К. А. Строительство нефтяных и газовых скважин [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Карпов К. А. 5-е изд., стер. Санкт-Петербург:	https://e.lanbook.com/book/288932

	2023. - 188 с. ISBN 978-5-507-45853-0.	
7.	Петров, Сергей Владимирович. Проектирование и эксплуатация объектов хранения нефти и нефтепродуктов [Текст] : учебное пособие для направления подготовки 21.03.01 "Нефтегазовое дело" / С. В. Петров; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2024. - 73, [1] с. ISBN 978-5-8158-2400-3. Экземпляры:	2 / https://portal.volgatech.net/books/Petrov_Projektirovaniye_i_ekspluatatsiya_obyektov_khraneniya_nefti_i_nefteproduktov_2025.pdf
8.	Гучкин, Игорь Сергеевич. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций [Текст] : Учеб. пособие для вузов по спец. "Пром. и гражд. стр-во" / Гучкин Игорь Сергеевич. М.: АСВ, 2000. - 171 с. ISBN 5-93093-039-2. Экземпляры: всего 3.	3
9.	Никитин, Олег Филиппович. Надежность, диагностика и эксплуатация гидропривода мобильных объектов [Текст] : курс лекций с решением примеров : учеб. пособие для студентов вузов по направлению 150800 "Гидравл., вакуумная и компрессорная техника" специальности 150802 "Гидравл. машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика" / О. Ф. Никитин. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. - 311 с. ISBN 5-7038-2965-3. Экземпляры: всего 4.	4
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru
2.	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	http://cyberleninka.ru
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ		
1.	Справочно-правовая система Консультант+	http://www.consultant.ru
2.	Информационно-правовой портал Гарант	http://www.garant.ru
3.	Профессиональные справочные системы Техэксперт	http://www.cntd.ru

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	3а (II)	Баллон кислородный (1), Вибратор ИР 121 (1), Газоанализатор ГИАМ-29 (1), Генератор ИР 121 (1), Доска классная 1000*1500 (1), Монитор LCD Samsung 22" SM 225MW (1), Нагрузочная вилка НВ-03 (1), Однофазное переносное профессиональное зарядное устройство TEST 48/2 PROF (1), Прибор проверки свечей (1), Прибор регулировки форсунок без трубки (1), Сварочный полуавтомат	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio

	Торнадо-160 (1), Систем.блок Р-Athlon64 X2 6000/1024*2Мб/320 Gb/клавиатура+мышь+коврик (1), Станок сверлильный Корвет-41 (1), СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ (1), СТЕНД КИ-4200 (1), СТЕНД ЭЛЕКТРО СТЭУ28 (1), Стенд для сборки разборки КПП (1), Стенд для сборки разборки сцепления (1), Стенд М106/Ки15706 (1), Стробоскоп мотортестер FOCUS F-10 (1), ЭЛ.ТОРМОЗНОЙ СТЕНД КИ-1363-Б (1), Электродвигатель АИР 10094 (1), Комплект учебной мебели (1)	Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
--	--	---

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения	отлично

7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

1. Что такое гибридные методы диагностики?

Гибридные методы диагностики - это комплексный подход, при котором для оценки технического состояния одного и того же объекта одновременно или последовательно применяются несколько различных физических принципов и технологий неразрушающего контроля (НК). Цель такого подхода - преодоление ограничений и недостатков отдельных методов, повышение достоверности, полноты и точности диагноза.

Сущность и логика:

Ни один из методов НК не является универсальным. Например:

- Ультразвуковой контроль (УЗК) эффективен для выявления внутренних дефектов (расслоений, включений) и измерения толщины стенки, но может быть малоэффективен для сложнопрофильных поверхностей или при наличии покрытий.
- Вихретоковый контроль (ВТК) прекрасно выявляет поверхностные и подповерхностные трещины, особенно в условиях теплоизоляции, но требует хорошей электропроводности материала и чувствителен к зазору между датчиком и объектом.
- Магнитопорошковый контроль (МПК) высокочувствителен к поверхностным дефектам в ферромагнитных материалах, но бесполезен для аустенитных сталей или алюминиевых сплавов.

Гибридный метод комбинирует их сильные стороны. Например, для диагностики ответственного сварного шва трубопровода можно применить:

1. Визуальный и измерительный контроль (ВИК) - для выявления внешних деформаций, коррозии.
2. Ультразвуковую томографию (фазированную решетку - PAUT) - для построения объемной картины внутренних дефектов (пор, шлаковых включений, непроваров).
3. Магнитопорошковый контроль - для обнаружения тонких поверхностных трещин, которые могли быть пропущены УЗК.

Современные тенденции и мировой опыт:

Ведущие сервисные компании (ROSEN, Baker Hughes, TD Williamson, Oceaneering) активно развивают и внедряют гибридные технологии, часто на основе роботизированных носителей:

- Интеллектуальные диагностические снаряды (ИПД) для трубопроводов: Современные снаряды могут нести на одном корпусе несколько модулей: ультразвуковые датчики для измерения толщины и выявления коррозии, датчики магнитного потока (МПД) для обнаружения металлических потерь, аксиально-горизонтальные МПД-датчики для выявления продольных дефектов, датчики для картирования геометрии и даже системы лазерного профилирования. Это позволяет за один проход получить комплексную картину состояния трубы: коррозию, трещины, вмятины, овальность.
- Комбинация АЭ и других методов: Акустико-эмиссионный контроль (АЭ) отлично локализует активные, развивающиеся дефекты в реальном времени (например, при гидроиспытаниях резервуара). Для детального исследования выявленной АЭ-системой "горячей точки" затем применяют локальные методы: УЗК для определения размеров дефекта или вихретоковый контроль для оценки раскрытия трещины.
- Данные + ИИ: Самый перспективный уровень гибридизации - это интеграция данных от множества разнородных датчиков (вибрация, температура, давление, ультразвук) в единую цифровую платформу с применением алгоритмов машинного обучения. Такие системы (например, цифровые двойники от Siemens или GE) учатся распознавать сложные взаимосвязи между параметрами и предсказывать отказы с высокой точностью, что невозможно при использовании любого метода в отдельности.

Таким образом, гибридные методы - это не просто суммирование технологий, а синергетический подход, направленный на получение принципиально более полной и надежной диагностической информации.

2. Как организована аттестация специалистов НК?

Аттестация специалистов неразрушающего контроля - это строго регламентированный процесс подтверждения их квалификации, знаний и практических навыков для допуска к самостоятельному выполнению работ. В России этот процесс регулируется, в первую очередь, Правилами аттестации персонала в области неразрушающего контроля (ПБ 03-440-02).

Основные принципы организации:

1. Трехуровневая система (I, II, III): Это мировой стандарт (в соответствии с рекомендациями ISO 9712), принятый и в РФ.

- Уровень I: Специалист, выполняющий конкретные операции по заранее утвержденной инструкции (технологической карте) под руководством специалиста более высокого уровня. Он не имеет права самостоятельно выбирать метод, настраивать оборудование и оценивать результаты. Его задача - качественно провести измерения.

- Уровень II: Ключевой специалист. Он имеет право: разрабатывать и согласовывать технологические инструкции и карты контроля; выбирать метод и средства контроля; самостоятельно проводить контроль; оценивать результаты и выдавать заключения; контролировать работу специалистов I уровня.

- Уровень III: Высший уровень. Специалист обладает максимальной ответственностью и полномочиями. Он может: руководить всем персоналом НК в рамках своего метода; утверждать технологическую документацию; разрабатывать методики и регламенты; проводить инспекционный контроль работ, выполненных персоналом I и II уровней; представлять организацию в надзорных органах.

2. Аттестация по видам (методам) НК: Специалист аттестуется не "вообще по НК", а по конкретному методу. Согласно ПБ 03-440-02, выделяют, например: ультразвуковой контроль (УК), акустико-эмиссионный (АЭ), радиационный (РК), магнитный (МК), вихретоковый (ВК), капиллярный (ПВК), течеискание (ПВТ), визуальный и измерительный (ВИК) и другие.

3. Процедура аттестации: Проводится в специализированных аттестационных центрах, аккредитованных Ростехнадзором. Включает три этапа:

- Проверка документов (образование, стаж, медицинская справка).
- Специальная подготовка (теоретическое обучение).
- Экзамен, который состоит из:
 - Общая часть (знание нормативной базы, основ материаловедения, технологии изготовления и т.д.).
 - Специальная часть (углубленные знания по конкретному методу НК).
 - Практическая часть (выполнение контрольных операций на образцах с искусственными или естественными дефектами).

4. Периодичность и переаттестация: Удостоверение специалиста имеет ограниченный срок действия. Специалисты I и II уровней обязаны проходить переаттестацию каждые 3 года, а специалисты III уровня - каждые 5 лет. Это обеспечивает актуальность знаний в условиях быстро развивающихся технологий.

5. Запись в удостоверении: В удостоверении специалиста помимо уровня и метода НК обязательно указывается вид оборудования (объектов), к контролю которого он допущен (например, "сварные соединения трубопроводов", "технологическое оборудование", "металлоконструкции"). Это важное ограничение, повышающее безопасность.

Мировой контекст: Крупные международные компании (DNV, Intertek, Bureau Veritas) имеют свои, часто еще более строгие, системы сертификации, гармонизированные с международными стандартами. Для работы на международных проектах российским специалистам часто требуется дополнительная сертификация по стандартам ASNT (Американское общество по неразрушающему контролю) или аналогичным европейским.

3. В чём сущность вибрационной диагностики? Какие параметры вибрации измеряют?

Сущность вибрационной диагностики заключается в оценке технического состояния машин и механизмов путем измерения, регистрации и анализа

параметров их механических колебаний (вибрации). Вибрация является интегральным откликом динамической системы (оборудования) на все действующие в ней силы. Любое изменение состояния системы - дисбаланс, износ подшипника, ослабление крепления, появление трещины - неизбежно меняет её вибрационные характеристики (уровень, спектр, фазу).

Ключевая идея: Каждому дефекту соответствует свой "вибрационный портрет" - характерное изменение вибрационного сигнала на определенных частотах. Таким образом, анализируя вибрацию, можно не только констатировать ухудшение состояния, но и идентифицировать тип дефекта и оценить степень его развития.

Измеряемые параметры вибрации:

Вибродиагностика оперирует тремя основными кинематическими параметрами, которые связаны между собой через производные по времени. Выбор конкретного параметра зависит от частотного диапазона и типа диагностируемого дефекта.

1. Виброперемещение (S) - измеряется в микрометрах (мкм) или миллиметрах (мм). Это абсолютное отклонение точки измерения от положения равновесия. Параметр наиболее информативен на низких частотах (обычно до 10-100 Гц), где преобладают большие амплитуды перемещений. Он критически важен для оценки:

- Биений и биений валов.
- Несоосности соединений валов.
- Динамических прогибов роторов.
- Деформаций конструкций (фундаментов, опор).

2. Виброскорость (v) - измеряется в миллиметрах в секунду (мм/с), чаще всего используется её среднеквадратическое значение (СКЗ). Это наиболее универсальный и широко применяемый параметр. Виброскорость прямо пропорциональна кинетической энергии колебаний ($E = mv^2/2$), а значит, хорошо характеризует общую вибронагруженность и разрушающий потенциал вибрации. Она наиболее информативна в среднечастотном диапазоне (примерно 10-1000 Гц), где находится большинство проблем роторных машин (оборотная частота, гармоники). Именно СКЗ виброскорости является

основным критерием в международном стандарте ISO 10816 для оценки общего состояния машин по вибрации.

3. Виброускорение (a) - измеряется в метрах на секунду в квадрате (м/с^2) или в единицах ускорения свободного падения g ($1\text{ g} \approx 9.81\text{ м/с}^2$). Этот параметр, согласно второму закону Ньютона ($F = ma$), прямо пропорционален силе, вызывающей вибрацию. Он наиболее чувствителен на высоких частотах (выше 1000 Гц), где амплитуды перемещений и скорости малы, но силы ударов могут быть значительными. Виброускорение - ключевой параметр для диагностики:

- Дефектов подшипников качения (ударные импульсы).
- Зубчатых зацеплений (зубцовая частота).
- Кавитации в насосах.
- Механических соударений и люфтов.

Практика применения:

Современные виброанализаторы позволяют легко пересчитывать один параметр в другой. В мировом нефтесервисе (компании типа GE Bently Nevada, SKF, Emerson) вибродиагностика является краеугольным камнем систем предиктивного (прогнозного) обслуживания. На ответственное оборудование (центробежные насосы, газотурбинные приводы, компрессоры) устанавливаются системы постоянного мониторинга вибрации, которые в реальном времени отслеживают тренды и спектры, позволяя планировать ремонт по фактическому состоянию и предотвращать катастрофические отказы.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Дайте определение технической диагностики. Каковы её цели и задачи?
2. Перечислите основные нормативные документы в области диагностики нефтегазового оборудования.
3. Назовите виды технического состояния оборудования по ГОСТ 20911-89.
4. Опишите классификацию методов неразрушающего контроля по ГОСТ 18353-79.
5. В чём сущность вибрационной диагностики? Какие параметры вибрации измеряют?
6. Какие методы используются для анализа вибросигналов?

7. Опишите физические основы капиллярного контроля.
8. Какие существуют методы течеискания? Приведите примеры.
9. Как работает масс-спектрометрический течеискатель?
10. В чём преимущества галогенного метода течеискания?
11. Опишите принцип действия акустико-эмиссионного контроля.
12. Каковы основные области применения ультразвуковой дефектоскопии?
13. Как проводится визуально-измерительный контроль сварных швов?
14. Что такое термография и где она применяется в диагностике?
15. Какие современные тенденции существуют в области диагностики?
16. Как искусственный интеллект применяется в анализе диагностических данных?
17. Опишите опыт ведущих сервисных компаний (ROSEN, Schlumberger) в диагностике.
18. Каковы основные этапы разработки типовой программы диагностики?
19. Как оценивается остаточный ресурс оборудования?
20. Что такое системы мониторинга и как они работают?
21. Как проводится диагностика подшипников качения?
22. Какие методы используются для контроля коррозии?
23. Опишите методы контроля герметичности резервуаров.
24. Как проводится диагностика трубопроводов с помощью интеллектуальных приборов?
25. Каковы основные требования к персоналу в области НК?
26. Как организована аттестация специалистов НК?
27. Что такое коэффициент технического использования оборудования?
28. Как рассчитывается вероятность безотказной работы?
29. Опишите методы контроля качества изоляционных покрытий.
30. Какие существуют методы контроля эрозионного износа?
31. Как диагностируется состояние фундаментов оборудования?
32. Каковы особенности диагностики оборудования в арктических условиях?
33. Как применяются дроны в визуальном контроле?

34. Что такое цифровой двойник оборудования?
35. Как блокчейн может использоваться в диагностике?
36. Опишите методы контроля полимерных трубопроводов.
37. Каковы особенности диагностики подводных трубопроводов?
38. Как проводится контроль запорной арматуры?
39. Что такое предиктивная аналитика в диагностике?
40. Как оценивается экономическая эффективность диагностики?
41. Какие существуют методы контроля качества труб на производстве?
42. Как диагностируется оборудование для сжиженного газа?
43. Опишите методы контроля состояния грунтов вокруг трубопроводов.
44. Каковы особенности диагностики теплообменников?
45. Как проводится контроль качества ремонтных работ?
46. Что такое гибридные методы диагностики?
47. Как нейросети применяются для анализа вибросигналов?
48. Опишите опыт компании Baker Hughes в диагностике.
49. Каковы перспективы нанотехнологий в диагностике?
50. Как организована система метрологического обеспечения в диагностике?