

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Д.С. Гуц / Д.С. Гуц /
«10» марта 2023 г.

ПРОГРАММА
кандидатского экзамена по научной специальности
2.5.9 Методы и приборы контроля и диагностики материалов,
изделий, веществ и природной среды

Красноярск 2023

ПРОГРАММА-МИНИМУМ
кандидатского экзамена по научной специальности
**2.5.9 - Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий,
веществ и природной среды**
по техническим наукам

Введение

В основу настоящей программы положена Оценка глубины и широты теоретических знаний и практических компетенций соискателя в области методов, приборов и технологий контроля, диагностики и мониторинга.

Раздел 1. Фундаментальные основы и методы неразрушающего контроля (НК) и диагностики (охватывает направления исследований 1, 4, 6)

Физические основы методов неразрушающего контроля.

Теория и практика ультразвукового контроля (УЗК): распространение упругих волн, импеданс, А-сканирование, В-сканирование.

Вихретоковый контроль: теория электромагнитной индукции, скин-эффект, импедансные диаграммы.

Магнитопорошковый и магнитный методы контроля: теория намагничивания, поля рассеяния.

Капиллярный (пенетрантный) контроль: физика смачивания и капиллярного проникновения.

Радиографический (рентгеновский и гамма-) контроль: взаимодействие ионизирующего излучения с веществом, закон ослабления.

Визуально-измерительный контроль и его метрологическое обеспечение.

Тепловые методы контроля: инфракрасная термография, активные тепловые методы.

Акустико-эмиссионный метод: теория генерации акустической эмиссии, источники АЭ.

Вибродиагностика: основы теории колебаний, собственные частоты, формы колебаний.

Методы контроля механических свойств и структуры (микроволновый, оптический, трибометрический).

Прямые задачи контроля: расчет отклика объекта на контролирующее воздействие.

Обратные задачи диагностики: восстановление параметров дефекта или состояния по измеренным сигналам.

Статистические модели и теория вероятностей в оценке достоверности контроля.

Критерии выбора метода контроля для конкретной задачи.

Нормативная база в области неразрушающего контроля (стандарты, регламенты).

Современные тенденции в развитии методов НК.

Диагностика природной среды: методы и особенности.

Комплексное применение нескольких методов контроля для повышения достоверности.

Основы волновой и лучевой оптики для оптических методов контроля.

Раздел 2. Приборы, аппаратные средства и метрологическое обеспечение (охватывает направления исследований 4, 5)

Принципы построения измерительных приборов и систем диагностики.

Датчики и преобразователи: пьезоэлектрические, индуктивные, емкостные, тензометрические, термоэлектрические.

Аппаратные средства для генерации и приема контролируемых сигналов (ВЧ-генераторы, усилители, АЦП, ЦАП).

Акустические и вибрационные измерительные системы (акселерометры, лазерные виброметры).

Системы сбора, обработки и регистрации данных (DAQ-системы).

Основы метрологии: единство измерений, погрешности, неопределенности.

Метрологическая аттестация и поверка средств контроля и диагностики.

Калибровка измерительных каналов и эталонирование.

Стандартные образцы для настройки и контроля аппаратуры.

Оптимизация метрологических характеристик приборов (чувствительность, разрешающая способность, динамический диапазон).

Аппаратные средства для реализации методов компьютерной томографии.

Встраиваемые системы и системы онлайн-мониторинга.

Интерфейсы связи приборов (Ethernet, USB, RS-485, Wi-Fi).

Помехозащищенность измерительных трактов и фильтрация сигналов.

Микропроцессорная техника в приборах контроля.

Автоматизированные и роботизированные сканирующие системы.

Принципы работы и устройство дефектоскопов различных типов.

Надежность и диагностируемость самих средств контроля.

Требования к аппаратуре для контроля в особых условиях (взрывоопасная среда, высокие температуры, радиация).

Современная элементная база приборов контроля (МЭМС, оптоэлектроника).

Раздел 3. Системы диагностики, прогнозирования и управление качеством (охватывает направления исследований 2, 3)

Системный подход к построению комплексов технической диагностики.

Методология прогнозирования остаточного ресурса и

работоспособности.

Модели деградации и старения материалов и конструкций.

Теория надежности технических систем и ее связь с диагностикой.

Алгоритмы решения обратных задач диагностики (регуляризация, итерационные методы).

Методы статистического анализа и распознавания образов в диагностике.

Построение диагностических моделей и признаков (дескрипторов) состояния.

Системы мониторинга технического состояния в реальном времени.

Интеграция систем диагностики в системы управления жизненным циклом изделия (PLM).

Принципы управления качеством продукции на основе данных диагностики.

Стандартизация процедур контроля и диагностики.

Технико-экономическое обоснование внедрения систем диагностики.

Диагностика как основа для принятия решений по ремонту и обслуживанию (RCM - Reliability-Centered Maintenance).

Критерии предельного состояния и отказов.

Методы оценки рисков на основе диагностической информации.

Взаимосвязь технологических процессов (сварка, обработка) с контролируемыми параметрами.

Организация производственного контроля на машиностроительном предприятии.

Диагностика робототехнических систем и мехатронных модулей (связь с 2.5.4).

Специфика диагностики в судостроении и судоремонте (связь с 2.5.19).

Информационные системы для сбора и анализа диагностических данных.

Раздел 4. Цифровые технологии и интеллектуальные системы в контроле и диагностике (охватывает направление исследований б)

Цифровая обработка сигналов (фильтрация, спектральный анализ, вейвлет-анализ).

Методы выделения полезного сигнала на фоне шумов.

Основы машинного обучения (Machine Learning) для задач классификации и регрессии.

Применение искусственных нейронных сетей (НС) для распознавания дефектов.

Глубокое обучение (Deep Learning) и сверточные нейронные сети (CNN) для анализа изображений (радиография, термография).

Алгоритмы кластеризации для выявления скрытых закономерностей в диагностических данных.

Методы снижения размерности данных (PCA, t-SNE).

Системы компьютерного зрения для автоматического визуального контроля.

Цифровые двойники (Digital Twins) для прогнозирования и диагностики.

Обработка больших данных (Big Data) в системах мониторинга.

Интеллектуальный анализ данных (Data Mining) в диагностике.

Автоматизация процессов дефектоскопии и анализа данных.

Программное обеспечение для моделирования процессов контроля (например, методом конечных элементов - МКЭ).

Алгоритмы оптимизации для решения обратных задач и настройки систем.

Применение технологий Интернета вещей (IoT) для распределенного контроля.

Нейро-нечеткие системы в диагностике.

Генетические алгоритмы для калибровки и настройки диагностических систем.

Методы объяснимого ИИ (XAI) для интерпретации решений моделей.

Форматы данных и стандарты обмена в цифровых системах контроля.

Кибербезопасность систем диагностики и мониторинга.

Основная литература

1. Вopilкин Е.П., Батов А.В., Герасимов В.Г. Дефектоскопия и дефектоскопы. — М.: Машиностроение, 2006. — 512 с.

2. Гурвич А.К., Морозов В.В., Румянцев С.В. Неразрушающий контроль сварных соединений. В 2-х кн. — М.: Высшая школа, 2006.

3. Шрайбер Д.С. (ред.) Физические основы получения информации. — М.: Высшая школа, 1981.

4. Раннев Г.Г., Тарасов А.А. Методы и приборы неразрушающего контроля материалов и изделий. — М.: Академия, 2016. — 384 с.

5. Фрумкин А.А. Виброакустическая диагностика машин и оборудования. — М.: Машиностроение, 2010. — 270 с.

6. Островский В.И., Островский И.В. Тепловой контроль и диагностика. — СПб: НИУ ИТМО, 2013. — 118 с.

7. Марусина, М. Я. Метрологическое обеспечение измерений, испытаний и контроля : учебное пособие / М. Я. Марусина. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2020. — 80 с.

8. Солонина А.И., Улахович Д.А., Арбузов С.М. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2016. — 784 с.

9. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель. — М.: ДМК Пресс, 2019.

10. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания. — М.: Высшая школа, 1989.

Дополнительная литература

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. — М.: Юрайт, 2016. — 528 с.
2. Петров О. Н. Методы неразрушающего контроля : учебное пособие / О. Н. Петров, А. Н. Сокольников, В. И. Верещагин, Д. В. Агровиченко ; Сиб. федер. ун-т, Ин-т нефти и газа. - Красноярск : СФУ, 2021 (2021-03-23). - 132 с.
3. Кравченко, И. Н. Оценка надежности машин и оборудования: теория и практика: Учеб. / И.Н. Кравченко, Е.А. Пучин и др.; Под ред. проф. И.Н. Кравченко. - Москва : Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 336 с.
4. Обратные задачи физической диагностики. Модельные задачи в SciLab & Maxima : учебное пособие / И. Н. Огородников ; М-во науки и высшего образования РФ. — 2-е изд., испр. и доп. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. — 152 с.
5. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. — Springer, 2006. (Перевод: Бишоп К. Распознавание образов и машинное обучение. — М.: ДМК Пресс, 2021.)
6. Серенсен С. В., Когаев В. П., Шнейдерович Р. М. Несуная способность и расчет деталей машин на прочность. Руководство и справочное пособие. Изд. 3-е, перераб. и доп. Под ред. С. В. Серенсена. М., «Машиностроение», 1975.

Журналы

Журналы: Обязательно ознакомление с публикациями в ведущих рецензируемых журналах, таких как:

1. Дефектоскопия
2. Контроль. Диагностика
3. NDT & E International (Elsevier)
4. Ultrasonics (Elsevier)
5. Journal of Nondestructive Evaluation (Springer).

Разработчики:

д-р, профессор, заведующий кафедрой
топливообеспечения
и горюче-смазочных материалов

д-р, доцент, профессор кафедры
топливообеспечения
и горюче-смазочных материалов

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры
топливообеспечения
и горюче-смазочных материалов



Безбородов Ю.Н.



Агафонов Е.Д.



Шрам В.Г.