

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа знакомит с методами оптической дефектоскопии, включая визуальный осмотр с применением эндоскопов, микроскопов и лазерных систем. Делается акцент на современные цифровые технологии.

2. ЦЕЛЬ

Освоить оптические методы для выявления поверхностных дефектов и контроля геометрии в труднодоступных местах.

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН (35 часов: 21 + 14)

№	Тема	Часы
1	Основы НК и оптические свойства материалов	4
2	Геометрическая и физическая оптика	5
3	Приборы оптического контроля	5
4	Технология оптического контроля	6
5	Нормативная база и документирование	3
6	Работа с эндоскопами и микроскопами	6
7	Контроль образцов	4
8	Предэкзаменационная подготовка	2
Всего		35

4. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ

Тема 1. Основы НК и оптические свойства материалов (4 ч)

1.1. Место оптического контроля в системе НК

Определение оптического контроля как метода, основанного на взаимодействии оптического излучения с объектом и регистрации отражённого, прошедшего или рассеянного света. Отличие от визуального и измерительного контроля (ВИК): ОК подразумевает использование более сложных оптических приборов — эндоскопов, микроскопов, лазерных систем, интерферометров, спекл-систем, тогда как ВИК ограничивается зрением и простыми оптическими средствами (лупы). Основные области: контроль труднодоступных полостей (двигатели, турбины, трубопроводы), контроль микроструктуры поверхности, контроль геометрии и шероховатости бесконтактными методами, обнаружение поверхностных дефектов с помощью лазерного сканирования.

1.2. Оптические свойства материалов

Спектральные характеристики: коэффициент отражения $\rho(\lambda)$, коэффициент поглощения $\alpha(\lambda)$, коэффициент пропускания $\tau(\lambda)$ в диапазоне длин волн от ультрафиолетового (200 нм) до инфракрасного (15 мкм). Диффузное и зеркальное отражение. Цвет, блеск, текстура поверхности и их влияние на формирование изображения. Явление поляризации при отражении от диэлектриков и металлов. Влияние окисных плёнок, покрытий, загрязнений на оптические свойства.

1.3. Типовые дефекты, выявляемые оптическим контролем

Поверхностные трещины (усталостные, шлифовочные, термические), коррозионные язвы, эрозионные повреждения, забоины, риски, непровары, поры, выходящие на поверхность, подрезы. Дефекты покрытия (отслоения, пузыри, царапины). Контроль состояния внутренних полостей: забоины, трещины, инородные предметы.

1.4. Система аттестации персонала

Требования СДАНК-02-2020 к специалистам I, II уровней по ОК. Ответственность персонала II уровня за выбор метода и средств контроля, разработку инструкций, оценку и интерпретацию результатов. Требования безопасности: защита глаз от лазерного излучения, работа с источниками УФ-излучения, электробезопасность.

Тема 2. Геометрическая и физическая оптика (5 ч)

2.1. Геометрическая оптика

Законы отражения и преломления. Полное внутреннее отражение, его применение в волоконной оптике и эндоскопах. Линзы: формула тонкой линзы, фокусное расстояние, увеличение. Аберрации линз: сферическая, хроматическая, кома, астигматизм. Разрешающая способность линзы, дифракционный предел.

2.2. Физическая оптика

Интерференция света: когерентность, условия образования интерференционных полос. Применение интерферометров (Майкельсона, Физо) для бесконтактного измерения неровностей, деформаций, контроля плоскостности. Поляризация света: линейная, круговая, эллиптическая. Закон Брюстера. Использование поляризованного света для подавления бликов, выявления напряжений в прозрачных материалах (фотоупругость). Дифракция, дифракционные решётки.

2.3. Лазерные источники света

Принцип работы лазера: усиление света вынужденным излучением, резонатор. Типы лазеров: газовые (He-Ne, Ar⁺), твердотельные (Nd:YAG), диодные. Свойства лазерного излучения: когерентность, монохроматичность, направленность. Применение в оптическом контроле: лазерная профилометрия, лазерная интерферометрия, голография, спекл-интерферометрия.

2.4. Формирование и анализ оптического изображения

Понятие о функции рассеяния точки (PSF), частотно-контрастной характеристике (MTF). Глубина резкости объектива, факторы на неё влияющие. Цифровое изображение: матрица, разрешение, пиксель, битность. Алгоритмы цифровой фильтрации, улучшения резкости, выделения краёв.

Тема 3. Приборы оптического контроля (5 ч)

3.1. Эндоскопы

Жёсткие эндоскопы (бороскопы): линзовая система переноса изображения, её характеристики (поле зрения, диаметр, рабочая длина). Гибкие эндоскопы (фиброскопы): волоконно-оптический жгут для передачи изображения и света. Видеоэндоскопы: миниатюрная CCD/CMOS матрица на дистальном конце, устройство дистальной головки, артикуляция, запись видео и фото. Характеристики: диаметр зонда, рабочая длина, угол поля обзора, радиус изгиба. Источники освещения: галогенные, ксеноновые, светодиодные.

3.2. Микроскопы

Стереомикроскопы для осмотра поверхности деталей с увеличением до 50×. Цифровые микроскопы с возможностью 3D-реконструкции. Металлографические микроскопы для анализа микроструктуры (разрешение до долей микрона).

3.3. Лазерные системы контроля

Лазерные триангуляционные датчики: принцип измерения расстояния и толщины. Лазерные сканеры для построения трёхмерной модели поверхности и выявления дефектов формы. Лазерная интерферометрия для контроля плоскостности, вибраций. Лазерная спекл-корреляция (ESPI) для обнаружения деформаций под нагрузкой.

3.4. Компараторы и проекторы профиля

Принцип измерения контура по тени детали. Применение для контроля резьб, зубьев шестерён, инструментов.

3.5. Машинное зрение

Промышленные камеры, объективы, системы освещения. Алгоритмы: поиск по шаблону, измерение размеров, обнаружение аномалий. Интеграция в производственные линии.

Тема 4. Технология оптического контроля (6 ч)

4.1. Подготовка к контролю

Анализ объекта: определение доступных зон, выбор типа оптического прибора. Обеспечение доступа: снятие крышек, заглушек, осушение (для внутреннего контроля). Очистка поверхности (неразрушающая). Выбор объектива, освещения, увеличения. Калибровка прибора (масштаб, фокусировка).

4.2. Контроль с помощью эндоскопов

Методика обследования внутренних полостей: последовательный осмотр по зонам, плавная артикуляция, документирование. Способы измерений: методом сравнения с известным объектом (масштабная метка), стереоизмерения с помощью двухлинзовых эндоскопов. Типовые дефекты, выявляемые в авиадвигателях, на лопатках турбин, в сварных трубах: трещины, коррозионные язвы, инородные предметы.

4.3. Контроль с помощью микроскопов и лазерных систем

Осмотр микротрещин, контроль размеров микронеровностей. Лазерная профилометрия: сканирование по линии и построение 3D-карты. Оценка шероховатости.

4.4. Документирование результатов

Сохранение изображений в цифровом формате (фото, видео). Составление протокола с указанием координат дефекта, его типа, размеров, изображения. Привязка к конструкторской документации.

Тема 5. Нормативная база и документирование (3 ч)

5.1. Основные стандарты

ГОСТ Р 58399-2019 «Контроль неразрушающий. Методы оптические. Общие требования».

ГОСТ Р 56542-2019 (классификация).

Отраслевые инструкции по эндоскопическому контролю (авиация, энергетика).

Стандарты ASTM E2223 по эндоскопическому контролю.

Требования к протоколам и заключениям.

5.2. Документирование

Требования к фото- и видеофиксации: масштаб, ракурс, маркировка. Хранение и архивирование цифровых данных. Правила составления акта осмотра.

Тема 6. Работа с эндоскопами и микроскопами (6 ч)

Цель: освоить обращение с различными типами эндоскопов и микроскопов, настроить параметры, провести осмотр и измерения.

Оборудование и материалы: учебные стенды (трубы, полости корпусных деталей с искусственными дефектами — трещины, забоины, посторонние предметы), жёсткий эндоскоп (бороскоп) диаметром 6 мм, гибкий видеоэндоскоп диаметром 4 мм с артикуляцией, цифровой микроскоп (20–200×), масштабные линейки, калибровочные сетки, кисточки и салфетки для очистки.

Порядок:

1. **Инструктаж:** правила обращения с оптикой, запрет на резкие изгибы кабеля, чистка линз.
2. **Настройка видеоэндоскопа:** сборка (источник света, зонд, дисплей), включение, установка даты/времени, фокусировка, регулировка яркости.
3. **Осмотр учебного стенда жёстким эндоскопом:** введение зонда, обзор внутренней поверхности, поиск дефектов, фотографирование.
4. **Осмотр видеоэндоскопом:** отработка артикуляции (изгиб вверх-вниз-влево-вправо), обследование разветвлённых каналов, выявление и запись видео дефектов.
5. **Измерения:** используя функцию измерения (если есть) или масштабную метку, определить размер обнаруженного дефекта.
6. **Работа с микроскопом:** настройка увеличения и фокусировки, осмотр образца с поверхностной трещиной, измерение её ширины и длины с помощью встроенного ПО. Сравнение с изображением в стандартном бинокулярном микроскопе.
7. **Документирование:** сохранение изображений, заполнение протокола с указанием метода, номера стенда, типа дефекта, размеров.

Тема 7. Контроль образцов (4 ч)

Цель: выполнить полный цикл оптического контроля реальных объектов, оценить их состояние, оформить заключение.

Оборудование и материалы: комплект образцов (фрагмент трубопровода с коррозионными язвами, деталь сварного шва с трещиной, литая деталь с пористостью, турбинная лопатка с нагаром), видеоэндоскоп, микроскоп, лупа с подсветкой, источник ультрафиолета, фотоаппарат.

Порядок:

1. **Предварительный осмотр:** оценить доступные зоны, выбрать прибор.
2. **Эндоскопический контроль:** для образцов с внутренними полостями выполнить осмотр, зафиксировать дефекты.
3. **Микроскопический контроль:** осмотреть подозрительные участки с поверхности, точно измерить трещины.
4. **Применение люминесцентных методов (факультативно):** при наличии УФ-источника осмотреть поверхность после нанесения люминесцентной жидкости для выявления мелких трещин (стык с ПВК, но демонстрация возможностей оптики).
5. **Оформление заключения:** на основе собранных данных составить отчёт, включающий:
 - описание объекта;
 - применённые методы и приборы;
 - фотографии с указанием масштаба;
 - оценку выявленных дефектов (тип, размеры);
 - вывод о годности.

Тема 8. Предэкзаменационная подготовка (2 ч)

Цель: обобщить знания и подготовиться к экзамену.

Содержание:

- Повторение теории: оптические свойства, aberrации, устройство эндоскопов, виды освещения.
- Решение тестовых вопросов из сборника Независимого органа по ОК (не менее 15 вопросов).
- Разбор практических ситуаций: по фото- и видеозаписям определить тип дефекта.
- Пробное практическое задание: за ограниченное время выполнить эндоскопический осмотр образца, определить дефект, оформить заключение.
- Консультация по результатам, выдача допуска.

5. НОРМАТИВНАЯ БАЗА

- ГОСТ Р 58399-2019. Контроль неразрушающий. Методы оптические. Общие требования.