

# ПМК-УРАЛ

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ООО «ПМК-Урал»

А.А. Зобнина

2026 г.



## ПРОГРАММА

повышения квалификации по магнитному методу неразрушающего  
контроля

(подготовка к аттестации по СДАНК-02-2020, I и II уровни)

г. Пермь, 2026

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа рассчитана на подготовку дефектоскопистов к аттестации на II уровень по магнитопорошковому контролю. Включает изучение магнитных свойств материалов, техники намагничивания, методов нанесения магнитных индикаторов, выявления и оценки поверхностных и подповерхностных дефектов в ферромагнитных материалах.

## 2. ЦЕЛЬ

Освоить метод магнитопорошковой дефектоскопии в объеме, достаточном для самостоятельного проведения контроля, интерпретации результатов и разработки технологических карт.

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

№	Тема	Часы
1	Основы НК и материаловедение	4
2	Физические основы магнитного метода	3
3	Способы намагничивания и выбор тока	4
4	Дефектоскопические материалы и оборудование	4
5	Технология магнитопорошкового контроля	5
6	Нормативная база и документация	2
7	Намагничивание и нанесение индикаторов	3
8	Выявление и расшифровка дефектов	4
9	Составление технологических карт и заключений	4
10	Предэкзаменационная подготовка	2
<b>Всего</b>		<b>35</b>

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ

### Тема 1. Основы неразрушающего контроля и материаловедение (4 ч)

#### 1.1. Введение в магнитный метод НК

Место магнитопорошкового контроля среди электромагнитных методов. Принцип метода: намагничивание ферромагнитного изделия и регистрация полей рассеяния

над несплошностями с помощью магнитных индикаторов. Преимущества: высокая чувствительность к поверхностным и подповерхностным дефектам, наглядность, простота. Ограничения: применимость только к ферромагнитным материалам, необходимость размагничивания.

### *1.2. Магнитные свойства материалов*

Ферромагнетизм, доменная структура, спонтанная намагниченность. Основные магнитные характеристики: магнитная индукция  $B$ , напряжённость магнитного поля  $H$ , магнитная проницаемость  $\mu$  (начальная, максимальная). Кривая намагничивания: участки обратимого и необратимого смещения доменных границ, область вращения. Гистерезис: остаточная индукция  $B_r$ , коэрцитивная сила  $H_c$ , предельная петля гистерезиса. Магнитомягкие (низкая  $H_c$ ) и магнитотвёрдые (высокая  $H_c$ ) материалы. Влияние химического состава, термообработки, холодной деформации на магнитные свойства. Понятие размагничивающего фактора  $N$  и его влияние на форму петли гистерезиса в изделии.

### *1.3. Дефекты, выявляемые МК*

Типовые дефекты в ферромагнитных сталях и чугунах: трещины (горячие, холодные, усталостные, шлифовочные), волосовины, закаты, плёны, непровары, подрезы в сварных швах. Требования к ориентации дефекта: выявляемость максимальна, когда плоскость трещины перпендикулярна направлению магнитного потока. Связь с технологическими процессами (литьё, сварка, ковка, термообработка, механообработка). Система аттестации персонала по СДАНК-02-2020.

## **Тема 2. Физические основы магнитного метода (3 ч)**

### *2.1. Магнитное поле и его характеристики*

Магнитный поток  $\Phi$ , магнитная индукция  $B$ , напряжённость магнитного поля  $H$ . Закон полного тока (закон Ампера) для расчёта намагничивающих систем. Магнитное поле прямого проводника, соленоида, тороида.

### *2.2. Магнитное поле рассеяния над дефектом*

Механизм формирования поля рассеяния: искажение магнитного потока вокруг несплошности с пониженной магнитной проницаемостью. Зависимость амплитуды поля рассеяния от глубины  $h$ , раскрытия  $b$ , ориентации и формы дефекта. Приближённая оценка: поле рассеяния пропорционально  $h$  и  $B$ , зависит от расстояния до поверхности. Влияние магнитного насыщения: при приближении к насыщению снижается контрастность поля рассеяния от несплошности. Эффект накопления магнитного порошка: градиент поля рассеяния создаёт силу, притягивающую частицы.

### *2.3. Чувствительность магнитопорошкового метода*

Понятие условной чувствительности: минимальные размеры выявляемого дефекта (ширина 0,1 мкм при глубине 10 мкм и более). Зависимость от типа тока, способа намагничивания, качества индикатора. Выбор способа контроля (приложенного поля или остаточной намагниченности) исходя из коэрцитивной силы материала.

## **Тема 3. Способы намагничивания и выбор тока (4 ч)**

### *3.1. Классификация способов намагничивания*

Циркулярное намагничивание: пропусканием тока через деталь, с помощью

центрального проводника, методом «электроконтактов». Продольное (полюсное) намагничивание: в соленоиде, с помощью электромагнита (ярмо), постоянными магнитами. Комбинированное намагничивание (одновременное продольное и циркулярное) для выявления дефектов любой ориентации за один цикл. Индукционное намагничивание для колец и дисков.

### *3.2. Виды намагничивающего тока*

Переменный ток 50 Гц: поверхностный эффект, выявление только поверхностных дефектов, подходит для контроля с приложенным полем. Выпрямленный однополупериодный и двухполупериодный ток: глубже проникает в металл, выявляет подповерхностные дефекты до 2–3 мм. Постоянный ток (от аккумуляторов или выпрямителей с фильтрацией): максимальная глубина выявления, используется для способа остаточной намагниченности. Импульсный ток: для размагничивания или специальных задач. Выбор тока в зависимости от материала (магнитомягкий – переменный с приложенным полем; магнитотвёрдый – постоянный с остаточной намагниченностью).

### *3.3. Расчёт параметров намагничивания*

Расчёт тока циркулярного намагничивания: для сплошного цилиндра  $I = (15-30) \cdot D$ , где  $D$  – диаметр в мм, ток в амперах. Для деталей сложной формы – использование справочных номограмм. Расчёт ампер-витков соленоида. Определение расстояния между контактами при пропускании тока по детали. Контроль напряжённости поля с помощью измерителя напряжённости (магнитометра) или по индикатору (например, полоски с заданной коэрцитивной силой).

### *3.4. Размагничивание*

Необходимость размагничивания после контроля. Способы: пропускание переменного тока с плавным снижением до нуля, воздействие переменным полем соленоида с уменьшением амплитуды, нагрев выше точки Кюри (в исключительных случаях). Контроль остаточной намагниченности: магнитометр, компас, стальной шарик.

## **Тема 4. Дефектоскопические материалы и оборудование (4 ч)**

### *4.1. Магнитные индикаторы*

Состав и свойства магнитных порошков: чёрный ( $Fe_3O_4$ ), красно-коричневый ( $Fe_2O_3$ ), люминесцентный (с флуоресцентным покрытием). Размер частиц (обычно 1–50 мкм), форма (сферическая, вытянутая). Магнитные суспензии: водные (с добавками ингибиторов коррозии, ПАВ) и масляные (керосиновые). Концентрация суспензии (г/л), контроль концентрации с помощью отстойника или визуально. Аэрозольные баллончики. Магнитогумированные пасты для крупных дефектов. Требования к цвету и контрасту с поверхностью детали.

### *4.2. Нанесение индикаторов*

Сухой способ: распыление порошка ручным насосом или электростатическое напыление; применяется для контроля горячих деталей или в полевых условиях. Мокрый способ: полив суспензией, погружение детали в ванну, распыление из аэрозоли. Преимущества мокрого способа: равномерное покрытие, лучшее проникновение в мелкие трещины.

#### *4.3. Оборудование*

Переносные дефектоскопы (клещи, электромагниты) для локального контроля. Стационарные установки с ванной для суспензии, контактными плитами, соленоидами. Источники тока: выпрямители, аккумуляторные батареи. Приборы для измерения напряжённости поля (магнитометры). Ультрафиолетовые облучатели (ртутные, светодиодные) для люминесцентного контроля. Измерители освещённости и УФ-облучённости. Контрольные образцы (с искусственными трещинами различной глубины).

### **Тема 5. Технология магнитопорошкового контроля (5 ч)**

#### *5.1. Подготовка поверхности*

Очистка от окалины, ржавчины, масла, краски. Допустимая шероховатость (обычно  $Ra \leq 6,3$  мкм). Обезжиривание. Сушка (для мокрого способа – поверхность должна быть сухой перед нанесением пенетранта? нет, перед нанесением магнитного индикатора поверхность может быть влажной при мокром способе, но при сухом должна быть сухой). Требования к температуре поверхности (не выше точки вспышки масла, обычно до 50 °С).

#### *5.2. Выбор способа контроля*

Способ приложенного поля (СПП): индикатор наносится на деталь во время намагничивания, применяется для материалов с низкой коэрцитивной силой (стали в отожжённом состоянии). Способ остаточной намагниченности (СОН): индикатор наносится после намагничивания; требует достаточно высокой  $B_r$  и  $H_c$  (закалённые, цементованные стали).

#### *5.3. Порядок проведения контроля*

Намагничивание (в зависимости от выбранного способа). Нанесение индикатора. Стеkanie суспензии или осаждение сухого порошка (время от 1 до 5 минут). Осмотр при освещённости не менее 500 лк для цветных порошков или при УФ-облучённости не менее 1000 мкВт/см<sup>2</sup> для люминесцентных. Выявление индикаторных скоплений, их интерпретация. Различие истинных дефектов и ложных индикаций (наклёп, резкое изменение сечения, царапины). Измерение протяжённости дефектов. Регистрация (фотографирование, зарисовка, перенос на липкую ленту).

#### *5.4. Оценка результатов*

Критерии приёмки по нормативным документам (ГОСТ Р 56512, отраслевые РД): недопустимые дефекты – трещины любого размера; допустимость подрезов, пор оговаривается стандартами. Оформление протокола.

### **Тема 6. Нормативная база и документация (2 ч)**

ГОСТ Р 56512-2015. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Типовые технологические процессы.

ГОСТ 24450-80. Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения.

ГОСТ 25225-82. Швы сварных соединений трубопроводов. Магнитографический метод.

ГОСТ 30415-96. Сталь. Неразрушающий контроль магнитным методом.

ГОСТ Р ИСО 24497-2-2009. Метод магнитной памяти металла.

РД РОСЭК-003-97. Машины грузоподъемные. Контроль магнитопорошковый.

Инструкции и методики предприятий. Оформление заключений по результатам МК.

## Тема 7. Намагничивание и нанесение индикаторов (3 ч)

*Цель:* освоить подготовку оборудования и выполнение операций намагничивания и нанесения индикаторов.

*Оборудование и материалы:* переносной электромагнитный дефектоскоп (клещи), выпрямитель с контактными электродами, соленоид, измеритель напряжённости поля, контрольный образец с искусственными трещинами разной глубины, комплект магнитных суспензий (чёрная, люминесцентная), сухой порошок, УФ-облучатель, измерители освещённости и УФ-облучённости, ветошь, очиститель.

*Порядок выполнения:*

1. **Подготовка образцов:** очистить и обезжирить образцы.
2. **Намагничивание электроконтактами:** установить электроды на расстоянии 150 мм, пропустить ток 500–700 А, проверить напряжённость поля магнитометром.
3. **Нанесение мокрой суспензии:** приготовить суспензию (концентрация ~2 г/л), нанести поливом, дать стечь. Осмотреть при белом свете.
4. **Работа с люминесцентной суспензией:** в затемнённом помещении нанести суспензию, осмотреть под УФ-светом.
5. **Намагничивание соленоидом:** поместить цилиндрический образец в соленоид, включить ток, нанести сухой порошок распылением, оценить индикации.
6. **Отработка контактного способа:** на пластине с трещиной выполнить намагничивание пропусканием тока, нанести суспензию, зафиксировать индикаторный след.
7. **Документирование:** записать параметры намагничивания (ток, расстояние, тип индикатора), сделать эскиз индикаций.

## Тема 8. Выявление и расшифровка дефектов (4 ч)

*Цель:* научиться обнаруживать дефекты, отличать истинные индикации от ложных и оформлять результаты.

*Оборудование и материалы:* набор образцов сварных швов с реальными и искусственными дефектами, детали машин (валы, шестерни) с трещинами, дефектоскоп, суспензии, лупа, линейка, фотоаппарат, бланки протоколов.

*Порядок выполнения:*

1. **Контроль сварного шва:** очистить шов, выбрать способ намагничивания (поперёк шва – продольное намагничивание или электромагнитом). Нанести индикатор, осмотреть. Выявить трещины, подрезы, непровары.
2. **Контроль вала:** намагнитить циркулярно пропусканием тока по оси (если возможно) или с помощью центрального проводника. Искать продольные трещины.
3. **Расшифровка индикаций:** для каждого обнаруженного скопления определить, является ли оно дефектом (характерный вид: чёткие линии для трещин, округлые скопления для пор; ложные индикации на галтелях и резьбе – широкие, размытые). Измерить длину, зарисовать.
4. **Документирование:** сфотографировать индикации, заполнить протокол с указанием типа, размеров, координат дефекта.

5. **Разбор ошибок:** совместно с преподавателем проанализировать пропуски дефектов, причины ложных срабатываний.

## **Тема 9. Составление технологических карт и заключений (4 ч)**

*Цель:* освоить разработку технологических карт магнитопорошкового контроля и провести инспекционный контроль.

*Задание:* каждый слушатель получает объект (стыковой сварной шов трубы, литая деталь, поковка) и разрабатывает технологическую карту, включающую:

- подготовку поверхности;
- способ намагничивания и оборудование;
- расчёт тока или напряжённости поля;
- тип магнитного индикатора и способ нанесения;
- последовательность осмотра;
- критерии приёмки.

*Ролевая игра:* один слушатель выполняет контроль по карте другого, а автор карты проводит инспекционный контроль: проверяет правильность настройки, полноту выявления дефектов, оформление заключения. Обсуждение: какие уточнения потребовались в карте, насколько она понятна персоналу I уровня.

*Комплексное задание:* по результатам инспекционного контроля составить итоговое заключение о годности объекта с обоснованием.

## **Тема 10. Предэкзаменационная подготовка (2 ч)**

*Цель:* систематизировать знания и подготовиться к квалификационному экзамену.

*Содержание:*

- Повторение физических основ (петля гистерезиса, поле рассеяния).
- Решение тестовых заданий из сборника Независимого органа по МК.
- Пробное практическое задание: за 2 часа выполнить контроль образца с неизвестными дефектами, оформить заключение.
- Индивидуальные консультации по ошибкам.
- Критерии оценки практического экзамена по таблице П5.1 СДАНК-02-2020.

## **5. НОРМАТИВНАЯ БАЗА**

- ГОСТ Р 56512-2015. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Типовые технологические процессы.
- ГОСТ 24450-80. Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения.
- ГОСТ 25225-82. Контроль неразрушающий. Швы сварных соединений трубопроводов. Магнитографический метод.
- ГОСТ 30415-96. Сталь. Неразрушающий контроль магнитным методом.
- ГОСТ Р ИСО 24497-2-2009. Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла.
- РД РОСЭК-003-97. Машины грузоподъемные. Контроль магнитопорошковый.
- РД 153-34.1-003-01, ПНАЭ Г-7-015-89, ОСТ 26-01-84-78.