

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ
Отделение среднего профессионального образования

Методические указания к практическим занятиям

**ПМ.02. Контроль качества отремонтированных узлов обслуживаемого оборудования,
электрических машин, аппаратов, механизмов и приборов подвижного состава**

МДК.02.01 Виды и технология диагностики технического состояния узлов и деталей
подвижного состава

Специальность 23.01.10 Слесарь по обслуживанию и ремонту подвижного состава

Форма обучения очная

Методические указания к практическим занятиям по модулю ПМ.02 Контроль качества отремонтированных узлов обслуживаемого оборудования, электрических машин, аппаратов, механизмов и приборов подвижного состава составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО и предназначены для студентов, обучающихся по специальности: 23.01.10 Слесарь по обслуживанию и ремонту подвижного состава.

Методические указания для модуля разработаны:

Болдыревым Д.В., доцентом, канд. техн. наук, доцентом кафедры ИСЭиА, НТИ (филиал) СКФУ

СОГЛАСОВАНО:

Представитель работодателя

Исполнительный директор ООО
вагонно-ремонтный завод «Депо-НТК»
г. Невинномысск

должность представителя работодателя, наименование
организации и город ее расположения



Безносов А.Н.
Фамилия, инициалы

Пояснительная записка

Цели и задачи практической работы - обеспечить более высокий уровень профессиональной подготовки обучающихся

Требования к результатам освоения:

В ходе освоения профессионального модуля обучающийся должен:

иметь практический опыт:

- выполнения работ на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава;
- проведения испытаний узлов и механизмов железнодорожного подвижного состава;
- оформления технической документации.

уметь:

- использовать контрольно-измерительные приборы и инструменты для определения состояния узлов и механизмов железнодорожного подвижного состава;
- применять приемы и методы определения неисправностей узлов и деталей железнодорожного подвижного состава;
- уметь регулировать и испытывать отдельные механизмы;
- составлять техническую документацию по проделанной работе.

знать:

- требования, предъявляемые к качеству ремонта и отремонтированных узлов, и деталей;
- технические условия на испытания и регулировку отдельных механизмов железнодорожного подвижного состава;
- методы диагностики.

МДК.02.01 Виды и технология диагностики технического состояния узлов и деталей подвижного состава

Практическое занятие № 1

Тема: «Применение приемов и методов определения неисправностей узлов и деталей железнодорожного подвижного состава»

Цель практического занятия: Сформировать практические навыки выбора и применения методов неразрушающего контроля для определения неисправностей узлов и деталей подвижного состава.

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 09	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная лаборатория диагностики подвижного состава

Материально-техническое обеспечение:

1. Ультразвуковой дефектоскоп (например, УД2-102, УДС2-32).
2. Магнитопорошковый дефектоскоп с намагничивающими устройствами.
3. Вихретоковый дефектоскоп.
4. Образцы деталей подвижного состава с искусственными и естественными дефектами:

- образцы осей колесных пар;
- образцы колец подшипников;
- образцы пружин рессорного подвешивания;
- образцы листовых деталей.
- 5. Измерительный инструмент (штангенциркуль, линейка, микрометр).
- 6. Техническая документация:
 - инструкции по проведению неразрушающего контроля;
 - бланки дефектных ведомостей;
 - нормативно-техническая документация (ГОСТы, руководства по ремонту) .

Методическое обеспечение:

- Методические указания к практическим занятиям.
- Раздаточный материал с описанием дефектов и алгоритмов контроля.

- Технологические карты диагностирования узлов подвижного состава.

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности при работе с диагностическим оборудованием.

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. **Что такое техническая диагностика подвижного состава и каковы ее основные задачи?**

○ Техническая диагностика — это область знаний, изучающая методы и средства определения технического состояния объектов. Основные задачи: контроль технического состояния, поиск дефектов и отказов, прогнозирование остаточного ресурса.

2. **Какие виды неразрушающего контроля вам известны?**

○ Ультразвуковой, магнитопорошковый, вихретоковый, визуально-измерительный, радиационный, тепловой, акустический.

3. **Что такое дефект детали подвижного состава?**

○ Дефект — это каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. Дефекты подразделяются на производственные (литья,ковки,штамповки) и эксплуатационные (износ, усталостные трещины, коррозия).

4. **Назовите основные методы неразрушающего контроля и области их применения.**

Метод контроля	Выявляемые дефекты
Магнитопорошковый	Поверхностные и подповерхностные трещины в ферромагнитных деталях
Ультразвуковой	Внутренние дефекты (трещины, раковины, расслоения)
Вихретоковый	Дефекты в неферромагнитных материалах, контроль параметров
Визуально-измерительный	Поверхностные дефекты, отклонения размеров

Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Классификация дефектов узлов подвижного состава (15 минут)

Цель: Научить определять вид дефекта, его происхождение и возможные последствия.

Ход выполнения:

1. Студенты получают фотографии и описания дефектных деталей.
2. Заполняют таблицу классификации:

Наименование детали	Вид дефекта	Характер дефекта	Возможная причина	Метод контроля
Ось колесной пары	Трещина в шейке оси	Эксплуатационный (усталостный)	Циклические нагрузки	Ультразвуковой, магнитопорошковый

Наименование детали	Вид дефекта	Характер дефекта	Возможная причина	Метод контроля
Кольцо подшипника	Трещина	Эксплуатационный	Перегрев, усталость	Магнитопорошковый
Пружина	Осадка, трещина	Эксплуатационный	Перегрузка, усталость	Визуальный, ультразвуковой
Бандаж колесной пары	Ползун, навар	Эксплуатационный	Юз при торможении	Визуально-измерительный

3. Обсуждение: «В чем опасность каждого из выявленных дефектов для безопасности движения?»

Задание 2. Выбор метода контроля для конкретного узла (15 минут)

Цель: Научиться обосновывать выбор метода неразрушающего контроля в зависимости от материала детали, предполагаемого типа дефекта и условий эксплуатации.

Ход выполнения:

Для каждого узла подвижного состава определите:

1. Какой метод контроля наиболее эффективен?
2. Какое оборудование потребуется?
3. Каков алгоритм проведения контроля?

Узлы для анализа:

- Шейка оси колесной пары (материал — сталь ферромагнитная).
- Кольцо роликового подшипника (материал — сталь ферромагнитная).
- Корпус автосцепки (хвостовик) (материал — сталь).
- Гильза цилиндра (материал — чугун/сталь).

Пример выполнения:

Узел	Материал	Предполагаемые дефекты	Метод контроля	Обоснование
Шейка оси	Ферромагнитная сталь	Усталостные трещины, поверхностные и подповерхностные	Ультразвуковой, магнитопорошковый	Ось является ответственным элементом. УЗК выявляет внутренние дефекты, МПК — поверхностные трещины на шейке и галтели

Задание 3. Работа с диагностическим оборудованием (30 минут)

Цель: Получить практические навыки работы с приборами неразрушающего контроля и интерпретации полученных результатов.

Ход выполнения:

Подгруппа А: Ультразвуковой контроль (УЗК)

1. Ознакомиться с устройством ультразвукового дефектоскопа (УД2-102).

2. Подготовить деталь к контролю: очистить поверхность, нанести контактную смазку.
3. Провести контроль образца оси колесной пары:
 - Установить пьезоэлектрический преобразователь на поверхность.
 - Получить на экране отраженные сигналы.
 - Сравнить амплитуду сигнала от дефекта с браковочным уровнем.
4. Зафиксировать результаты.

Алгоритм диагностирования ультразвуковым методом:

Объект контроля → посылка зондирующего импульса → получение изображения, посылочного и отраженного импульсов → сравнение полученного образа с браковочным → при совпадении — сигнал браковки.

Подгруппа Б: Магнитопорошковый контроль (МПК)

1. Ознакомиться с устройством магнитопорошкового дефектоскопа.
2. Подготовить деталь к контролю: очистить от загрязнений, обезжирить.
3. Намагнитить деталь с помощью намагничивающего устройства.
4. Нанести магнитный порошок (сухой или в виде суспензии).
5. Осмотреть деталь и выявить дефекты по скоплению порошка в зонах полей рассеяния (над трещинами).
6. Зафиксировать результаты.

Задание 4. Оформление дефектной ведомости (контрольный этап, входит в 30 минут)

Цель: Овладеть навыками оформления технической документации по результатам контроля (ПК 2.3).

На основании проведенного контроля заполнить дефектную ведомость:

ДЕФЕКТНАЯ ВЕДОМОСТЬ №

№ п/п	Наименование узла/детали	Инвентарный номер	Выявленный дефект	Метод контроля	Заключение
1	Шейка оси колесной пары	12345	Трещина глубиной 3 мм в галтельной зоне	Ультразвуковой (УД2-102)	Браковать
2	Наружное кольцо подшипника	67890	Поверхностная трещина на дорожке качения	Магнитопорошковый	Браковать
3	Пружина рессорного подвешивания	11223	Осадка, отклонение высоты на 8 мм	Визуально-измерительный	Браковать

Заключительный этап (10 минут)

1. **Подведение итогов:**
 - Обсуждение результатов выполнения всех заданий.
 - Анализ типичных ошибок.
 - Оценка работы каждой подгруппы.

2. Вопросы для самоконтроля:

- Какие методы контроля применяются для выявления трещин в осях колесных пар?
- В чем отличие магнитопорошкового метода от вихретокового?
- Какую информацию содержит дефектная ведомость?
- Назовите преимущества и недостатки ультразвукового метода контроля.

3. Домашнее задание:

- Оформить отчет по практическому занятию (содержит цели, оборудование, таблицы, выводы).
- Подготовить реферат по теме: «Применение ультразвукового метода контроля для диагностики колесных пар подвижного состава».

Критерии оценивания

Критерий	Показатели	Оценка
Правильность классификации дефектов	Полнота и точность заполнения таблицы	0-5 баллов
Обоснованность выбора метода контроля	Аргументированность выбора для каждого узла	0-5 баллов
Практические навыки работы с оборудованием	Уверенность выполнения операций, правильность настройки прибора	0-10 баллов
Качество оформления дефектной ведомости	Соответствие требованиям, полнота заполнения	0-5 баллов
Ответы на вопросы самоконтроля	Правильность и полнота ответов	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала перевода:

- 27-30 баллов — «отлично»
- 22-26 баллов — «хорошо»
- 16-21 баллов — «удовлетворительно»
- менее 16 баллов — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 2

Тема: Определение видов дефектов и способы их устранения. Определение видов дефектов литья и способы их выявления и устранения. Определение дефектов обработки металлов давлением и способы их устранения»

Цель практического занятия: Сформировать практические навыки выявления дефектов обработки металлов давлением и способов их устранения. Овладеть умением определять исправимые и неисправимые дефекты, выбирать оптимальные способы устранения

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная лаборатория дефектоскопии и материаловедения

Материально-техническое обеспечение:

1. Образцы литых деталей с различными дефектами (трещины, раковины, пористость, пригар).
2. Образцы кованных и штампованных деталей с дефектами (заковы, трещины, плены).
3. Набор измерительного инструмента (штангенциркуль, микрометр, линейка).
4. Лупы и микроскопы для визуального контроля.
5. Ультразвуковой дефектоскоп, магнитопорошковый дефектоскоп.
6. Образцы для металлографического анализа (шлифы).
7. Техническая документация: бланки дефектных ведомостей, нормативно-техническая документация.

Методическое обеспечение:

- Методические указания к практическим занятиям.
- Раздаточный материал с фотографиями дефектов и их описаниями.
- Технологические карты устранения дефектов.

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности.

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. **Какие основные группы дефектов литья вам известны?**
 - Дефекты делятся на: нарушение целостности металла (усадочные раковины, трещины, газовые раковины), нарушение геометрии отливки (обвалы, заливы, коробление, раздутие), недостаточная чистота поверхности (пригар, ужины), несоответствие структуры металла (отбел).
2. **Что такое «отбел» и в чем его опасность?**
 - Отбел — наличие в отливке из серого чугуна твердых, не поддающихся механической обработке мест со светлой лучистой поверхностью излома. Объясняется

присутствием структурно свободного цементита Fe_3C , вследствие быстрого охлаждения металла, повышенного содержания марганца или серы.

3. Какие дефекты возникают при обработке металлов давлением?

- Заковы (закаты), трещины, плены, расслоения, пережог, перегрев.

4. Что такое пережог и перегрев металла?

○ **Пережог** — появление между зернами крупной окисной пленки, пластичность становится равной нулю. **Неисправимый брак.**

- **Перегрев** — резкий рост размеров зерен. **Брак исправимый** (термообработкой).

Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Классификация дефектов литья (15 минут)

Цель: Научиться классифицировать дефекты литейного производства, определять причины их возникновения и способы устранения.

Ход выполнения:

Студенты получают карточки с описанием дефектов литья. Необходимо заполнить таблицу:

№	Вид дефекта	Группа дефектов	Характерные признаки	Основная причина	Способ устранения
1	Усадочная раковина	Нарушение целостности	Полость с неровными стенками в теле отливки	Неправильная конструкция литниковой системы, неравномерное затвердевание	Заварка, врезная вставка
2	Горячая трещина	Нарушение целостности	Разрыв с окисленной поверхностью, по границам зерен	Внутренние напряжения при охлаждении	Браковка (неисправима)
3	Холодная трещина	Нарушение целостности	Гладкая светлая поверхность излома	Напряжения ниже температуры рекристаллизации	Браковка
4	Газовая раковина	Нарушение целостности	Гладкостенная полость округлой формы	Выделение газов при затвердевании, плохая вентиляция формы	Заварка, пропитка
5	Пригар	Дефект поверхности	Грубая шероховатая поверхность с налипшей формовочной смесью	Низкая огнеупорность формы, высокая температура заливки	Механическая обработка (зачистка)

№	Вид дефекта	Группа дефектов	Характерные признаки	Основная причина	Способ устранения
6	Коробление	Нарушение геометрии	Искривление формы и размеров отливки	Неравномерная усадка, внутренние напряжения	Механическая обработка, правка
7	Отбел	Несоответствие структуры	Светлая лучистая поверхность излома, твердые участки	Быстрое охлаждение, повышенное содержание марганца	Термообработка (отжиг)
8	Недолив	Нарушение геометрии	Неполное заполнение формы, отсутствие части детали	Низкая температура заливки, недостаточная жидкотекучесть	Браковка
9	Шлаковое включение	Включение	Неметаллические включения в теле отливки	Попадание шлака в форму при заливке	Заварка с выборкой дефектного участка

Вопросы для обсуждения:

- Какие дефекты являются неисправимыми и почему?
- В каких случаях допускается исправление дефекта заваркой?

Задание 2. Определение дефектов обработки металлов давлением (15 минут)

Цель: Научиться выявлять дефекты кованных и штампованных деталей, определять причины их возникновения и способы устранения.

Ход выполнения:

Студенты получают образцы кованных деталей (или их фотоизображения) с различными дефектами. Необходимо:

1. Осмотреть образец, выявить видимые дефекты.
2. Определить характер дефекта.
3. Установить причину возникновения.
4. Определить возможность устранения и способ.

Основные дефекты ОМД:

Дефект	Характеристика	Причина	Способ устранения
Заков (закат)	Плена на поверхности, образованная вдавленным металлом	Неправильная подача заготовки, слишком большая глубина ручья штампа	Зачистка абразивным инструментом, браковка при глубоком залегании
Трещина	Разрыв металла по границам зерен	Слишком низкая температура	Браковка (неисправима)

Дефект	Характеристика	Причина	Способ устранения
		окончания деформации, перегрев	
Пережог	Окисление по границам зерен, пластичность равна нулю	Нагрев до температуры, близкой к температуре плавления	Неисправимый брак
Перегрев	Крупнозернистая структура	Нагрев выше допустимой температуры (ниже пережога)	Термообработка (нормализация) — исправим
Плена	Отслоение металла на поверхности	Пузыри газа, окалина, вдавленная при деформации	Зачистка
Расслоение	Раскрытие внутренней полости в направлении деформации	Внутренние напряжения при протяжке	Браковка

Вопросы для обсуждения:

- Почему пережог является неисправимым дефектом?
- Какие меры предупреждения дефектов при ОМД существуют? (соблюдение температурного интервала, равномерный нагрев, правильная последовательность операций)

Задание 3. Входной контроль литых деталей (20 минут)

Цель: Овладеть навыками входного контроля литых деталей, поступающих в ремонтное депо.

Ход выполнения:

Студенты получают партию (3-5 образцов) литых деталей, используемых на подвижном составе (например, корпус буксы, крышка, кронштейн).

Необходимо:

1. Провести визуальный осмотр каждой детали.
2. Обнаружить дефекты (трещины, раковины, включения).
3. Провести замеры для оценки геометрических отклонений.
4. Используя методы неразрушающего контроля, проверить наличие скрытых дефектов:
 - Магнитопорошковый метод — для выявления поверхностных трещин в ферромагнитных деталях.
 - Ультразвуковой метод — для выявления внутренних дефектов.
5. Заполнить журнал входного контроля.

Журнал входного контроля литых деталей

№ п/п	Наименование детали	Номер чертежа	Результаты осмотра	Заключение
1	Корпус буксы			
2	Крышка			
3	Кронштейн			

Критерии оценки:

- Деталь годна — дефектов нет или есть допустимые дефекты в пределах нормы.
- Деталь требует ремонта — дефекты исправимы (заварка, зачистка, пропитка).
- Деталь бракуется — дефекты неисправимы (сквозные трещины, пережог, глубокие раковины).

Задание 4. Оформление дефектной ведомости (10 минут)

Цель: Овладеть навыками оформления технической документации по результатам контроля (ПК 2.3).

ДЕФЕКТНАЯ ВЕДОМОСТЬ №

№ п/п	Наименование детали	Инвентарный номер	Выявленный дефект	Способ выявления	Способ устранения	Заключение
1	Корпус автосцепки	А-12345	Усадочная раковина глубиной 5 мм	Визуальный осмотр	Заварка с последующей механической обработкой	Ремонт
2	Крышка разъема	К-67890	Газовая пористость	Ультразвуковой контроль	Заварка	Ремонт
3	Кронштейн	КР-11223	Сквозная трещина длиной 15 мм	Магнитопорошковый контроль	—	Браковка
4	Бандаж колесной пары	Б-44556	Отбел на поверхность и катания	Измерение твердости	Термообработка (отжиг)	Ремонт

Заключительный этап (10 минут)

1. Подведение итогов:

- Обсуждение результатов выполнения всех заданий.
- Анализ типичных ошибок при классификации дефектов.
- Оценка работы студентов.

2. Вопросы для самоконтроля:

- Какие дефекты литья относятся к группе «нарушение целостности металла»?
- В чем различие между горячей и холодной трещиной?
- Какие способы устранения дефектов литья вы знаете?
- Что такое пережог и почему он неисправим?
- Какие методы контроля применяются для выявления внутренних дефектов в литых деталях?

3. Домашнее задание:

- Оформить отчет по практическому занятию (содержит цели, оборудование, таблицы, выводы).
- Подготовить реферат по теме: «Сравнительный анализ методов устранения дефектов литья: заварка, пропитка, металлизация»

Критерии оценивания

Критерий	Показатели	Оценка
Правильность классификации дефектов	Полнота и точность заполнения таблицы	0-5 баллов
Правильность определения дефектов ОМД	Точность выявления и классификации	0-5 баллов
Практические навыки входного контроля	Качество осмотра, правильность применения методов контроля	0-10 баллов
Качество оформления дефектной ведомости	Соответствие требованиям, полнота заполнения	0-5 баллов
Ответы на вопросы самоконтроля	Правильность и полнота ответов	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала перевода:

- 27-30 баллов — «отлично»
- 22-26 баллов — «хорошо»
- 16-21 баллов — «удовлетворительно»
- менее 16 баллов — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 3

тема: «Изучение капиллярного метода контроля»

Цель практического занятия: Освоить технологию проведения капиллярного контроля на этапах: подготовка поверхности, нанесение пенетранта, удаление излишков, нанесение проявителя, осмотр и регистрация результатов.

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам

Код	Компетенция
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 09	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная лаборатория неразрушающего контроля

Материально-техническое обеспечение:

1. **Наборы дефектоскопических материалов для капиллярного контроля:**
 - Индикаторный пенетрант (цветной или люминесцентный).
 - Очиститель (промежуточный очиститель для удаления излишков пенетранта).
 - Проявитель (сухой или в виде аэрозоля).
2. **Образцы для контроля:**
 - Металлические пластины с искусственными дефектами (насечки, трещины, поры).
 - Реальные детали подвижного состава (корпуса буксовых узлов, крышки, кронштейны) с естественными дефектами.
 - Сварные соединения (образцы сварных швов).
3. **Измерительный инструмент и оборудование:**
 - Лупы просмотровые (с 2-10-кратным увеличением).
 - Штангенциркуль.
 - Ультрафиолетовый фонарь (для люминесцентного метода).
 - Набор ветоши безворсовой.
 - Емкости для промывки и обезжиривания.
4. **Техническая документация:**
 - ГОСТ 18442 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования».
 - Бланки протоколов капиллярного контроля.
 - Инструкции по применению дефектоскопических материалов.

Методическое обеспечение:

- Методические указания к практическому занятию.
- Плакаты и схемы этапов капиллярного контроля.
- Образцы заполненных протоколов контроля.

Теоретическая часть

Физические основы капиллярного метода

Капиллярный метод неразрушающего контроля основан на проникновении индикаторных жидкостей (пенетрантов) в полости поверхностных несплошностей под действием капиллярного давления. Жидкость поднимается по капилляру, что объясняется разностью давлений у вогнутого и выпуклого менисков — капиллярное давление имеет отрицательный знак, что подтягивает жидкость вверх.

Метод позволяет выявлять дефекты с раскрытием от 0,1 до 500 мкм. Чем выше смачиваемость жидкости и чем меньше радиус капилляра, тем больше глубина и скорость проникновения жидкости.

Область применения метода

Капиллярный метод применяется для контроля:

- Черных и цветных металлов и их сплавов.
- Керамики, пластмасс, стекла.
- Деталей любой геометрической формы и размеров.
- Сварных соединений (выявление трещин, пор, непроваров).

На железнодорожном транспорте капиллярный контроль используется для диагностики деталей подвижного состава, сварных конструкций и узлов ответственного назначения.

Классификация методов капиллярного контроля

По типу применяемых веществ:

Метод	Описание
Цветной (хроматический)	Используются красители ярких цветов (обычно красные), дефекты видны в дневном свете
Люминесцентный	Применяются люминесцирующие пенетранты, дефекты видны под ультрафиолетовым излучением
Люминесцентно-цветной	Сочетание обоих методов
Ахроматический (яркостный)	Без красителей

Этапы капиллярного контроля

Технология капиллярного контроля включает следующие основные операции:

1. Подготовка поверхности:

- Очистка от загрязнений, окалины, ржавчины, масляных пятен.
- Обезжиривание органическим растворителем.
- Сушка поверхности.
- Шероховатость должна быть не хуже Rz 20 мкм.

2. Нанесение пенетранта:

- Нанесение индикаторной жидкости распылением (аэрозоль), погружением или кистью.
- Выдержка для проникновения жидкости в дефекты (не менее 5-20 минут в зависимости от состава).

- Оптимальная температура поверхности 10-50°C.

3. Удаление излишков пенетранта:

- Удаление водой, растворителем или эмульгатором.
- Важно не удалить пенетрант из полостей дефектов.
- Просушка поверхности (температура не выше 50°C).

4. Нанесение проявителя:

- Нанесение тонким слоем (аэрозоль или порошок).
- Проявитель вытягивает пенетрант из дефектов по принципу «промокашки».
- Время проявления 15-20 минут.
- Образуется индикаторный рисунок, повторяющий конфигурацию дефекта.

5. Осмотр и регистрация результатов:

- Визуальный осмотр индикаторных следов (невооруженным глазом или с лупой).
- При люминесцентном методе — осмотр под УФ-излучением.
- Фиксация результатов, измерение размеров дефектов.
- Заполнение протокола контроля.

6. Очистка поверхности после контроля.

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности:
 - Работа с химическими веществами в средствах индивидуальной защиты (перчатки, очки, маски).
 - Соблюдение правил личной гигиены.
 - Работа в проветриваемом помещении.

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. **Что такое капиллярный эффект и на каком физическом явлении основан капиллярный метод контроля?**
 - На способности жидкостей проникать в узкие каналы (капилляры) под действием сил поверхностного натяжения.
2. **Какие виды дефектов можно обнаружить капиллярным методом?**
 - Поверхностные несплошности: трещины, поры, раковины, непровары, микротрещины.
3. **В чем отличие цветного метода от люминесцентного?**
 - В цветном используются красители, видимые в дневном свете; в люминесцентном — вещества, светящиеся под УФ-излучением.
4. **Какова минимальная ширина раскрытия дефекта, выявляемая капиллярным методом?**
 - 0,1 мкм (при 1-м классе чувствительности).
5. **Назовите основной недостаток капиллярного метода.**
 - Выявляются только поверхностные (выходящие на поверхность) дефекты; внутренние дефекты не обнаруживаются.

6.3. Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Подготовка поверхности к контролю (10 минут)

Цель: Освоить технологию подготовки поверхности для капиллярного контроля.

Ход выполнения:

Студенты получают образцы деталей с загрязнениями (масляные пятна, ржавчина, окалина).

1. Осмотреть поверхность образца, оценить степень загрязнения.
2. Провести очистку поверхности с использованием очистителя:
 - Нанести очиститель на безворсовую салфетку.
 - Протереть контролируемую поверхность.
 - Повторить до полного удаления загрязнений.
3. Просушить поверхность (естественным путем или с применением воздушной струи).
4. Проверить качество подготовки (отсутствие загрязнений, следов влаги).
5. Зафиксировать результаты в таблице.

Таблица подготовки поверхности

№ образца	Исходное состояние	Применённые средства	Время очистки	Результат
1				
2				

Задание 2. Нанесение пенетранта и выдержка (10 минут)

Цель: Освоить технологию нанесения индикаторной жидкости и выбора времени выдержки.

Ход выполнения:

- После подготовки поверхности нанести пенетрант одним из способов:
 - Аэрозольное распыление (наиболее распространённый способ).
 - Нанесение кистью.
- Зафиксировать время нанесения.
- Выдержать пенетрант на поверхности в течение рекомендованного времени (обычно 5-20 минут).
- Наблюдать за процессом проникновения жидкости в капилляры.

Заполнить протокол:

Участок контроля	Время нанесения	Время выдержки	Температура поверхности	Примечания
Образец №1				
Образец №2				

Обсуждение: «Как влияет температура поверхности на время выдержки? Какие факторы могут ухудшить проникновение пенетранта?»

Задание 3. Удаление излишков пенетранта (10 минут)

Цель: Освоить технологию удаления пенетранта с поверхности без вымывания его из дефектов.

Ход выполнения:

- Удалить излишки пенетранта с поверхности:
 - Первичное удаление безворсовой салфеткой.
 - Промывка очистителем (растворителем или водой).
 - Важно не вымыть пенетрант из полостей дефектов.
- Просушить поверхность (температура не выше 50°C).

Контроль качества удаления:

- Поверхность должна быть чистой без видимых следов пенетранта.
- При использовании цветного пенетранта — поверхность не должна иметь окрашивания вне зон дефектов.

Заполнить протокол:

Участок	Способ удаления	Качество очистки	Время сушки
Образец №1			

Задание 4. Нанесение проявителя и выявление дефектов (15 минут)

Цель: Освоить технологию нанесения проявителя и научиться выявлять индикаторные рисунки дефектов.

Ход выполнения:

1. Нанести проявитель на контролируемую поверхность тонким слоем:
 - Аэрозольное распыление (равномерный тонкий слой).
 - Рекомендуется наносить 1-3 тонких слоя.
 - Избыток проявителя может затемнить индикаторный рисунок.
2. Выдержать в течение 15-20 минут для развития индикаторного рисунка.
3. Провести осмотр:
 - **Цветной метод:** осмотр при естественном (дневном) освещении.
 - **Люминесцентный метод:** осмотр под ультрафиолетовым излучением.
4. Зафиксировать обнаруженные дефекты:
 - Определить расположение, форму и размер дефектов.
 - Измерить длину и ширину индикаторного следа.
 - Нарисовать дефектограмму (схематическое изображение расположения дефектов).

Таблица выявленных дефектов

№ участка	Тип дефекта	Размеры (мм)	Форма	Количество	Примечания
1	Трещина	Длина: 12 мм	Линейная	1	Индикаторный след ярко-красный
2	Пора	Ø 0,5 мм	Округлая	3	Точечные следы
3					

Задание 5. Оформление протокола капиллярного контроля (15 минут)

Цель: Овладеть навыками оформления документации по результатам капиллярного контроля (ПК 2.3).

На основании проведённого контроля заполнить протокол капиллярного контроля.

ПРОТОКОЛ КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ № _____

1. Объект контроля:

- Наименование детали: _____
- Инвентарный номер: _____
- Материал: _____
- Контролируемый участок: _____

2. Условия проведения контроля:

- Дата проведения: _____
- Температура окружающего воздуха: _____ °C
- Относительная влажность: _____ %
- Освещённость: _____ лк

3. Дефектоскопические материалы:

- Пенетрант: _____
- Очиститель: _____
- Проявитель: _____
- Класс чувствительности: _____

4. Результаты контроля:

№ п/п	Местоположение дефекта	Тип дефекта	Размеры (мм)	Классификация дефекта	Оценка годности
1					
2					
3					

5. Дефектограмма (схема расположения дефектов):

[Рисунок с указанием расположения дефектов на контролируемой поверхности]

6. Заключение:

Деталь _____ признана (годной / требующей ремонта / бракованной).

7. Исполнители:

(должность, ФИО, подпись)

Заключительный этап (10 минут)

Подведение итогов:

- Обсуждение результатов выполнения всех заданий.
- Демонстрация успешных примеров выявления дефектов.
- Анализ типичных ошибок:
 - Недостаточная очистка поверхности.
 - Слишком долгая выдержка пенетранта.
 - Неправильное удаление излишков (вымывание пенетранта из дефектов).
 - Избыток проявителя, затемняющий рисунок.

Вопросы для самоконтроля:

- Какие основные этапы капиллярного контроля?
- Что такое пенетрант и каковы требования к нему?
- Какое назначение проявителя?
- Какие дефекты можно выявить капиллярным методом в деталях подвижного состава?
- В чем отличие цветной дефектоскопии от люминесцентной?
- Какие факторы могут повлиять на достоверность результатов контроля?

Домашнее задание:

- Оформить отчёт по практическому занятию (содержит цели, оборудование, таблицы, выводы).
- Подготовить презентацию по теме: «Применение капиллярного метода контроля при диагностике колёсных пар подвижного состава».
- Изучить ГОСТ 18442-80 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования».

Критерии оценивания

Критерий	Показатели	Оценка
Правильность подготовки поверхности	Качество очистки и обезжиривания	0-5 баллов

Критерий	Показатели	Оценка
Качество нанесения пенетранта	Равномерность, соблюдение времени выдержки	0-5 баллов
Качество удаления излишков	Полнота удаления без вымывания из дефектов	0-5 баллов
Правильность нанесения проявителя	Тонкий равномерный слой	0-5 баллов
Выявление и идентификация дефектов	Точность определения типа, размеров, формы	0-5 баллов
Качество оформления протокола	Полнота заполнения, соответствие требованиям	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала перевода:

- 27-30 баллов — «отлично»
- 22-26 баллов — «хорошо»
- 16-21 баллов — «удовлетворительно»
- менее 16 баллов — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 4

тема: «Изучение типовых методик магнитопорошкового контроля деталей железнодорожного подвижного состава»

Цель практического занятия: Освоить типовые методики контроля деталей подвижного состава (осей колёсных пар, автосцепок, деталей буксовых узлов). Овладеть навыками подготовки деталей к контролю, нанесения магнитной суспензии и интерпретации индикаторных рисунков

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная лаборатория неразрушающего контроля

Материально-техническое обеспечение:

1. Магнитопорошковые дефектоскопы:

○ Дефектоскоп МД-12ПШ (или аналогичный) для контроля шеек осей, хвостовиков автосцепок.

○ Дефектоскоп МД-12ПС для контроля средних частей осей колёсных пар.

2. Образцы для контроля:

○ Образцы осей колёсных пар с искусственными и естественными дефектами.

○ Образцы хвостовиков автосцепок.

○ Образцы болтов, валиков, стопорных планок.

○ Контрольные (настроечные) образцы (типа МО-2 по ГОСТ Р 56512).

3. Дефектоскопические материалы:

○ Магнитный порошок (сухой или в виде суспензии).

○ Магнитная суспензия на керосине или масле .

○ Очистители для подготовки поверхности.

4. Вспомогательное оборудование:

○ Ультрафиолетовый фонарь (для люминесцентного метода).

○ Лупы просмотровые.

○ Приборы для измерения намагничивающего тока.

○ Устройство для размагничивания.

5. Техническая документация:

○ ГОСТ 21105-87 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод».

○ Технологические карты контроля деталей подвижного состава.

○ Бланки протоколов магнитопорошкового контроля.

Методическое обеспечение:

• Методические указания к практическому занятию.

• Плакаты и схемы намагничивания различных деталей.

• Альбом индикаторных рисунков дефектов.

Теоретическая часть

Физические основы магнитопорошкового метода

Магнитопорошковый метод основан на явлении притяжения частиц магнитного порошка магнитными потоками рассеяния, возникающими над дефектами в намагниченных объектах контроля.

Принцип действия:

1. Деталь из ферромагнитного материала намагничивается.

2. В местах нарушений сплошности (трещины, поры) возникают поля рассеяния.

3. Частицы магнитного порошка притягиваются к этим полям, образуя индикаторный рисунок, повторяющий конфигурацию дефекта.

Область применения на железнодорожном транспорте

Магнитопорошковый метод применяется для контроля деталей из ферромагнитных материалов с относительной магнитной проницаемостью не менее 40.

Контролируемые детали подвижного состава:

• Оси колёсных пар (шейки, предступичные части, средние части).

• Хвостовики автосцепок, клинья тяговых хомутов, валики.

• Детали буксовых узлов (стопорные планки).

• Болты, тяги, маятниковые подвески.

Выявляемые дефекты:

• Поверхностные трещины различного происхождения.

• Подповерхностные нарушения сплошности.

• Волосовины, закаты, надрывы.

Уровни чувствительности (ГОСТ 21105-87)

Условный уровень	Минимальная ширина раскрытия дефекта, мкм	Примечание
А	2,0	$Ra \leq 2,5$ мкм
Б	10,0	$Ra \leq 10$ мкм
В	25,0	$Ra \leq 10$ мкм

Способы намагничивания

1. **Способ приложенного поля** — деталь намагничивается с помощью внешнего источника (электромагнита, соленоида). Применяется для крупногабаритных деталей.
2. **Способ остаточной намагниченности** — деталь намагничивается, затем ток отключается, а контроль проводится по остаточной намагниченности.

Этапы магнитопорошкового контроля

1. **Подготовка поверхности:** очистка от загрязнений, масел, ржавчины.
2. **Намагничивание детали** по установленной схеме.
3. **Нанесение магнитного порошка** (сухой порошок, суспензия).
4. **Осмотр поверхности** с индикаторным рисунком.
5. **Размагничивание детали** (при необходимости).
6. **Регистрация результатов** в протоколе контроля.

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности:
 - Работа с электрооборудованием.
 - Использование средств защиты (перчатки, очки).
 - Работа с горючими жидкостями (керосин) в проветриваемом помещении.

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. **На каком физическом явлении основан магнитопорошковый метод?**
 - На притяжении частиц магнитного порошка полями рассеяния, возникающими над дефектами.
2. **Для контроля каких деталей применяется магнитопорошковый метод?**
 - Для деталей из ферромагнитных материалов (сталь) — оси, автосцепки, буксовые узлы.
3. **Какие дефекты выявляет магнитопорошковый метод?**
 - Поверхностные и подповерхностные трещины, волосовины, закаты, надрывы.
4. **Какие существуют способы намагничивания?**
 - Способ приложенного поля (намагничивание в поле дефектоскопа) и способ остаточной намагниченности.
5. **Назовите основные детали подвижного состава, контролируемые магнитопорошковым методом.**

6.3. Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Изучение конструкции и принципа работы дефектоскопа МД-12ПШ (15 минут)

Цель: Ознакомиться с устройством, техническими характеристиками и принципом работы магнитопорошкового дефектоскопа.

Ход выполнения:

1. Студенты знакомятся с дефектоскопом МД-12ПШ (или МД-12ПС).
2. Изучают состав оборудования:
 - Блок управления.
 - Намагничивающее устройство (седлообразное).
 - Кабели соединительные.
 - Распылитель магнитного порошка.
3. Изучают технические характеристики:
 - Ток намагничивания не менее 46 А.
 - Напряженность магнитного поля не менее 160 А/см.
 - Минимальные размеры выявляемых дефектов: ширина — 0,001 мм, глубина — 0,1 мм, длина — 0,5 мм.
4. Изучают принцип работы дефектоскопа:
 - При намагничивании детали в местах дефектов возникают поля рассеяния.
 - Частицы магнитного порошка притягиваются к этим полям.
 - Дефект становится видимым.
5. Заполняют **таблицу технических характеристик**

Параметр	Значение
Тип питающей сети	Переменная, однофазная, 230 В
Ток намагничивания	Не менее 46 А
Напряженность магнитного поля	Не менее 160 А/см
Вероятность выявления дефекта шириной 10-20 мкм	Не менее 99,5 %
Масса блока управления	Не более 34 кг
Масса намагничивающего устройства	Не более 14,5 кг

Задание 2. Выбор схемы намагничивания для различных деталей (10 минут)

Цель: Научиться выбирать схему намагничивания в зависимости от типа детали и предполагаемых дефектов.

Ход выполнения:

Студенты получают карточки с описанием деталей и предполагаемых дефектов. Необходимо выбрать способ и схему намагничивания.

Детали для анализа:

Деталь	Предполагаемый дефект	Рекомендуемая схема намагничивания	Обоснование
Шейка оси колёсной пары	Поперечная трещина	Циркулярное намагничивание (током вдоль детали)	Дефекты ориентированы перпендикулярно линиям поля, дают максимальный сигнал

Деталь	Предполагаемый дефект	Рекомендуемая схема намагничивания	Обоснование
Хвостовик автосцепки	Продольная трещина	Продольное намагничивание (соленоидом)	Дефекты ориентированы вдоль детали, поле направлено поперёк дефекта
Болт	Трещина	Циркулярное намагничивание (пропусканием тока)	Трещины расположены поперёк оси болта

Правило: оптимальная ориентация поля — перпендикулярно предполагаемому дефекту .

Задание 3. Подготовка детали к контролю и проведение контроля (25 минут)

Цель: Освоить типовую методику магнитопорошкового контроля деталей подвижного состава.

Ход выполнения:

Этап 1. Подготовка поверхности (5 минут)

1. Очистить поверхность детали от загрязнений, масла, ржавчины.
2. Обезжирить поверхность.
3. Оценить качество подготовки (отсутствие загрязнений).

Этап 2. Намагничивание детали (5 минут)

1. Установить деталь в намагничивающее устройство.
2. Выбрать режим намагничивания.
3. Включить намагничивающий ток.
4. Проконтролировать силу тока по измерителю.

Этап 3. Нанесение магнитного порошка (5 минут)

1. Нанести магнитный порошок (сухой или суспензию):
 - Сухой способ: распылить порошок на поверхность.
 - Мокрый способ: нанести суспензию на поверхность.
2. Дождаться осаждения частиц порошка.

Этап 4. Осмотр поверхности (10 минут)

1. Осмотреть контролируемую поверхность.
2. Выявить индикаторные рисунки (скопления порошка).
3. Интерпретировать индикаторные рисунки:
 - Линейный рисунок → трещина.
 - Точечный рисунок → пора, включение.
4. Измерить размеры индикаторных рисунков.
5. Сравнить с браковочными нормами.

Заполнить протокол контроля:

№ детали	Тип детали	Режим намагничивания	Выявленные дефекты	Заключение
1	Шейка оси	Циркулярное	Трещина длиной 5 мм	Браковка
2	Хвостовик автосцепки	Продольное	Дефектов не выявлено	Годна

Задание 4. Размагничивание детали (5 минут)

Цель: Освоить технологию размагничивания деталей после контроля.

Ход выполнения:

1. Поместить деталь в размагничивающее устройство.
2. Включить размагничивание.
3. Постепенно снижать напряженность магнитного поля до нуля.
4. Проверить остаточную намагниченность с помощью специального прибора.

Вопрос для обсуждения: «Почему необходимо размагничивать детали после контроля?» (Остаточная намагниченность может привлекать металлическую стружку при эксплуатации).

Задание 5. Оформление документации (10 минут)

Цель: Овладеть навыками оформления технической документации по результатам магнитопорошкового контроля (ПК 2.3).

ПРОТОКОЛ МАГНИТОПОРОШКОВОГО КОНТРОЛЯ № _____

1. Объект контроля:

- Наименование детали: _____
- Инвентарный номер: _____
- Материал: _____
- Номер чертежа: _____
- Контролируемый участок: _____

2. Условия проведения контроля:

- Дата проведения: _____
- Температура окружающего воздуха: _____ °C

3. Аппаратура и материалы:

- Дефектоскоп: _____
- Способ намагничивания: _____
- Сила намагничивающего тока: _____ А
- Магнитный порошок (суспензия): _____
- Уровень чувствительности по ГОСТ 21105-87: _____

4. Результаты контроля:

№ п/п	Местоположение дефекта	Тип дефекта	Размеры (мм)	Браковочный норматив	Заключение
1					
2					
3					

5. Схема расположения дефектов:

[Эскиз детали с указанием мест расположения дефектов]

6. Заключение:

Деталь _____ признана (годной / бракованной).

7. Исполнители:

(должность, ФИО, подпись)

Заключительный этап (10 минут)

1. Подведение итогов:

- Обсуждение результатов выполнения всех заданий.
- Демонстрация успешных примеров выявления дефектов.
- Анализ типичных ошибок:
 - Неправильная ориентация поля относительно дефекта.
 - Недостаточная сила тока намагничивания.
 - Некачественная очистка поверхности.
 - Неправильная интерпретация индикаторных рисунков.

2. Вопросы для самоконтроля:

- В чём заключается физическая основа магнитопорошкового метода?
- Какие детали подвижного состава контролируются этим методом?
- Какие схемы намагничивания используются и для каких целей?
- Какие дефекты могут быть выявлены методом МПК?
- Почему важно правильно выбирать направление намагничивания относительно дефекта?

- Какие нормативные документы регламентируют магнитопорошковый контроль?

3. Домашнее задание:

- Оформить отчёт по практическому занятию.
- Подготовить реферат по теме: «Сравнительный анализ магнитопорошкового и капиллярного методов контроля деталей подвижного состава».
- Изучить ГОСТ 21105-87 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод»

Критерии оценивания

Критерий	Показатели	Оценка
Знание конструкции дефектоскопа	Правильность описания устройства и принципа действия	0-5 баллов
Правильность выбора схемы намагничивания	Обоснованность выбора для каждой детали	0-5 баллов
Практические навыки проведения контроля	Качество подготовки, намагничивания, нанесения порошка	0-10 баллов
Правильность интерпретации индикаторных рисунков	Точность определения типа и размеров дефектов	0-5 баллов
Качество оформления протокола	Полнота заполнения, соответствие требованиям	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала перевода:

- 27-30 баллов — «отлично»
- 22-26 баллов — «хорошо»
- 16-21 баллов — «удовлетворительно»
- менее 16 баллов — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 5

тема: «Изучение вихретокового метода контроля»

Цель практического занятия: Освоить устройство и принцип работы вихретоковых дефектоскопов (ВД-113, ВД-12НФ). Научиться проводить настройку приборов, сканирование поверхностей и интерпретацию результатов контроля. Овладеть навыками выявления поверхностных трещин в ответственных деталях подвижного состава (колёсные пары, буксовые узлы, автосцепное оборудование)

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная лаборатория неразрушающего контроля

Материально-техническое обеспечение:

1. Вихретоковые дефектоскопы:

- Дефектоскоп ручной ВД-113 (или ВД-113.5) — для контроля плоских и криволинейных поверхностей.
- Дефектоскоп ВД-12НФ — для контроля деталей буксовых узлов.
- Специализированный ВД-131НД для контроля роликов подшипников.

2. Вихретоковые преобразователи (ВТП):

- Накладные преобразователи различных диаметров (5-12 мм).
- Проходные (соленоидные) преобразователи.

3. Образцы для контроля:

- Калибровочные образцы с искусственными дефектами (прямоугольные пропилы различной глубины).
- Образцы деталей подвижного состава с естественными дефектами (колесо, ролик буксового подшипника, маятниковая подвеска, упорное кольцо).

4. Вспомогательное оборудование:

- Штангенциркуль.
- Наборы контрольных образцов с дефектами различной глубины (0,1-3,0 мм).
- Безворсовая ветошь, очистители.

5. Техническая документация:

- Инструкции по эксплуатации дефектоскопов ВД-113, ВД-12НФ.
- Технологические карты вихретокового контроля деталей подвижного состава.
- Бланки протоколов вихретокового контроля.

Методическое обеспечение:

- Методические указания к практическому занятию.
- Плакаты и схемы устройства вихретоковых преобразователей.
- Альбом годографов — типовых сигналов от различных дефектов.

Теоретическая часть

Физические основы вихретокового метода

Вихретоковый неразрушающий контроль (ВТК) основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов (токов Фуко), наводимых в объекте контроля этим полем. Вихревые токи — это замкнутые токи, индуцированные в проводящей среде изменяющимся магнитным полем.

Принцип действия:

1. Вихретоковый преобразователь (катушка индуктивности) создаёт переменное электромагнитное поле.
2. При внесении в это поле электропроводящей детали в ней наводятся вихревые токи.
3. Собственное магнитное поле вихревых токов взаимодействует с полем преобразователя, изменяя его параметры (индуктивность, активное сопротивление).
4. Вихретоковый прибор регистрирует изменение сигнала преобразователя.
5. Наличие дефекта (трещины) нарушает распределение вихревых токов, что фиксируется прибором как изменение амплитуды или фазы сигнала.

Основные термины и определения

Термин	Определение
Вихретоковый неразрушающий контроль	Контроль, основанный на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с полем вихревых токов, наводимых в объекте
Вихретоковый преобразователь (ВТП)	Устройство из одной или нескольких индуктивных обмоток для возбуждения вихревых токов и преобразования электромагнитного поля в сигнал
Зона контроля	Участок детали, подвергаемый контролю
Годограф вносимого напряжения	Векторная диаграмма, отображающая изменение комплексного сопротивления преобразователя при изменении параметров объекта контроля

Область применения на железнодорожном транспорте

ВТК широко применяется для контроля деталей железнодорожного подвижного состава:

Объекты контроля:

- Цельнокатанные колёса вагонных колёсных пар (ежегодно контролируется более 5 млн колёс).
- Детали буксовых узлов (ролики подшипников).
- Детали тормозных передач.
- Детали автосцепных устройств (клинья тягового хомута).
- Маятниковые подвески, упорные кольца.

- Детали экипажной части электровозов, тепловозов и моторных вагонов.

Выявляемые дефекты:

- Поверхностные и подповерхностные трещины глубиной 0,1-0,2 мм.
- Микротрещины с раскрытием более 0,05 мм.
- Выщербины, поверхностные отколы, коррозионные повреждения.

Преимущества метода:

- Бесконтактность (возможен зазор до долей мм).
- Высокая производительность.
- Возможность контроля через непроводящие покрытия (краска, грязь).
- Широкий диапазон температур и рабочих условий.

Ограничения:

- Относительно малая глубина проникновения электромагнитного поля.
- Сложность интерпретации сигналов на деталях сложной геометрии.

Классификация вихретоковых преобразователей

По конструктивному исполнению различают:

Тип ВТП	Назначение	Особенности
Накладной	Контроль плоских и криволинейных поверхностей	Работает при контакте или с малым зазором, наиболее распространён
Проходной (соленоидный)	Контроль цилиндрических деталей (прутки, трубы)	Деталь проходит внутри катушки
Экранный	Контроль с одной стороны, защита от влияния посторонних объектов	Имеет экранирующий элемент

По схеме включения обмоток различают абсолютные и дифференциальные преобразователи.

Чувствительность и нормирование

Чувствительность ВТК характеризуется минимальными размерами выявляемого дефекта. В нормативной документации отрасли чувствительность чаще нормируется по глубине трещины. Для дефектоскопа ВД-131НД минимальная выявляемая глубина дефекта составляет **0,1 мм** при вероятности выявления не менее 99,5%.

На чувствительность влияют:

- Электропроводность и магнитная проницаемость материала.
- Шероховатость поверхности.
- Тип и конструкция ВТП.
- Способ обработки сигнала.

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности:
 - Работа с электрооборудованием напряжением до 230 В.
 - Правила работы с химическими очистителями.

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. **На каком физическом явлении основан вихретоковый метод контроля?**
 - На взаимодействии внешнего электромагнитного поля с полем вихревых токов, наводимых в проводящем объекте.
2. **Какие типы деталей подвижного состава контролируются ВТК?**
 - Колёсные пары, буксовые узлы (ролики, кольца), автосцепка, маятниковые подвески.
3. **Какие дефекты выявляет вихретоковый метод?**
 - Поверхностные трещины глубиной от 0,1 мм, выщербины, отколы.
4. **В чем преимущество ВТК перед магнитопорошковым методом?**
 - Бесконтактность, возможность контроля через непроводящие покрытия, высокая производительность.
5. **В чём основное ограничение ВТК?**
 - Малая глубина проникновения электромагнитного поля (поверхностный контроль).

Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Изучение конструкции дефектоскопа ВД-113 (10 минут)

Цель: Ознакомиться с устройством, органами управления и настройкой дефектоскопа ВД-113.

Ход выполнения:

1. Студенты знакомятся с дефектоскопом ВД-113 (или ВД-113.5) .
2. Изучают состав дефектоскопа:
 - Электронный блок с дисплеем и органами управления.
 - Комплект накладных преобразователей (различных диаметров).
 - Калибровочные образцы.
 - Аккумуляторный блок.
3. Изучают органы управления:
 - Кнопка включения/выключения.
 - Регуляторы усиления и порога срабатывания.
 - Кнопки режимов (стандартный, чувствительный).
4. Изучают индикацию на дисплее:
 - Амплитуда сигнала (в % от браковочного уровня).
 - Пороговые уровни.
 - Индикация годен/брак.
5. Заполняют **таблицу характеристик**

Параметр	Значение
Тип дефектоскопа	ВД-113 (ручной)
Диапазон рабочих температур	-10 ... +50 °С
Минимальная выявляемая глубина дефекта	0,1-0,2 мм
Типы преобразователей	Накладные, диаметр 5-12 мм
Индикация	Цифровая, шкала амплитуды
Источник питания	Аккумуляторная батарея

Задание 2. Настройка дефектоскопа по калибровочному образцу (10 минут)

Цель: Освоить процедуру настройки вихретокового дефектоскопа по образцам с искусственными дефектами.

Ход выполнения:

1. Подготовить калибровочный образец с искусственным дефектом (прямоугольный пропил).
2. Установить режим настройки:
 - Установить порог чувствительности (обычно 100% от уровня браковки).
 - Провести сканирование образца.
 - Отрегулировать усиление до получения устойчивого сигнала от дефекта.
 - Установить браковочный уровень (например, 30-50% от эталонного сигнала).
3. Повторить настройку для разных глубин дефектов (0,5 мм, 1,0 мм, 2,0 мм).
4. Зафиксировать настройки в протоколе.

Таблица настройки

№ образца	Глубина дефекта, мм	Усиление, дБ	Браковочный уровень, %	Примечания
1	0,5			
2	1,0			
3	2,0			

Задание 3. Проведение вихретокового контроля образцов (20 минут)

Цель: Освоить методику сканирования и выявления дефектов на образцах деталей подвижного состава.

Ход выполнения:

1. Получить образцы деталей с реальными дефектами (или образцы с искусственными дефектами на различных материалах).
2. Провести подготовку поверхности:
 - Очистить поверхность от загрязнений.
 - Обезжирить (при необходимости).
3. Выполнить контроль:
 - Установить накладной ВТП на поверхность детали.
 - Провести сканирование по направлению, перпендикулярному предполагаемому дефекту.
 - Наблюдать за показаниями прибора (амплитуда сигнала).
4. Зафиксировать места обнаружения дефектов.
5. Определить:
 - Характер дефекта (трещина, пора, включение).
 - Ориентацию дефекта.
 - Амплитуду сигнала (в % от браковочного уровня).
6. Сравнить с браковочными нормативами.

Протокол контроля образцов

№ образца	Тип детали	Характер дефекта	Амплитуда сигнала, %	Заключение
1	Пластина	Трещина	75%	Браковка

№ образца	Тип детали	Характер дефекта	Амплитуда сигнала, %	Заключение
2	Ролик подшипника	Продольная трещина	90%	Браковка
3	Пластина	Без дефекта	5%	Годна

Задание 4. Оценка влияния зазора и шероховатости (10 минут)

Цель: Изучить влияние эксплуатационных факторов на достоверность контроля.

Ход выполнения:

1. Взять образец с известным дефектом.
2. Провести контроль с разными зазорами между преобразователем и поверхностью:
 - Контакт (зазор = 0 мм).
 - Зазор = 1 мм (через прокладку).
 - Зазор = 3 мм.
3. Зафиксировать изменение амплитуды сигнала.
4. Провести контроль образцов с разной шероховатостью поверхности (Ra 1,25, Ra 10, Ra 20).
5. Проанализировать влияние зазора и шероховатости на чувствительность контроля.

Таблица влияния факторов

Условие контроля	Амплитуда сигнала, %	Примечание
Контактный контроль	80%	Максимальная чувствительность
Зазор 1 мм	50%	Снижение чувствительности
Зазор 3 мм	15%	Значительное снижение
Шероховатость Ra 1,25	80%	Минимальное влияние
Шероховатость Ra 20	55%	Снижение из-за неровностей

Вывод: для достоверного контроля необходимо минимизировать зазор и обеспечивать качественную подготовку поверхности.

Задание 5. Оформление протокола вихретокового контроля (10 минут)

Цель: Овладеть навыками оформления документации (ПК 2.3).

ПРОТОКОЛ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ № _____

1. Объект контроля:

- Наименование детали: _____
- Инвентарный номер: _____
- Материал: _____
- Номер чертежа: _____
- Контролируемый участок: _____

2. Условия проведения контроля:

- Дата проведения: _____
- Тип дефектоскопа: _____

- Тип преобразователя: _____
- Частота контроля: _____ кГц
- Браковочный уровень: _____ %

3. Результаты контроля:

№ зоны	Координаты зоны	Амплитуда сигнала, %	Характер дефекта	Заключение
1				
2				
3				

4. Схема расположения дефектов:

[Эскиз детали с указанием зон и координат дефектов]

5. Заключение:

Деталь _____ признана (годной / бракованной).

6. Исполнители:

(должность, ФИО, подпись)

Заключительный этап (10 минут)

1. Подведение итогов:

- Обсуждение результатов выполнения всех заданий.
- Демонстрация успешных примеров выявления дефектов.
- Анализ типичных ошибок:
 - Неправильный выбор преобразователя.
 - Превышение допустимого зазора.
 - Неверная настройка порога чувствительности.
 - Неправильная интерпретация сигналов.

2. Вопросы для самоконтроля:

- В чём физическая сущность вихретокового метода?
- Какие дефекты и в каких деталях подвижного состава выявляются ВТК?
- Какие типы вихретоковых преобразователей существуют и для каких задач они применяются?
- Как влияет зазор между преобразователем и деталью на чувствительность контроля?
- Какую минимальную глубину дефекта может выявить ВТК?
- Какие приборы вихретокового контроля применяются в вагонном хозяйстве?

3. Домашнее задание:

- Оформить отчёт по практическому занятию.
- Подготовить реферат по теме: «Сравнительная характеристика вихретокового и магнитопорошкового методов контроля колёсных пар».
- Изучить инструкцию по эксплуатации дефектоскопа ВД-113.

Критерии оценивания

Критерий	Показатели	Оценка
Знание конструкции дефектоскопа	Правильность описания устройства и принципа действия	0-5 баллов
Правильность настройки прибора	Качество калибровки по образцам	0-5 баллов
Практические навыки сканирования	Качество проведения контроля, точность сканирования	0-5 баллов
Правильность интерпретации сигналов	Точность определения дефектов по амплитуде и характеру сигнала	0-10 баллов
Качество оформления протокола	Полнота заполнения, соответствие требованиям	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала перевода:

- 27-30 баллов — «отлично»
- 22-26 баллов — «хорошо»
- 16-21 баллов — «удовлетворительно»
- менее 16 баллов — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 6

тема: «Изучение области применения и основных сведений по технологии проведения радиационного контроля деталей и узлов железнодорожного подвижного состава»

Цель практического занятия: Освоить основные технологические схемы проведения радиационного контроля (радиография, радиоскопия, радиометрия)

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 09	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава

Код	Компетенция
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная аудитория / лаборатория неразрушающего контроля

Материально-техническое обеспечение:

1. Наглядные пособия:

- Плакаты и схемы радиационного контроля.
- Образцы радиографических снимков сварных соединений и литых деталей с дефектами.
- Макеты радиационных дефектоскопов (рентгеновских аппаратов, гамма-дефектоскопов).

2. Оборудование (демонстрационное):

- Рентгеновский аппарат (или макет) для демонстрации принципа работы.
- Радиометрические детекторы (дозиметры).
- Набор эталонов чувствительности (проволочные по ГОСТ 7512-82) .

3. Техническая документация:

- ГОСТ 7512-82 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Метод радиографический» .
- ГОСТ 20426 «Контроль неразрушающий. Методы радиационные. Область применения».
- РД 32.174-2001 «Неразрушающий контроль деталей вагонов. Общие положения» .
- Технологические карты радиационного контроля деталей подвижного состава.
- Бланки протоколов радиационного контроля.

Методическое обеспечение:

- Методические указания к практическому занятию.
- Альбом радиографических изображений типовых дефектов.
- Раздаточный материал с теоретическими положениями.

Теоретическая часть

Физические основы радиационного контроля

Радиационный неразрушающий контроль основан на регистрации и анализе проникающего ионизирующего излучения после взаимодействия с контролируемым объектом.

Основной принцип: при прохождении через объект контроля интенсивность излучения ослабляется. Степень ослабления зависит от:

- толщины объекта;
- плотности и химического состава материала;
- наличия в объекте внутренних дефектов (поры, раковины, трещины, включения).

Виды ионизирующего излучения, применяемые при радиационном контроле:

Вид излучения	Источник	Характеристика
Рентгеновское излучение	Рентгеновские аппараты, ускорители	Возникает при торможении электронов в веществе

Вид излучения	Источник	Характеристика
Гамма-излучение	Радионуклидные источники (Ir-192, Co-60)	Излучение при радиоактивном распаде
Тормозное излучение	Бетатроны (5-15 МэВ)	Высокоэнергетическое излучение для контроля толстостенных деталей
Нейтронное излучение	Ускорители нейтронов	Для специальных задач

Классификация методов радиационного контроля

Методы радиационного контроля различаются способами детектирования дефектоскопической информации:

Метод	Сущность	Особенности
Радиографический	Получение радиографического снимка на пленке или цифровом детекторе	Традиционный метод, дает статическое изображение, документируемый результат
Радиоскопический	Получение радиационного изображения на экране (рентгенотелевидение)	Динамический контроль в реальном времени
Радиометрический	Измерение интенсивности прошедшего излучения детектором	Автоматизированный контроль, отбраковка по заданным параметрам

Область применения радиационного контроля

Радиационные методы получили широкое применение при выявлении внутренних несплошностей металла. Радиационными методами хорошо выявляются такие дефекты металлов и сварных швов как поры, раковины, непровары, шлаковые включения и др., имеющие объемный характер. Это обусловило преимущественное применение этих методов для контроля литья и сварных соединений.

На железнодорожном транспорте радиационный контроль применяется для:

1. Контроль сварных соединений рельсов:

- Особенно актуален для высокоскоростных магистралей (скорости > 250 км/ч), где применяются высокопрочные и трудносвариваемые стали.
- Позволяет выявлять дефекты в сварных швах с неоднородной структурой (например, при сварке марганцовистых сталей с аустенитной вставкой), где ультразвуковой контроль затруднен.

2. Контроль литых деталей тележек вагонов:

- Надрессорные балки, боковые рамы.
- Позволяет выявлять внутренние дефекты литья, невидимые другими методами.
- Для деталей толщиной свыше 100 мм требуются мощные источники, такие как бетатрон на 5 МэВ.

3. Контроль сварных соединений в вагоностроении:

- В соответствии с ГОСТ 7512-82 контролируются сварные соединения толщиной от 1 до 400 мм.
- Выявляются трещины, непровары, поры, шлаковые и другие включения.

Ограничения метода:

- Не выявляются дефекты, плоскость раскрытия которых не совпадает с направлением просвечивания.
- Не выявляются дефекты с раскрытием менее установленной чувствительности.
- Требуется двустороннего доступа к объекту контроля.
- Сложности с радиационной безопасностью (защита персонала, утилизация источников).

Технология радиографического контроля (по ГОСТ 7512-82)

Основные этапы проведения контроля:

1. Подготовка объекта контроля:

- Очистка поверхности от загрязнений.
- Удаление окалина, масла, влаги.

2. Выбор схемы просвечивания:

- Определение направления излучения (перпендикулярно или под углом к поверхности шва).
- Установка источника излучения и кассеты с пленкой.

3. Установка эталонов чувствительности:

- Использование проволочных, канавочных или пластинчатых эталонов.
- Эталоны изготавливают из металла, аналогичного контролируемому.
- Проволочные эталоны содержат проволоки диаметром от 0,05 до 4,0 мм (4 типоразмера).

4. Просвечивание и получение снимка:

- Экспонирование рентгеновской пленки.
- Химическая обработка пленки (проявление, фиксирование, промывка, сушка).

5. Расшифровка радиографических снимков:

- Визуальный анализ (с лупой или на негатоскопе).
- Сравнение оптической плотности изображения с эталоном.
- Выявление и измерение дефектов.
- Оценка годности по браковочным нормативам.

Чувствительность радиографического контроля:

Раскрытие дефектов, выявляемых при радиографическом контроле, зависит от толщины просвечиваемого металла:

Радиационная толщина, мм	Минимальное раскрытие непровара (трещины), мм
До 40	0,1
Свыше 40 до 100	0,2
Свыше 100 до 150	0,3
Свыше 150 до 200	0,4
Свыше 200	0,5

Радиационная безопасность

При проведении радиационного контроля необходимо соблюдать требования радиационной безопасности:

- Использование индивидуальных дозиметров.
- Ограждение зоны контроля.
- Применение свинцовых экранов для защиты персонала.
- Использование систем радиационного контроля для обнаружения источников излучения на границах.

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности (особое внимание — радиационная безопасность).

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. Какие виды неразрушающего контроля вы уже изучили? Какие дефекты они выявляют?

- Капиллярный, магнитопорошковый, вихретоковый.

2. В чем отличие методов контроля поверхностных дефектов от методов контроля внутренних дефектов?

- Капиллярный, МПК, ВТК — в основном поверхностные. Для внутренних требуются радиационный и ультразвуковой методы.

3. Что такое «просвечивание» объекта контроля?

- Облучение объекта проникающим излучением с последующей регистрацией прошедшего излучения.

4. Какие виды ионизирующего излучения вы знаете?

- Рентгеновское, гамма-излучение, нейтронное.

Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Изучение области применения радиационного контроля (15 минут)

Цель: Систематизировать знания об областях применения радиационного контроля на железнодорожном транспорте.

Ход выполнения:

1. Используя материалы лекции и раздаточные материалы, заполните таблицу:

Области применения радиационного контроля на железнодорожном транспорте

Объект контроля	Выявляемые дефекты	Особенности применения	Нормативный документ
Сварные соединения рельсов	Трещины, непровары, поры, шлаковые включения	Особенно актуален для высокоскоростных магистралей (>250 км/ч) и сложных сварных узлов (рельсовые стрелки)	ГОСТ 7512-82
Литые детали тележек вагонов (боковые рамы,	Усадочные раковины, пористость, трещины	Для деталей >100 мм требуется бетатрон 5 МэВ	РД 32.174-2001

Объект контроля	Выявляемые дефекты	Особенности применения	Нормативный документ
надрессорные балки)			
Сварные соединения в вагоностроении	Непровары, поры, включения	Толщина 1-400 мм	ГОСТ 7512-82

2. Вопросы для обсуждения:

- Почему радиационный контроль не является стандартным методом для рельсов, но используется для сварных соединений?
- Какие преимущества дает применение радиационного контроля для литых деталей по сравнению с УЗК?

Задание 2. Изучение технологической схемы радиографического контроля (15 минут)

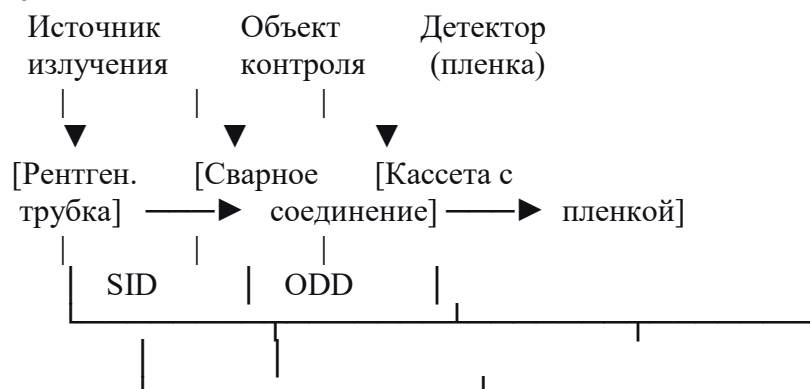
Цель: Изучить основные этапы и оборудование радиографического контроля.

Ход выполнения:

- Используя схему радиографического контроля (рисунок на плакате), изучите схему расположения оборудования.

Схема радиографического контроля:

text



Параметры геометрии контроля:

- **SID (Source to Image Distance)** — расстояние от источника излучения до детектора. Чем больше SID, тем меньше геометрическое размытие (полутень).
- **ODD (Object to Detector Distance)** — расстояние от объекта до детектора. Должно быть минимальным для снижения искажений.
- **Правило:** $ODD \leq P \times SID / F$, где P — размер пикселя детектора, F — размер фокального пятна источника.

2. Заполните таблицу оборудования:

Элемент системы	Назначение	Варианты
Источник излучения	Создание направленного потока ионизирующего излучения	Рентгеновская трубка (до 450 кВ), гамма-источник (Ir-192, Co-60), бетатрон (5-15 МэВ)

Элемент системы	Назначение	Варианты
Объект контроля	Деталь, подвергаемая просвечиванию	Сварной шов, литая деталь
Детектор	Регистрация прошедшего излучения	Рентгеновская пленка, цифровая панель
Защитный экран	Защита от рассеянного излучения	Свинцовые экраны
Эталон чувствительности	Контроль качества изображения	Проволочный, канавочный

Задание 3. Расшифровка радиографических снимков (20 минут)

Цель: Научиться выявлять и классифицировать дефекты на радиографических снимках.

Ход выполнения:

1. Студенты получают набор радиографических снимков (или их копии) сварных соединений и литых деталей с различными дефектами.
2. Необходимо для каждого снимка:
 - Выявить дефекты.
 - Определить тип дефекта по внешнему виду.
 - Измерить размеры дефекта (в мм).
 - Сравнить с допустимыми нормами (по браковочным нормативам).

Таблица расшифровки

№ снимка	Выявленный дефект	Размеры	Характерные признаки	Браковочный норматив	Заключение
1	Трещина	L=8 мм, раскрытие 0,15 мм	Темная линия с неровными краями	>0,1 мм браковка	Браковка
2	Пора	Ø 1,2 мм	Темное округлое пятно	В зависимости от требований	
3	Непровар	L=12 мм	Темная прямая линия вдоль шва	Не допускается	Браковка
4	Шлаковое включение	2×3 мм	Неправильной формы темное пятно		

Характерные признаки дефектов на радиографических снимках:

- **Трещина:** тонкая темная линия, часто извилистая, с резкими краями.

- **Непровар:** четкая прямая или слегка извилистая темная линия по оси шва.
 - **Пора:** округлое или овальное темное пятно с гладкими краями.
 - **Шлаковое включение:** неправильной формы темное пятно с неровными краями.
3. **Вопросы для обсуждения:**
- Какие дефекты наиболее опасны для сварных соединений?
 - Как отличить пору от шлакового включения?

Задание 4. Оформление протокола радиационного контроля (10 минут)

Цель: Овладеть навыками оформления технической документации по результатам радиационного контроля (ПК 2.3).

ПРОТОКОЛ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ № _____

1. Объект контроля:

- Наименование детали: _____
- Инвентарный номер: _____
- Материал: _____
- Толщина просвечиваемого металла: _____ мм
- Тип сварного соединения: _____

2. Условия проведения контроля:

- Дата проведения: _____
- Нормативный документ: ГОСТ 7512-82
- Метод контроля: (радиографический / радиоскопический / радиометрический)
- Источник излучения: _____
- Тип детектора: _____

3. Результаты контроля:

№ зоны	Наличие дефекта	Тип дефекта	Размеры (мм)	Допустимый норматив	Заключение
1					
2					
3					

4. Схема расположения дефектов на сварном соединении:

[Эскиз сварного шва с указанием зон расположения дефектов]

5. Заключение:

Сварное соединение _____ признано (годным / требующим ремонта / бракованным).

6. Исполнители:

(должность, ФИО, подпись)

Заключительный этап (10 минут)

1. Подведение итогов:

- Обсуждение результатов выполнения всех заданий.
- Демонстрация успешных примеров расшифровки снимков.
- Анализ типичных ошибок при распознавании дефектов.

2. Вопросы для самоконтроля:

- На каком физическом принципе основан радиационный метод контроля?
- Какие виды ионизирующего излучения применяются при радиационном контроле?
- Для контроля каких деталей подвижного состава применяется радиационный метод?

- Какие дефекты хорошо выявляются радиационным методом?
 - В чем отличие радиографического метода от радиоскопического?
 - Почему для контроля толстостенных деталей (>100 мм) требуется бетатрон?
 - Какие требования к геометрии контроля (SID, ODD) необходимо соблюдать?
- 3. Домашнее задание:**
- Оформить отчёт по практическому занятию.
 - Подготовить реферат по теме: «Сравнительная характеристика радиационного и ультразвукового методов контроля сварных соединений».
 - Изучить ГОСТ 7512-82 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Метод радиографический».

Критерии оценивания

Критерий	Показатели	Оценка
Знание области применения радиационного контроля	Полнота и точность заполнения таблицы	0-5 баллов
Знание технологической схемы контроля	Понимание принципов работы и параметров геометрии	0-5 баллов
Навыки расшифровки снимков	Правильность выявления и классификации дефектов	0-10 баллов
Качество оформления протокола	Полнота заполнения, соответствие требованиям	0-5 баллов
Ответы на вопросы самоконтроля	Правильность и полнота ответов	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала перевода:

- 27-30 баллов — «отлично»
- 22-26 баллов — «хорошо»
- 16-21 баллов — «удовлетворительно»
- менее 16 баллов — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 7

тема: «Изучение методики проведения ультразвукового контроля деталей и узлов железнодорожного подвижного состава»

Цель практического занятия: Освоить методику проведения ультразвукового контроля осей колёсных пар. Овладеть навыками выявления дефектов по эхо-сигналам на экране дефектоскопа.

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам

Код	Компетенция
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная лаборатория ультразвукового контроля

Материально-техническое обеспечение:

1. Ультразвуковые дефектоскопы:

- УД2-102 «ПЕЛЕНГ».
- УДС2-52 «ЗОНД-2» (8 каналов).

2. Пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП):

- Прямые (0°) для контроля оси с торца.
- Наклонные (40°, 50°, 65°-74°) для контроля с предподступичной части.

3. Образцы для настройки:

- Стандартный образец №3Р.
- ОСО-3Р.

4. Образцы для контроля:

- Ось колёсной пары (или макет) с искусственными дефектами.
- Образцы колёс.

5. Вспомогательное оборудование:

- Контактная смазка.
- Масштабная линейка.
- Безворсовая ветошь.

6. Техническая документация:

- РД 07.09-97 «Контроль осей колесных пар».
- ТИ 07.73-2009 «Контроль осей дефектоскопом УД2-102».
- Бланки протоколов УЗК.

Теоретическая часть

Физические основы ультразвукового контроля

Ультразвуковой контроль основан на свойствах ультразвуковых колебаний отражаться (рассеиваться) от поверхностей и неоднородностей в контролируемых деталях.

Типы волн, применяемые в дефектоскопии:

Тип волны	Направление колебаний	Скорость в стали	Применение
Продольная	Совпадает с направлением распространения	5900 м/с	Контроль с торца

Тип волны	Направление колебаний	Скорость в стали	Применение
Поперечная (сдвиговая)	Перпендикулярно направлению распространения	3260 м/с	Контроль наклонными ПЭП

Длина волны в стали при частоте 2,5 МГц: $\lambda = 2,36$ мм.

Особенности контроля осей колёсных пар

Неразрушающий контроль осей колёсных пар при ремонте является необходимым условием обеспечения безопасности перевозочного процесса.

Проблемы существующей методики (РД 07.09-97):

- Контроль оси разбит по зонам, контролируемым последовательно.
- Галтели оси (зоны перехода диаметров) остаются в «зонах тени», где зарождается более 10% трещин.
- На торцах осей типа РУ-1Ш болтовые отверстия перекрывают более половины сечения.
- Для доступа к торцу оси требуется демонтаж буксы.

Перспективная методика — контроль с предподступичной части:

- Преобразователи устанавливаются за лабиринтное кольцо буксового узла.
- Блок содержит несколько преобразователей с разными углами ввода.
- Озвучиваются зоны, где наиболее вероятно возникновение трещин.

Зоны контроля осей грузовых вагонов:

Зона	Границы для оси РУ-1Ш, мм от торца
Шейка (включая разгрузочную канавку)	113 — 183
Подступичная часть у внешней кромки ступицы	273 — 308
Подступичная часть у внутренней кромки ступицы	463 — 513

Многоканальный контроль

Дефектоскоп УДС2-52 «ЗОНД-2» имеет 8 независимых каналов с частотами 1,25, 2,5 и 5,0 МГц.

В многоканальном режиме применяется **В-развертка**: по оси X — перемещение преобразователя по периметру оси, по оси Y — время прихода сигнала (глубина).

Этапы ультразвукового контроля оси

1. Подготовка поверхности:

- Очистка от загрязнений, заусенцев, масла.
- Нанесение контактной смазки.

2. Настройка дефектоскопа:

- По стандартному образцу ОСО-3Р.
- Установка порога чувствительности.

3. Прозвучивание (по зонам):

- Прямым преобразователем (0°) — с торца.
- Наклонными преобразователями — с предподступичной части.

4. Анализ эхо-сигналов:

- О наличии дефекта свидетельствует сигнал в заданном интервале времени с амплитудой, превышающей порог.

5. Оценка результатов:

- Сравнение с браковочными нормативами.
- Фиксация координат и размеров дефекта.

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности.

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. **На каком физическом явлении основан ультразвуковой контроль?** — На отражении ультразвуковых колебаний от границ сред и неоднородностей.
2. **Какие типы волн применяются в УЗК и какова их скорость в стали?** — Продольные (5900 м/с) и поперечные (3260 м/с).
3. **Какие детали подвижного состава контролируются ультразвуком?** — Оси колёсных пар, колёса, сварные соединения.
4. **Что такое галтель оси и почему её контроль затруднён?** — Зона перехода диаметров; находится в «зоне тени» при контроле с торца.
5. **В чём отличие А-развёртки от В-развёртки?** — А-развёртка: амплитуда — время (для одноканального режима). В-развёртка: положение преобразователя — глубина (для многоканального).

Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Изучение устройства дефектоскопа УД2-102 «ПЕЛЕНГ» (10 минут)

Цель: Ознакомиться с конструкцией, органами управления и настройкой дефектоскопа.

Ход выполнения:

1. Студенты знакомятся с дефектоскопом УД2-102 «ПЕЛЕНГ».
2. Изучают состав:
 - Электронный блок.
 - Пьезоэлектрические преобразователи.
 - Кабели соединений.
 - Аккумулятор.
3. Изучают органы управления:
 - Настройка чувствительности.
 - Выбор канала.
 - Установка строба.
 - Индикация на экране.

Заполнить таблицу:

Параметр	Значение
Модель дефектоскопа	УД2-102 «ПЕЛЕНГ»
Рабочая частота	2,5 МГц
Тип индикации	А-развёртка

Параметр	Значение
Источник питания	Аккумулятор

Задание 2. Настройка дефектоскопа по стандартному образцу (10 минут)

Цель: Освоить процедуру настройки дефектоскопа по стандартному образцу ОСО-ЗР.

Ход выполнения:

1. Установить стандартный образец ОСО-ЗР.
2. Установить ПЭП на образец.
3. Получить стабильный эхо-сигнал от искусственного отражателя.
4. Отрегулировать усиление до заданного уровня (браковочный порог).
5. Зафиксировать параметры настройки.

Таблица настройки:

Параметр	Значение
Тип образца	ОСО-ЗР
Угол ввода ПЭП	___°
Усиление (дБ)	___
Браковочный уровень	___%

Задание 3. Проведение УЗК оси колёсной пары (25 минут)

Цель: Освоить методику контроля оси с предподступичной части.

Ход выполнения:

1. **Подготовка поверхности:**
 - Очистить поверхность предподступичной части.
 - Нанести контактную смазку.
2. **Установка акустического блока:**
 - Установить преобразователи за лабиринтное кольцо буксового узла.
 - Обеспечить центровку.

3. Проведение контроля по зонам:

Зона	ПЭП	Ожидаемый дефект	Признак
Шейка (113-183 мм)	Наклонный	Поперечная трещина	Эхо-сигнал в стробе
Подступичная часть (273-308 мм)	Наклонный	Трещина у ступицы	Эхо-сигнал > порога
Подступичная часть (463-513 мм)	Наклонный	Трещина у внутренней кромки	Эхо-сигнал > порога

4. Фиксация результатов:

- Записать координаты обнаруженных дефектов.
- Оценить амплитуду эхо-сигнала (в % от браковочного уровня).

Протокол контроля:

Зона	Координата, мм	Амплитуда сигнала, %	Характер дефекта	Заключение
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	—	—	—	—

Задание 4. Изучение многоканального контроля (10 минут)

Цель: Ознакомиться с преимуществами многоканального контроля.

Ход выполнения:

1. Изучить схему многоканального контроля дефектоскопом УДС2-52 «ЗОНД-2».
2. Рассмотреть В-развёртку на экране монитора.
3. Сравнить с А-развёрткой по информативности.

Вопросы для обсуждения:

- Какие преимущества даёт многоканальный контроль?
- Как влияет одновременная работа 8 каналов на производительность?
- Что отображается на В-развёртке?

Таблица сравнения развёрток:

Параметр	А-развёртка	В-развёртка
Координата X	Время прихода	Положение ПЭП
Координата Y	Амплитуда	Глубина (время)
Информативность	Точечная	Панорамная
Применение	Одноканальный	Многоканальный

Задание 5. Оформление протокола УЗК (5 минут)

Цель: Овладеть навыками оформления документации (ПК 2.3).

ПРОТОКОЛ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ № _____**1. Объект контроля:**

- Деталь: Ось колёсной пары _____
- Тип оси: _____
- Инвентарный номер: _____

2. Условия контроля:

- Дефектоскоп: _____
- ПЭП: _____
- Частота: _____ МГц
- Стандартный образец: _____
- Браковочный уровень: _____ %

3. Результаты контроля:

№ зоны	Координата, мм	Амплитуда, %	Тип дефекта	Заключение
1				
2				
3				

4. Заключение: Ось признана (годной / бракованной).

5. Исполнитель: _____

Заключительный этап (10 минут)

1. Подведение итогов:

- Обсуждение результатов контроля.
- Анализ типичных ошибок:
 - Недостаточный акустический контакт.
 - Неверная настройка чувствительности.
 - Ошибки в определении зон контроля.

2. Вопросы для самоконтроля:

- Почему галтели оси находятся в «зоне тени» при контроле с торца?
- Какие зоны оси контролируются с предподступичной части?
- Что такое В-развёртка и в чём её преимущество перед А-развёрткой?
- По какому документу проводится контроль осей?
- Какой дефектоскоп позволяет контролировать ось по 8 каналам одновременно?

3. Домашнее задание:

- Оформить отчёт по занятию.
- Изучить РД 07.09-97 «Контроль осей колесных пар».
- Подготовить реферат: «Сравнение методик контроля осей с торца и с предподступичной части».

Критерии оценивания

Критерий	Оценка
Знание устройства дефектоскопа	0-5 баллов
Правильность настройки	0-5 баллов
Навыки проведения контроля	0-10 баллов
Интерпретация эхо-сигналов	0-5 баллов
Оформление протокола	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала:

- 27-30 — «отлично»
- 22-26 — «хорошо»
- 16-21 — «удовлетворительно»
- <16 — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 8

тема: «Выбор контрольно-измерительных приборов и инструментов для определения состояния узлов и механизмов железнодорожного подвижного состава»

Цель практического занятия: Изучить классификацию контрольно-измерительных приборов и инструментов, применяемых для диагностики узлов и механизмов подвижного состава. Развивать умение анализировать техническое состояние узлов по показаниям контрольно-измерительных приборов

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная лаборатория технических измерений

Материально-техническое обеспечение:

1. Измерительный инструмент и приборы:

- Штангенциркуль (ШЦ-I, ШЦ-II) с ценой деления 0,05-0,1 мм.
- Микрометр гладкий (МК-25, МК-50) с ценой деления 0,01 мм.
- Индикатор часового типа (ИЧ-10) с ценой деления 0,01 мм.
- Нутромер индикаторный (НИ-10).
- Набор щупов (№1-4).
- Динамометрические ключи.
- Люфтомер.

2. Специализированное оборудование:

- Устройство вибродиагностики подшипников УДП-2001 (демонстрация).
- Контрольный образец для настройки КИП.

3. Образцы деталей для контроля:

- Образцы осей колёсных пар.
- Подшипники (различных типов).
- Валы, втулки, шлицевые соединения.

4. Техническая документация:

- Таблицы допусков и посадок.
- Инструкции по применению КИП.
- Бланки протоколов измерений.

Методическое обеспечение:

- Методические указания к практическому занятию.

- Плакаты с устройством контрольно-измерительных приспособлений.
- Раздаточные материалы с условиями задач.

Теоретическая часть

Классификация контрольно-измерительных приборов и инструментов

Контрольно-измерительные приборы (КИП) и инструменты применяются для проверки соответствия параметров узлов и деталей подвижного состава установленным нормам.

По назначению КИП делятся на группы:

Группа	Назначение	Примеры
Для контроля линейных размеров	Измерение диаметров, длин, глубин	Штангенциркуль, микрометр, нутромер
Для контроля отклонений формы и расположения	Проверка биения, прямолинейности, перпендикулярности	Индикатор часового типа, поверочная плита
Для контроля параметров зацепления	Проверка зубчатых колёс, шлицевых соединений	Зубомер, шаблоны
Для контроля технических жидкостей	Проверка вязкости, плотности	Вискозиметр, ареометр
Специализированные	Контроль конкретных узлов	Люфтомер, динамометрический ключ

По уровню механизации:

- **Ручные** — все операции выполняются человеком (штангенциркуль, микрометр).
- **Механизированные** — частичное участие человека (индикаторные приспособления).
- **Автоматизированные** — с участием оператора (вибродиагностические установки).
- **Автоматические** — работа без участия человека (стационарные системы контроля).

Основные требования к КИП

1. **Точность** — погрешность измерения должна соответствовать допуску контролируемого параметра.
2. **Технологичность** — удобство использования.
3. **Прочность конструкции** — надёжность при эксплуатации.
4. **Экономическая целесообразность.**

Условие годности контрольно-измерительного приспособления:

$$\Delta_{КИП} \leq k \times T_{п} \Delta_{КИП} \leq k \times T_{п}$$

где:

- $\Delta_{КИП}$ — допустимая погрешность измерения;
- $T_{п}$ — допуск контролируемого параметра;
- k — нормирующий коэффициент (0,2–0,35).

Методы диагностирования узлов подвижного состава

Для определения состояния узлов и механизмов применяются различные методы диагностирования:

Метод	Сущность	Применение
Органолептический	Использование органов чувств (зрение, слух, осязание)	Предварительный осмотр, выявление внешних дефектов
Параметрический	Измерение параметров с помощью приборов	Контроль геометрических размеров, зазоров
Вибродиагностический	Анализ вибрационных сигналов	Контроль подшипниковых узлов
Метод акустической эмиссии	Регистрация акустических сигналов	Диагностика узлов трения

Метрологическое обеспечение контроля

Для обеспечения достоверности контроля необходимо:

- Периодическая поверка контрольно-измерительных приборов.
- Калибровка по контрольным образцам.
- Ведение протоколов измерений.
- Соблюдение условий проведения измерений (температура, влажность).

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности при работе с измерительным инструментом.

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. **Какие виды контрольно-измерительных инструментов вы знаете?**
 - Штангенциркули, микрометры, индикаторы, щупы, угломеры.
2. **Что такое погрешность измерения и от чего она зависит?**
 - Отклонение результата измерения от истинного значения; зависит от инструмента, квалификации оператора, условий измерения.
3. **Какие параметры деталей подвижного состава подлежат контролю?**
 - Линейные размеры, зазоры, биение, твёрдость, состояние поверхностей.
4. **Какие методы диагностики применяются для контроля буксовых узлов?**
 - Вибродиагностика, амплитудный и энергетический анализ сигналов.

Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Изучение устройства и применения универсальных контрольно-измерительных инструментов (15 минут)

Цель: Изучить устройство, порядок работы и области применения основных контрольно-измерительных инструментов.

Ход выполнения:

Студенты знакомятся с набором измерительных инструментов, изучают их устройство и правила применения.

Заполнить таблицу:

Наименование инструмента	Цена деления	Измеряемые параметры	Правила применения
Штангенциркуль ШЦ-I	0,1 мм	Наружные и внутренние размеры, глубины	Губки плотно прижимать к детали
Микрометр МК-25	0,01 мм	Точные наружные размеры	Использовать трещотку для усилия
Индикатор часового типа ИЧ-10	0,01 мм	Биение, отклонения формы	Устанавливать на стойку, избегать ударов
Нутромер индикаторный НИ-10	0,01 мм	Внутренние диаметры	Настройка по калибру

Вопросы для обсуждения:

- Какова цена деления каждого инструмента и достаточна ли она для контроля конкретных деталей?
- В каких случаях применяется микрометр, а в каких — штангенциркуль?

Задание 2. Расчёт погрешности контрольно-измерительного приспособления (15 минут)

Цель: Научиться оценивать погрешность контрольно-измерительных приспособлений.

Ход выполнения:

Для контроля радиального биения детали используется приспособление с индикатором часового типа.

Исходные данные для расчёта:

- Допуск контролируемого параметра: $T_p = 0,1$ мм.
- Коэффициент нормирования: $k = 0,35$.
- Составляющие погрешности:
 - Погрешность базирования: $\Delta_b = 0$ мкм.
 - Погрешность приспособления: $\Delta_{пр} = 4$ мкм.
 - Погрешность индикаторной головки: $\Delta_{гол} = 3$ мкм.
 - Погрешность метода измерения: $\Delta_{мет} = 2$ мкм.

Необходимо:

1. Вычислить допустимую погрешность КИП.
2. Вычислить суммарную погрешность приспособления.
3. Сравнить с допустимым значением и сделать вывод о годности приспособления.

Решение:

1. Допустимая погрешность:
2. $\Delta_{КИП} = k \times T_p = 0,35 \times 0,1 = 0,035$ мм = 35 мкм.
3. Суммарная погрешность:
4. $\Delta_{\Sigma} = \Delta_b + \Delta_{пр} + \Delta_{гол} + \Delta_{мет} = 0 + 4 + 3 + 2 = 9$ мкм.
5. Сравнение:
6. $\Delta_{\Sigma} = 9$ мкм < $\Delta_{КИП} = 35$ мкм — условие выполняется.

Вывод: Приспособление пригодно для контроля радиального биения детали.

Самостоятельное задание: Рассчитать допустимую погрешность для контроля:

- Вариант 1: диаметр вала $T_p = 0,05$ мм, $k = 0,3$.

- Вариант 2: зазор в подшипнике $T_p=0,08$ $T_p=0,08$ мм, $k=0,35$ $k=0,35$.

Задание 3. Выбор КИП для контроля узлов подвижного состава (15 минут)

Цель: Научиться обоснованно выбирать контрольно-измерительные приборы для конкретных узлов и механизмов подвижного состава.

Ход выполнения:

Для каждого узла определить:

1. Контролируемый параметр.
2. Необходимый инструмент (метод контроля).
3. Требуемую точность (цену деления).
4. Дополнительные средства контроля (приспособления).

Узлы для анализа:

Узел	Контролируемый параметр	Рекомендуемый инструмент	Обоснование выбора
Шейка оси колесной пары	Диаметр шейки (вал)	Микрометр МК-50 (0,01 мм)	Высокая точность (отклонение 0,02-0,05 мм)
Внутренний диаметр втулки	Отверстие	Нутромер индикаторный (0,01 мм)	Точное измерение внутренних размеров
Биение зубчатого колеса	Радиальное биение	Индикатор часового типа на стойке	Требуется фиксация и вращение детали
Зазор в буксовом подшипнике	Люфт	Люфтомер	Специализированный прибор
Натяжение ремня (ремённая передача)	Сила натяжения	Динамометр	Непосредственное измерение силы
Состояние подшипника	Виброакустический сигнал	Устройство вибродиагностики УДП-2001	Выявление дефектов роликов, колец

Обсуждение: «Почему для контроля разных узлов требуются разные измерительные инструменты?»

Задание 4. Оценка технического состояния по результатам измерений (10 минут)

Цель: Научиться принимать решения о годности или браковке детали по результатам измерений.

Ход выполнения:

Студентам выдаются результаты измерений (реальные или смоделированные) и допусковые нормы.

Пример данных для анализа:

Деталь	Измеренный параметр	Номинальное значение	Допуск	Результат измерения	Заключение
Шейка оси (диаметр 50 мм)	Наружный диаметр	50,00 мм	$\pm 0,03$ мм	50,025 мм	Годна
Втулка (внутренний диаметр 40 мм)	Отверстие	40,00 мм	$\pm 0,02$ мм	40,035 мм	Браковка (превышен допуск)
Биеение вала	Радиальное биеение	0	$\leq 0,02$ мм	0,025 мм	Браковка (превышен допуск)

Порядок работы:

1. Определить, входит ли измеренное значение в допуск.
2. Сделать заключение: годна деталь, требует ремонта или бракуется.

Задание 5. Оформление протокола измерений (5 минут)

Цель: Овладеть навыками оформления документации по результатам контроля (ПК 2.3).

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЙ № _____

1. Объект контроля:

- Наименование детали: _____
- Инвентарный номер: _____
- Номер чертежа: _____

2. Условия измерений:

- Дата: _____
- Температура: _____ °C
- Применяемые КИП: _____

3. Результаты измерений:

Измеряемый параметр	Норма	Результат	Заключение

4. Заключение:

Деталь признана (годной / требующей ремонта / бракованной).

5. Исполнители:

(должность, ФИО, подпись)

Заключительный этап (10 минут)

1. Подведение итогов:

- Обсуждение результатов выполнения заданий.
- Анализ типичных ошибок при выборе КИП.
- Демонстрация правильного использования инструментов.

2. Вопросы для самоконтроля:

- Какова последовательность выбора КИП для конкретной задачи контроля?

- Что такое погрешность измерения и как её учитывают при выборе инструмента?
 - Какие методы диагностики используются для контроля буксовых узлов?
 - В каких случаях применяются органолептический и параметрический методы диагностики?
 - Почему необходимо периодически поверять КИП?
- 3. Домашнее задание:**
- Оформить отчёт по практическому занятию.
 - Подготовить доклад «Современные средства диагностики узлов подвижного состава».
 - Изучить правила применения микрометра и штангенциркуля по инструкциям.

Критерии оценивания

Критерий	Оценка
Знание устройства и назначения КИП	0-5 баллов
Правильность расчёта погрешности	0-5 баллов
Обоснованность выбора КИП для узлов	0-10 баллов
Качество анализа результатов измерений	0-5 баллов
Оформление протокола	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала:

- 27-30 — «отлично»
- 22-26 — «хорошо»
- 16-21 — «удовлетворительно»
- < 16 — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 9

тема: «Проверка якоря электродвигателя на отсутствие обрывов и межвитковых замыканий»

Цель практического занятия: Изучить основные неисправности якоря электродвигателя: обрывы обмотки, межвитковые замыкания, пробой на корпус. Освоить методики проверки якоря с помощью мультиметра, метода падения напряжения, индукционного и импульсного методов.

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности

Код	Компетенция
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Электротехническая лаборатория

Материально-техническое обеспечение:

1. Измерительные приборы:

- Мультиметр (цифровой) для измерения сопротивления.
- Мегаомметр на 500-1000 В для проверки сопротивления изоляции.
- Милливольтметр для метода падения напряжения.
- Тестер короткозамкнутых витков (индукционный метод).
- Импульсная установка ИУ-57 (или ИВ-3) для импульсного метода.

2. Образцы для контроля:

- Исправные якоря электродвигателей.
- Якоря с искусственными дефектами (обрыв, межвитковое замыкание, пробой на корпус).
- Якоря тяговых двигателей (например, НБ-418К6) и вспомогательных машин.

3. Вспомогательное оборудование:

- Источник низкого напряжения.
- Щупы, соединительные провода.
- Безворсовая ветошь, очистители.

4. Техническая документация:

- Правила ремонта тяговых двигателей (Инструкция ЦТ-635).
- ГОСТ 11828-86 «Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний».
- Бланки протоколов проверки якоря.

Теоретическая часть

Основные неисправности якоря электродвигателя

Якорь — одна из ключевых частей электрической машины, отвечающая за преобразование электрической энергии в механическую. Его неисправность напрямую влияет на работоспособность всего электродвигателя.

Наиболее распространённые дефекты якоря:

Неисправность	Причина	Последствия
Обрыв обмотки	Механическое повреждение, перегрев, плохая пайка к петушкам коллектора	Двигатель не вращается, неравномерная нагрузка, искрение
Межвитковое замыкание	Разрушение изоляции между витками из-за перегрева, вибрации, старения	Снижение сопротивления секции, перегрев, потеря мощности

Неисправность	Причина	Последствия
Замыкание на корпус (пробой изоляции)	Повреждение изоляции, попадание влаги, перегрев	Опасность поражения током, нестабильная работа
Плохой контакт в местах пайки к петушкам коллектора	Дефект пайки, вибрация	Повышенное переходное сопротивление, искрение, нагрев

Опасность межвитковых замыканий:

Межвитковое замыкание — одна из самых распространённых неисправностей якоря. При замыкании образуется замкнутый контур, по которому под действием наведённой электродвижущей силы протекает ток, что приводит к дополнительному нагреву и может вызвать выход двигателя из строя.

Методы проверки якоря

Метод падения напряжения (проверка целостности обмотки и качества пайки)

Метод основан на измерении падения напряжения на соседних коллекторных пластинах.

Порядок проведения:

1. К двум соседним пластинам коллектора подводят низкое напряжение (источник постоянного тока).
2. Милливольтметром измеряют падение напряжения на каждой паре соседних пластин.
3. При исправной обмотке падение напряжения на всех парах пластин одинаково.
4. Если на какой-либо паре пластин падение напряжения **больше**, чем на остальных — в данной секции обмотки имеется **обрыв** или ухудшен контакт в местах пайки.
5. Если на какой-либо паре пластин падение напряжения **меньше**, чем на остальных — в данной секции имеется **межвитковое замыкание**.

Допустимое отклонение: разница показаний не должна превышать 15-20% от среднего значения.

Индукционный метод (выявление межвитковых замыканий)

Метод применяется для выявления межвитковых замыканий в обмотках с сопротивлением не более 0,1 Ом (якоря тяговых двигателей).

Принцип действия:

1. К поверхности якоря подносят подковообразный электромагнит, подключённый к сети переменного тока.
2. Магнитный поток электромагнита пересекает витки секции обмотки и наводит в них ЭДС.
3. Если в секции есть межвитковое замыкание, образуется замкнутый контур, по которому течёт ток.
4. Это фиксируется по отклонению стрелки амперметра в цепи электромагнита и по снижению напряжения между пластинами коллектора.

Приборы для индукционного метода:

- Специализированные тестеры короткозамкнутых витков, работающие по принципу магнитного зондирования.
- Прибор Э202 для проверки якорей генераторов и стартеров.

5.2.3. Импульсный метод

Основан на сравнении изменения скорости распространения волн высокого напряжения по проводникам отдельных участков якорной обмотки.

Применяемое оборудование:

- Стационарная импульсная установка ИУ-57.
- Переносной прибор ИВ-3.

Принцип: импульсы высокого напряжения подаются на электроды, расположенные по рабочей поверхности коллектора. Если в секции есть межвитковое замыкание, разность потенциалов между электродами становится неравной нулю.

Проверка сопротивления изоляции (пробой на корпус)

Проверка выполняется мегаомметром на 500-1000 В.

Порядок:

1. Один провод мегаомметра подсоединяется к корпусу якоря (неокрашенное место).
2. Второй провод поочерёдно подсоединяется к каждому выводу обмотки.
3. Сопротивление изоляции должно быть **не менее 0,5 МОм**.

Наличие пробоя на корпус — признак того, что двигатель требует ремонта; подключать его к сети запрещено.

Методика определения межвиткового замыкания с помощью СКД (системы контроля двигателей)

Для диагностики тяговых электродвигателей применяется метод измерения параметра «НЕЙТРАЛЬ» с помощью СКД.

Принцип:

1. Угловое межщеточное перемещение якоря зависит от количества щёток: 2 щётки — 180°, 4 щётки — 90°, 6 щёток — 60°.
2. Межщеточный угол разделяют на сектора по 5-10°, чтобы получить 6-12 секторов.
3. Для каждого сектора измеряют значение «НЕЙТРАЛЬ» в режиме «ТЕСТЕР».
4. Строят график зависимости значения нейтрали от угла поворота якоря.
5. Если **разница между максимальным и минимальным значением составляет более 20% от максимума**, это указывает на наличие межвиткового замыкания якоря.

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности при работе с электроизмерительными приборами и напряжением.

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. **Какие основные неисправности якоря электродвигателя вам известны?**
 - Обрыв обмотки, межвитковое замыкание, пробой на корпус, плохая пайка к пятакам коллектора.
2. **Что такое межвитковое замыкание и чем оно опасно?**
 - Замыкание между соседними витками обмотки; приводит к перегреву, снижению мощности, может вызвать выход двигателя из строя.
3. **Какими приборами проверяется сопротивление изоляции обмоток?**
 - Мегаомметром на 500-1000 В.
4. **Какой метод позволяет наиболее точно определить место обрыва в обмотке якоря?**
 - Метод падения напряжения на коллекторных пластинах.

Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Внешний осмотр якоря (5 минут)

Цель: Научиться выявлять дефекты якоря по внешним признакам.

Ход выполнения:

Студенты получают образцы якорей (исправные и дефектные). Проводят внешний осмотр.

Признаки дефектов:

- Подгоревшие или оплавленные ламели коллектора.

- Следы искрения.
- Повреждения изоляции обмоток.
- Ослабление бандажей.
- Механические повреждения вала.

Заполнить протокол осмотра:

№ образца	Состояние коллектора	Состояние изоляции	Состояние бандажей	Предварительное заключение
1				
2				

Задание 2. Проверка якоря на отсутствие обрыва методом падения напряжения (20 минут)

Цель: Освоить методику проверки целостности обмотки якоря и качества пайки.

Ход выполнения:

1. Подготовить якорь к проверке: очистить коллектор, убедиться в отсутствии видимых дефектов.
2. Собрать схему для измерения падения напряжения на соседних коллекторных пластинах.
3. Поочерёдно измерять падение напряжения на всех парах соседних пластин.
4. Сравнить полученные значения.

Протокол измерений:

№ пары пластин	Падение напряжения, мВ	Отклонение от среднего, %	Заключение
1-2			
2-3			
3-4			
...			

Критерии оценки:

- Если отклонение превышает 15-20% от среднего значения — имеется дефект.
- **Увеличение** падения напряжения → обрыв или плохой контакт.
- **Уменьшение** падения напряжения → межвитковое замыкание.

Задание 3. Проверка якоря на межвитковое замыкание индукционным методом (20 минут)

Цель: Освоить методику выявления межвитковых замыканий с помощью тестера короткозамкнутых витков.

Ход выполнения:

1. Студенты знакомятся с тестером короткозамкнутых витков (или прибором Э202).
2. Подключают прибор к сети.
3. Устанавливают якорь в приспособление (катушку) прибора.
4. Плавно поворачивают якорь, наблюдая за показаниями прибора.

5. Фиксируют положения якоря, при которых показания прибора изменяются (это указывает на наличие короткозамкнутой секции).

Схема индукционного метода:

Электромагнит (питание ~220 В) → наводит ЭДС в витках обмотки → при межвитковом замыкании возникает замкнутый контур → рост тока в цепи электромагнита (амперметр) и снижение напряжения между пластинами (милливольтметр).

Вопрос для обсуждения: «Почему индукционный метод не применяется для обмоток с большим сопротивлением (вспомогательные машины)?» — Наведённые ЭДС и токи будут малы, приборы не зафиксируют замыкание.

Задание 4. Проверка сопротивления изоляции якоря (10 минут)

Цель: Научиться проверять якорь на отсутствие пробоя на корпус.

Ход выполнения:

1. Подготовить мегаомметр на 500-1000 В.
2. Подключить один провод к корпусу якоря (к неокрашенному месту).
3. Второй провод поочерёдно подключать к каждой коллекторной пластине.
4. Измерить сопротивление изоляции.
5. Сравнить с нормой (не менее 0,5 МОм).

Таблица измерений:

№ пластины	Сопротивление изоляции, МОм	Норма	Заключение
1		$\geq 0,5$	
2		$\geq 0,5$	
3		$\geq 0,5$	

Задание 5. Оформление протокола проверки якоря (5 минут)

Цель: Овладеть навыками оформления документации по результатам диагностики (ПК 2.3).

ПРОТОКОЛ ПРОВЕРКИ ЯКОРЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ № _____

1. Объект контроля:

- Тип двигателя: _____
- Заводской номер: _____
- Тип обмотки якоря: _____

2. Условия проверки:

- Дата: _____
- Применяемые приборы: _____

3. Результаты проверки:

Метод проверки	Результат	Норма	Заклучение
Внешний осмотр			
Метод падения напряжения		Отклонение $\leq 20\%$	
Индукционный метод		Отсутствие замыканий	

Метод проверки	Результат	Норма	Заключение
Сопротивление изоляции		$\geq 0,5 \text{ МОм}$	

4. Заключение:

Якорь признан (годным / требующим ремонта).

5. Исполнители:

(должность, ФИО, подпись)

Заключительный этап (10 минут)

1. Подведение итогов:

- Обсуждение результатов выполнения всех заданий.
- Демонстрация правильного определения дефектов.
- Анализ типичных ошибок при проведении измерений.

2. Вопросы для самоконтроля:

- Какими методами можно выявить обрыв обмотки якоря?
- Как определить межвитковое замыкание методом падения напряжения?
- В чём сущность индукционного метода проверки якоря?
- Какое сопротивление изоляции считается допустимым для якоря?
- Почему межвитковое замыкание приводит к перегреву двигателя?
- Какие приборы применяются для импульсного метода диагностики?

3. Домашнее задание:

- Оформить отчёт по практическому занятию.
- Подготовить реферат по теме: «Сравнительная характеристика методов диагностики якорей тяговых двигателей».
- Изучить раздел Правил ремонта тяговых двигателей (ЦТ-635) по дефектировке якорей.

Критерии оценивания

Критерий	Показатели	Оценка
Качество внешнего осмотра	Выявление видимых дефектов	0-5 баллов
Правильность измерений методом падения напряжения	Точность, соблюдение методики	0-10 баллов
Навыки работы с индукционным методом	Правильность интерпретации показаний	0-5 баллов
Правильность проверки изоляции	Соблюдение техники безопасности, точность измерений	0-5 баллов
Оформление протокола	Полнота заполнения	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала перевода:

- 27-30 баллов — «отлично»
- 22-26 баллов — «хорошо»
- 16-21 баллов — «удовлетворительно»
- менее 16 баллов — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 10

тема: «Заполнение ремонтного листа (дефектной ведомости) на тяговый двигатель»

Цель практического занятия: Изучить основные неисправности якоря электродвигателя: обрывы обмотки, межвитковые замыкания, пробой на корпус. Освоить методики проверки якоря с помощью мультиметра, метода падения напряжения, индукционного и импульсного методов.

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 09	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная лаборатория / аудитория для практических занятий

Материально-техническое обеспечение:

1. Образцы дефектных ведомостей:

- Бланки дефектных ведомостей на тяговые двигатели (учебные образцы).
- Заполненные образцы для ознакомления.

2. Результаты диагностики:

- Протоколы проверки якоря (из предыдущего занятия).
- Протоколы измерений основных узлов ТЭД.
- Результаты внешнего осмотра.

3. Техническая документация:

- СТО РЖД 1.13.001-2006 «Электрические машины электропоездов. Общее руководство по ремонту».
- ТИ 754 «Техническое обслуживание и ремонт тягового электродвигателя НБ-418».
- Таблицы допусков и износов деталей ТЭД.
- Перечень типовых дефектов ТЭД и способов их устранения.

Методическое обеспечение:

- Методические указания к практическому занятию.
- Раздаточный материал с образцами заполнения.
- Алгоритм заполнения дефектной ведомости.

Теоретическая часть

Дефектная ведомость: назначение и структура

Дефектная ведомость — технический документ, фиксирующий выявленные при осмотре неисправности, повреждения и дефекты оборудования. Она служит обоснованием для проведения ремонтных работ, расчёта их объёма и стоимости.

Основные функции дефектной ведомости на ТЭД:

- Документальное подтверждение необходимости ремонта или замены узлов.
- Основа для составления сметы и планирования ремонтных работ.
- Приложение к актам выполненных работ.
- Обоснование списания деталей при невозможности их восстановления.

Кто составляет дефектную ведомость:

- Специальная комиссия, назначенная руководителем предприятия.
- В состав комиссии включаются представители технических, ремонтных служб, а при необходимости — бухгалтерских подразделений.

Структура дефектной ведомости на тяговый двигатель

Несмотря на отсутствие унифицированной формы, дефектная ведомость на ТЭД должна содержать следующие обязательные элементы:

1. Заголовочная часть:

- Наименование организации (депо, ремонтный завод).
- Гриф утверждения («Утверждаю» с подписью руководителя).
- Наименование документа («Дефектная ведомость») с номером.
- Дата составления.

2. Сведения об объекте контроля:

- Тип ТЭД (например, НБ-418К6).
- Заводской номер и инвентарный номер.
- Вид ремонта (ТР-1, ТР-2, ТР-3, СР).
- Пробег (наработка) двигателя.

3. Сведения о комиссии:

- Состав комиссии (председатель и члены) с указанием должностей.

4. Таблица дефектов (основная часть):

В таблице фиксируются:

№ п/п	Наименование узла / детали	Описание дефекта	Метод выявления	Необходимый объём работ	Заключение
1	Якорь (обмотка)	Межвитковое замыкание в секции	Метод падения напряжения	Перемотка секции	Ремонт
2	Коллектор	Биение > 0,05 мм	Индикатор часового типа	Проточка коллектора	Ремонт

№ п/п	Наименование узла / детали	Описание дефекта	Метод выявления	Необходимый объём работ	Заключение
3	Подшипники	Износ (люфт)	Щуп, индикатор	Замена	Замена
4	Щётки	Износ до минимальной длины	Визуальный осмотр	Замена	Замена

5. Заключительная часть:

- Заключение комиссии (двигатель подлежит ремонту / списанию).
- Подписи всех членов комиссии.

Типовые дефекты тягового двигателя (по ТИ 754)

По технологической инструкции ТИ 754 для тягового двигателя НБ-418 выделяются следующие группы дефектов:

Электрическая часть:

- Межвитковые замыкания в обмотке якоря.
- Обрывы обмотки, плохая пайка к петушкам коллектора.
- Повреждение изоляции, пробой на корпус.
- Износ щёток, повреждение щёткодержателей.
- Повреждение катушек главных и дополнительных полюсов.

Механическая часть:

- Износ подшипников (роликовых и моторно-осевых).
- Биение коллектора, износ ламелей.
- Ослабление бандажей якоря.
- Износ вала якоря в местах посадки.
- Повреждение остова.

Правила заполнения дефектной ведомости

При заполнении следует соблюдать требования:

1. **Полнота описания:** дефект описывается с указанием характера повреждения (трещина, износ, замыкание), его размеров и точной локализации.
2. **Соответствие документации:** наименования узлов и деталей должны соответствовать чертежам и нормативной документации.
3. **Чёткость формулировок:** описание должно однозначно трактоваться ремонтным персоналом.
4. **Обоснованность решений:** заключение о ремонте или замене подтверждается ссылкой на браковочные нормативы.
5. **Отсутствие исправлений:** ошибки не допускаются; при необходимости документ переоформляется.

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Распределение студентов на подгруппы (по 2-3 человека).

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. Для чего составляется дефектная ведомость на тяговый двигатель?

- Для документирования выявленных неисправностей и обоснования необходимости ремонта или замены узлов.
- 2. **Какими нормативными документами регламентируется ремонт ТЭД?**
 - СТО РЖД 1.13.001-2006, ТИ 754 для двигателя НБ-418.
- 3. **Какие узлы ТЭД подвергаются дефектовке?**
 - Якорь (обмотка, коллектор, вал), подшипники, щёточно-коллекторный узел, остов, катушки полюсов.
- 4. **Кто входит в состав комиссии при составлении дефектной ведомости?**
 - Представители технических и ремонтных служб, назначенные руководителем.
- 5. **Какие методы контроля применяются при выявлении дефектов ТЭД?**
 - Внешний осмотр, метод падения напряжения, мегаомметрия, измерение биения, измерение зазоров.

Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Изучение образца дефектной ведомости (10 минут)

Цель: Ознакомиться со структурой и содержанием дефектной ведомости на ТЭД.

Ход выполнения:

Студенты получают заполненный образец дефектной ведомости на тяговый двигатель.

Изучить и законспектировать:

1. Состав реквизитов документа.
2. Структуру табличной части.
3. Типовые формулировки дефектов и способов устранения.
4. Порядок оформления заключительной части.

Вопросы для обсуждения:

- Какая информация должна быть указана в «шапке» документа?
- Почему необходимо указывать нормативно-техническую документацию при описании дефектов?
- Какие разделы дефектной ведомости имеют наибольшее значение для планирования ремонта?

Задание 2. Систематизация результатов диагностики (20 минут)

Цель: Научиться группировать результаты диагностики по узлам ТЭД для заполнения дефектной ведомости.

Ход выполнения:

Студенты получают пакет документов (протоколы проверок):

- Протокол проверки якоря методом падения напряжения.
- Протокол измерения сопротивления изоляции.
- Протокол измерения биения коллектора.
- Протокол осмотра щёточно-коллекторного узла.
- Протокол проверки подшипников.

На основании этих данных заполняется промежуточная таблица для дефектной ведомости:

Узел / деталь	Выявленный дефект	Метод контроля	Норма / браковочный норматив	Способ устранения
Например, якорь	Межвитковое замыкание в секции №4	Метод падения напряжения	Отклонение > 20%	Замена секции

Узел / деталь	Выявленный дефект	Метод контроля	Норма / браковочный норматив	Способ устранения
Например, коллектор	Биение 0,07 мм	Индикатор	Допустимо $\leq$ 0,05 мм	Проточка коллектора
Например, щётки	Износ до 12 мм	Визуальный осмотр	Минимальная длина 18 мм	Замена щёток

Задание 3. Заполнение бланка дефектной ведомости (20 минут)

Цель: Освоить технологию заполнения дефектной ведомости на ТЭД.

Ход выполнения:

На основании данных из задания 2 студенты заполняют бланк дефектной ведомости по следующей форме:

Примерный бланк дефектной ведомости:

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер

Эксплуатационное вагонное депо _____

/ФИО/

«___» _____ 2026 г.

ДЕФЕКТНАЯ ВЕДОМОСТЬ № _____

на ремонт тягового электродвигателя

1. Сведения об объекте контроля:

Параметр	Значение
Тип двигателя	НБ-418К6
Заводской номер	123456
Инвентарный номер	ТЭД-789
Вид ремонта	ТР-3
Пробег (наработка)	850 000 км
Дата осмотра	15.07.2026

2. Состав комиссии:

№	ФИО	Должность	Подпись
1	Иванов И.И.	Председатель, мастер цеха	
2	Петров П.П.	Член комиссии, дефектоскопист	
3	Сидоров С.С.	Член комиссии, слесарь-электрик	

3. Основание для проверки:

Приказ № ____ от _____

4. Результаты осмотра и дефектовка:

№ п/п	Наименование узла / детали	Описание дефекта	Метод контроля	Необходимые работы	Заключение (ремонт/замена)
1	Якорь (секция №4)	Межвитковое замыкание. Падение напряжения на пластинах 7-8 составило 12 мВ (при среднем 18 мВ)	Метод падения напряжения	Замена секции обмотки якоря	Ремонт
2	Коллектор	Биение 0,07 мм (допуск $\leq 0,05$ мм)	Индикатор часового типа	Проточка коллектора	Ремонт
3	Щётки	Износ до 12 мм (min допустимый 18 мм)	Визуальный осмотр	Замена щёток (6 шт.)	Замена
4	Роликовый подшипник (сторона тяги)	Радиальный зазор 0,12 мм (допуск $\leq 0,08$ мм)	Индикатор	Замена подшипника	Замена
5	Траверса щёткодержателей	Повреждение изоляции пальца №3	Мегаомметр ($R_{из} < 0,5$ МОм)	Замена изоляционного пальца	Ремонт

5. Перечень необходимых материалов и запасных частей:

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Примечание
1	Обмоточный провод ПЭТВ-2	кг	2,5	Для перемотки секции
2	Щётки ЭГ-4	шт.	6	
3	Подшипник роликовый	шт.	1	

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Примечание
4	Палец изоляционный	шт.	1	
5	Стеклолента ЛЭС-0,2х35	м	10	

6. Заключение комиссии:

Тяговый электродвигатель НБ-418К6 № 123456 признан подлежащим ремонту в объёме ТР-3. Рекомендуемые сроки выполнения ремонтных работ: 15 рабочих дней.

7. Члены комиссии:

Должность	ФИО	Подпись
Председатель комиссии	Иванов И.И.	
Член комиссии	Петров П.П.	
Член комиссии	Сидоров С.С.	

Задание 4. Анализ и обсуждение (10 минут)

Цель: Закрепить навыки оформления дефектной ведомости и научиться оценивать корректность заполнения.

Ход выполнения:

1. Группы обмениваются заполненными ведомостями.
2. Проводится взаимопроверка по критериям:
 - Полнота заполнения всех реквизитов.
 - Корректность описания дефектов.
 - Соответствие наименований узлов нормативной документации.
 - Обоснованность решений о ремонте / замене.
3. Представители групп зачитывают наиболее интересные случаи дефектовки.
4. Преподаватель комментирует ошибки и даёт рекомендации.

Критерии оценки заполнения:

Критерий	Максимальный балл
Полнота заполнения реквизитов	0-5
Корректность описания дефектов	0-5
Соответствие требованиям документации	0-5
Обоснованность заключений	0-5

Заключительный этап (10 минут)

1. Подведение итогов:

- Обсуждение типичных ошибок при заполнении дефектной ведомости.
- Демонстрация корректно заполненного образца.

- Выставление оценок за практическую работу.
- 2. Вопросы для самоконтроля:**
 - Каково назначение дефектной ведомости на тяговый двигатель?
 - Какие обязательные реквизиты должна содержать дефектная ведомость?
 - В какой последовательности заполняется дефектная ведомость?
 - Какие типовые дефекты ТЭД фиксируются в дефектной ведомости?
 - Какие документы служат нормативной базой при составлении дефектной ведомости?
- 3. Домашнее задание:**
 - Оформить отчет по практическому занятию (включает заполненную дефектную ведомость).
 - Изучить раздел СТО РЖД 1.13.001-2006, касающийся дефектовки ТЭД.
 - Подготовить реферат на тему: «Автоматизированные системы ведения дефектной документации в локомотивном депо».

Критерии оценивания

Критерий	Показатели	Оценка
Знание структуры дефектной ведомости	Полнота и точность описания разделов документа	0-5 баллов
Умение систематизировать результаты диагностики	Качество заполнения промежуточной таблицы	0-5 баллов
Качество заполнения дефектной ведомости	Полнота, корректность, соответствие требованиям	0-10 баллов
Анализ и взаимопроверка	Качество выявленных ошибок и предложений	0-5 баллов
Оформление отчёта	Аккуратность, полнота	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала перевода:

- 27-30 баллов — «отлично»
- 22-26 баллов — «хорошо»
- 16-21 баллов — «удовлетворительно»
- менее 16 баллов — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 11

тема: «Определение параметров электродвигателя при его работе»

Цель практического занятия: Освоить методику снятия механической характеристики электродвигателя: зависимости угловой скорости от электромагнитного момента. Научиться определять электромагнитные параметры двигателя (активные сопротивления, индуктивности) по результатам измерений токов и напряжений

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Электротехническая лаборатория / стенд для испытаний тяговых двигателей

Материально-техническое обеспечение:

1. **Испытуемый двигатель:**
 - Тяговый электродвигатель постоянного тока (например, ТЛ-2К1) или асинхронный двигатель с фазным ротором.
2. **Нагрузочное устройство:**
 - Двигатель постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ), механически соединённый с испытуемым двигателем. Нагрузочная машина позволяет регулировать момент нагрузки на валу испытуемого двигателя и работать в генераторном или двигательном режимах.
3. **Измерительная аппаратура:**
 - Цифровой тахометр для измерения частоты вращения вала.
 - Амперметры (для тока якоря, тока возбуждения).
 - Вольтметры (для напряжения питания, напряжения на якоре).
 - Анализатор качества электрической энергии (для фиксации напряжения, тока, формы синусоидальности и коэффициента гармоник).
 - Индикатор часового типа (для измерения биения коллектора).
4. **Вспомогательное оборудование:**
 - Реостаты в цепях якоря и возбуждения нагрузочной машины.
 - Соединительные провода.
 - Безворсовая ветошь, очистители.
5. **Техническая документация:**
 - Методические указания к лабораторной работе.
 - Паспортные данные испытуемого и нагрузочного двигателей.
 - Бланки протоколов испытаний.

Теоретическая часть

Основные диагностические параметры ТЭД при работе

Процесс работы ТЭД определяется совокупностью электрических и механических факторов, влияющих на условия контактирования щётки с коллектором. Основные параметры, подлежащие контролю при работе двигателя, можно разделить на группы:

Группа параметров	Контролируемые величины	Метод контроля
Электрические	Напряжение, ток, потребляемая мощность, коэффициент гармоник напряжения	Анализатор качества энергии
Механические	Частота вращения (угловая скорость), момент на валу	Тахометр, расчёт по току нагрузки
Параметры состояния коллектора	Биение коллектора, перепады высоты ламелей, гармонический состав профиля	Индикатор, профилометр
Тепловые	Температура обмоток, подшипников	Термометры, тепловизоры

Механическая характеристика электродвигателя

Механическая характеристика представляет собой зависимость угловой скорости вращения вала от электромагнитного момента двигателя: $\omega = f(M)$.

Для её экспериментального определения необходимо изменять момент нагрузки на валу двигателя (например, с помощью нагрузочной машины) и фиксировать установившуюся угловую скорость при каждом значении нагрузки. Момент двигателя определяется расчётным путём по электрическим параметрам или косвенно по моменту нагрузки на валу.

Особенности снятия характеристики:

- Измерения проводятся после достижения установившегося режима ($d\omega/dt = 0$).
- Скорость холостого хода фиксируется при отключенной нагрузке.
- Точка пересечения механической характеристики двигателя и характеристики нагрузки ($\omega = f(M_k)$) является точкой устойчивой работы электропривода.

Определение параметров по электрическим измерениям

Для определения параметров двигателя в процессе работы применяется метод, основанный на измерении мгновенных значений токов и напряжений в фазах статора (для асинхронных двигателей) или в цепи якоря (для двигателей постоянного тока).

Базовые расчётные соотношения:

1. Мощность, потребляемая из сети:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (\text{для переменного тока})$$

$$P = U \cdot I \quad P = U \cdot I \quad (\text{для постоянного тока})$$

2. Электромагнитный момент (для ДПТ):

$M = C \cdot I_a$ $M = C \cdot I_a$, где C — коэффициент, зависящий от магнитного потока, I_a — ток якоря.

3. Коэффициент пропорциональности C может быть определён по паспортным данным:

$C = \frac{U_n - I_n \cdot R}{\omega_n}$ $C = \frac{U_n - I_n \cdot R}{\omega_n}$, где U_n, I_n, R, ω_n — номинальное напряжение, ток, сопротивление якорной цепи и номинальная угловая скорость.

Диагностика состояния коллектора

Биение коллектора является основным контролируемым параметром, однако его одного недостаточно для полной оценки качества рабочей поверхности. Необходим расчёт дополнительных параметров:

- Перепады высоты ламелей — определяют механическую силу в контакте «щётка-коллектор».
- Среднее квадратическое отклонение (СКО) перепадов ламелей — предложено использовать для оценки качества ремонта коллекторов.

- **Гармонический состав профиля коллектора** — практически не влияет на коэффициент неустойчивости контакта при малых перепадах, но учитывается при комплексной диагностике.

Нестабильность контакта приводит к искрению под щётками, повышенному износу и риску круговых огней.

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности при работе с электроустановками и вращающимися механизмами.

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. **Что такое механическая характеристика электродвигателя и как она влияет на работу привода?** — Зависимость $\omega = f(M)$, определяет режимы работы и устойчивость системы.
2. **Какие параметры характеризуют электрический режим работы двигателя?** — Напряжение, ток, потребляемая мощность, коэффициент мощности (для переменного тока).
3. **Почему важно контролировать биение коллектора при работе ТЭД?** — Нестабильность контакта «щётка-коллектор» вызывает искрение, износ и риск круговых огней.
4. **Как изменяется ток якоря двигателя при увеличении механической нагрузки?** — Ток возрастает пропорционально увеличению электромагнитного момента.

Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Снятие механической характеристики (25 минут)

Цель: Освоить методику экспериментального получения механической характеристики электродвигателя.

Ход выполнения:

1. Собрать схему: испытуемый двигатель механически соединён с нагрузочной машиной (ДПТ НВ).
2. Запустить испытуемый двигатель и зафиксировать его скорость холостого хода с помощью тахометра.
3. Постепенно увеличивать нагрузку (создавая тормозной момент нагрузочной машиной). На каждом шаге после выхода на установившийся режим фиксировать:
 - частоту вращения вала ω (тахометр);
 - ток якоря испытуемого двигателя I .
4. По току якоря рассчитать электромагнитный момент по формуле: $M = C \cdot I M = C \cdot I$, где C — предварительно рассчитанный по паспортным данным коэффициент.

5. Заполнить протокол:

№ измерения	ω , рад/с (об/мин)	I , А	$M = C \cdot I M = C \cdot I$, Н·м	Режим
1 (х.х.)			≈ 0	Холостой ход
2				Нагружен
3				Нагружен
...				

6. Построить график $\omega = f(M)$ на миллиметровке.

Контрольный вопрос: Как изменится механическая характеристика при ослаблении возбуждения двигателя?

Задание 2. Определение электрических параметров (20 минут)

Цель: Научиться определять параметры двигателя по показаниям измерительных приборов в рабочем режиме.

Ход выполнения:

- С помощью анализатора качества электрической энергии (или мультиметра) зафиксировать для заданного нагрузочного режима:
 - действующие значения напряжения UU и тока II ;
 - коэффициент мощности $\cos[f_0]\varphi\cos\varphi$ (для переменного тока);
 - форму сигнала напряжения (наличие гармоник).
- Рассчитать потребляемую активную мощность:
 - для постоянного тока: $P=U \cdot I$; $P=U \cdot I$;
 - для переменного тока: $P=U \cdot I \cdot \cos[f_0]\varphi$; $P=U \cdot I \cdot \cos\varphi$.
- По известному КПД двигателя (из паспортных данных) оценить полезную механическую мощность на валу: $P_{\text{мех}}=P \cdot \eta$; $P_{\text{мех}}=P \cdot \eta$.
- Сравнить полученное значение механической мощности с расчётным по механической характеристике: $P_{\text{мех}}=M \cdot \omega$; $P_{\text{мех}}=M \cdot \omega$.
- Оценить отклонение и сделать вывод о достоверности измерений.

Протокол электрических измерений:

Параметр	Обозначение	Значение
Напряжение питания	UU	___ В
Ток	II	___ А
$\cos[f_0]\varphi\cos\varphi$ (для ~ тока)	$\cos[f_0]\varphi\cos\varphi$	___
Потребляемая мощность	PP	___ Вт
Угловая скорость	$\omega\omega$	___ рад/с
Момент (из задания 1)	MM	___ Н·м
Механическая мощность	$P_{\text{мех}}=M \cdot \omega$; $P_{\text{мех}}=M \cdot \omega$	___ Вт

Контрольный вопрос: Как влияют высшие гармоники напряжения на работу тягового двигателя? — Вызывают дополнительные потери, нагрев и ухудшают коммутацию.

Задание 3. Оценка состояния коллектора (10 минут)

Цель: Освоить методику оценки состояния коллектора по параметрам биения и перепадов ламелей.

Ход выполнения:

- Установить индикатор часового типа на стойку так, чтобы его измерительный наконечник касался поверхности коллектора.
- Медленно провернуть якорь двигателя вручную.
- Зафиксировать максимальное и минимальное показания индикатора. Разность — полное биение коллектора.

4. Сравнить с допустимым значением (по технической документации, например, $\leq 0,05$ мм для ТЭД).
5. При наличии профилометра или дополнительных данных оценить **перепады высоты между соседними ламелями** и рассчитать **среднее квадратическое отклонение (СКО)** этих перепадов.
6. Сделать заключение о состоянии коллектора.

Протокол оценки коллектора:

Параметр	Значение	Допуск	Заключение
Полное биение коллектора	___ мм	$\leq 0,05$ мм	
Максимальный перепад ламелей	___ мм	По РД	
СКО перепадов (при наличии данных)	___	—	

Контрольный вопрос: Почему для оценки качества ремонта коллектора рекомендуется учитывать СКО перепадов ламелей, а не только максимальное биение? — СКО лучше характеризует равномерность поверхности и устойчивость контакта щёток.

Задание 4. Оформление отчёта (5 минут)

Цель: Систематизировать результаты измерений и расчётов.

Структура отчёта:

1. Название и цель работы.
2. Схема экспериментальной установки.
3. Таблицы с результатами измерений и расчётов (задания 1–3).
4. График механической характеристики $\omega=f(M)$.
5. Расчёт погрешности и выводы:
 - соответствуют ли полученные характеристики паспортным;
 - состояние коллектора по результатам диагностики;
 - рекомендации по дальнейшей эксплуатации или ремонту.

Заключительный этап (10 минут)

1. **Подведение итогов:**
 - Обсуждение графиков механических характеристик, полученных разными группами.
 - Анализ выявленных отклонений и их возможных причин (износ, плохая коммутация, дефекты коллектора).
 - Демонстрация правильного оформления отчёта.
2. **Вопросы для самоконтроля:**
 - Каков порядок снятия механической характеристики электродвигателя?
 - Как определить электромагнитный момент двигателя постоянного тока косвенным методом?
 - Почему биение коллектора является важным диагностическим параметром?
 - Какие дополнительные параметры, кроме биения, характеризуют состояние коллектора?
 - Как влияет нагрузка на ток якоря и потребляемую мощность двигателя?
3. **Домашнее задание:**
 - Завершить оформление отчёта.
 - Подготовить реферат: «Современные методы диагностики тяговых двигателей по электрическим параметрам (спектральный анализ тока, метод мгновенной мощности)».
 - Изучить методику построения механических характеристик по паспортным данным без проведения эксперимента.

Критерии оценивания

Критерий	Оценка
Правильность измерений и расчётов при снятии механической характеристики	0-10 баллов
Качество расчёта электрических параметров и сравнения с механической мощностью	0-5 баллов
Правильность диагностики коллектора	0-5 баллов
Качество оформления отчёта (таблицы, график, выводы)	0-5 баллов
Ответы на контрольные вопросы	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала:

- 27-30 — «отлично»
- 22-26 — «хорошо»
- 16-21 — «удовлетворительно»
- < 16 — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 12

тема: «Определение параметров электродвигателя при его работе»

Цель практического занятия: Освоить методику обработки экспериментальных данных, полученных при измерении нажатия ползца токоприемника. Научиться рассчитывать основные показатели статической характеристики: наименьшее активное нажатие, наибольшее пассивное нажатие, двойное трение в шарнирах. Овладеть навыками построения статической характеристики по опытным данным. Освоить расчёт поперечной и продольной жесткости токоприемника

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 09	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава

Код	Компетенция
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная аудитория/лаборатория с действующим стендом токоприемника

Материально-техническое обеспечение:

1. Лабораторный стенд:

- Токоприемник (пантограф) типа П-3 или аналогичный.

2. Измерительное оборудование:

- Переносной динамометр для измерения нажатия ползца.
- Рулетка/линейка для измерения высоты подъема.
- Весоизмерительный датчик (при наличии).

3. Методическое обеспечение:

- Методические указания к практическому занятию.
- Бланки отчёта с таблицами для заполнения.
- Нормативные значения показателей (ГОСТ 32204-2013).
- Раздаточный материал с примерами расчёта.

4. Техническая документация:

- ГОСТ 32204-2013 «Токоприемники железнодорожного электроподвижного состава.

Общие технические условия».

- Стандартные нормы показателей токоприемников (таблица 1).

Теоретическая часть

Статическая характеристика токоприемника

Статическая характеристика токоприемника представляет собой зависимость силы нажатия ползца на контактный провод от высоты его подъема. Она является одной из важнейших характеристик, определяющих качество токосъема и надёжность работы токоприемника.

При снятии статической характеристики измеряют две ветви:

- **Активное нажатие** — сила, измеряемая при подъёме ползца токоприемника (движение вверх).
- **Пассивное нажатие** — сила, измеряемая при опускании ползца токоприемника (движение вниз).

Разница между активным и пассивным нажатием обусловлена трением в шарнирных соединениях токоприемника. Эта разница характеризует техническое состояние механизма.

Основные показатели статической характеристики

По ГОСТ 32204-2013 для токоприемников лёгкого типа устанавливаются следующие нормативы:

Показатель	Нормативное значение
Наименьшее активное нажатие	Не менее 70 Н
Наибольшее пассивное нажатие	Не более 110 Н
Разница между наибольшим и наименьшим нажатиями при одностороннем движении	Не более 15 Н

Показатель	Нормативное значение
Двойное трение в шарнирах, приведенное к полозу	Не более 20 Н
Поперечная жесткость	Не менее 17 Н/мм
Продольная жесткость	Не менее 12 Н/мм
Приведенная масса	Не более 33 кг

Расчётные формулы

1. Двойное трение в шарнирах — определяется как разность между наибольшим пассивным и наибольшим активным (или наименьшим) нажатиями:

$$F_{\text{тр}} = R_{\text{пасс}} - R_{\text{акт}} \quad F_{\text{тр}} = R_{\text{пасс}} - R_{\text{акт}}$$

где $R_{\text{пасс}}$ — наибольшее пассивное нажатие, $R_{\text{акт}}$ — активное нажатие при соответствующей высоте.

2. Поперечная жесткость вычисляется по формуле:

$$J_{\text{пп}} = R / \Delta f_{\text{пп}} \quad J_{\text{пп}} = R / \Delta f_{\text{пп}}$$

где R — усилие, приложенное поперёк направления движения, $\Delta f_{\text{пп}}$ — поперечное перемещение полоза под действием усилия.

3. Продольная жесткость вычисляется аналогично:

$$J_{\text{нд}} = R / \Delta f_{\text{нд}} \quad J_{\text{нд}} = R / \Delta f_{\text{нд}}$$

Рекомендации по снятию статической характеристики

Согласно методическим указаниям к лабораторным работам, порядок измерений следующий:

1. Токоприемник устанавливается на стенде в рабочее положение.
2. Измерения проводятся при подъёме (активное нажатие) и опускании (пассивное нажатие) через заданные промежутки высоты (обычно через 50-100 мм).
3. Используется переносной динамометр, который устанавливается на полз токоприемника в месте контакта с проводом.
4. По полученным данным строится график зависимости нажатия от высоты.
5. На основе построенной характеристики делается заключение о техническом состоянии токоприемника.

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности при работе со стендом токоприемника.
- Распределение студентов на подгруппы (по 2-3 человека).

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. **Что такое статическая характеристика токоприемника?**
 - Зависимость силы нажатия полоза на контактный провод от высоты его подъёма.
2. **Какие виды нажатия измеряются при снятии статической характеристики?**
 - Активное (при подъёме) и пассивное (при опускании).
3. **Почему активное и пассивное нажатия отличаются?**
 - Из-за наличия трения в шарнирных соединениях.
4. **Какое значение должно иметь наименьшее активное нажатие по ГОСТ?**
 - Не менее 70 Н для лёгких токоприемников.

5. Что характеризует разница между наибольшим и наименьшим нажатиями?

- Стабильность характеристики, не должна превышать 15 Н.

Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Получение опытных данных (15 минут)

Цель: Провести измерения нажатия полоза токоприемника при подъёме и опускании.

Ход выполнения:

1. Установить токоприемник на стенде в полностью опущенное положение.
2. Используя динамометр, измерить усилие отрыва полоза от нижнего упора — **начальное активное нажатие**.
3. Производить подъём полоза с фиксацией высоты и измерением силы нажатия через каждые 50 мм (от 0 до максимальной рабочей высоты 2200 мм).
4. После достижения максимальной высоты произвести измерения при опускании (пассивное нажатие) через те же промежутки высоты.
5. Занести результаты в таблицу.

Бланк таблицы измерений:

Высота подъёма, мм	Активное нажатие (подъём), Н	Пассивное нажатие (опускание), Н
0 (начальное)		—
50		
100		
150		
...		
2200 (макс.)		

Примечание: при отсутствии возможности проведения натурных измерений допускается использовать опытные данные, полученные на предыдущих занятиях или предоставленные преподавателем.

Задание 2. Обработка опытных данных и расчёт показателей (20 минут)

Цель: На основе полученных экспериментальных данных рассчитать основные показатели статической характеристики.

Ход выполнения:

По данным таблицы измерений выполнить расчёт следующих показателей:

1. Наименьшее активное нажатие — минимальное значение в столбце «Активное нажатие» (обычно на начальной высоте).

2. Наибольшее пассивное нажатие — максимальное значение в столбце «Пассивное нажатие».

3. Разница между наибольшим и наименьшим нажатиями при подъёме (или при опускании):

$$\Delta P_{\text{подъём}} = P_{\text{актmax}} - P_{\text{актmin}} \quad \Delta P_{\text{подъём}} = P_{\text{актmax}} - P_{\text{актmin}}$$

$$\Delta P_{\text{опуск}} = P_{\text{пассmax}} - P_{\text{пассmin}} \quad \Delta P_{\text{опуск}} = P_{\text{пассmax}} - P_{\text{пассmin}}$$

4. Двойное трение в шарнирах при каждой высоте — разность между пассивным и активным нажатием:

$$F_{\text{тр}}(h) = P_{\text{пасс}}(h) - P_{\text{акт}}(h) \quad F_{\text{тр}}(h) = P_{\text{пасс}}(h) - P_{\text{акт}}(h)$$

Максимальное значение из полученных принимается за **двойное трение в шарнирах, приведенное к полозу.**

5. Среднее значение нажатия — полусумма активного и пассивного нажатий при каждой высоте:

$$P_{\text{ср}}(h) = P_{\text{акт}}(h) + P_{\text{пасс}}(h) / 2 \quad P_{\text{ср}}(h) = 2P_{\text{акт}}(h) + P_{\text{пасс}}(h)$$

Бланк расчётной таблицы:

Высота, мм	Ракт, Н	Рпасс, Н	Ртр, Н	Рср, Н
50				
100				
...				
2200				

Контрольные вопросы:

- Соответствуют ли полученные значения требованиям ГОСТ 32204-2013?
- Какие выводы можно сделать о состоянии шарнирных соединений токоприемника?

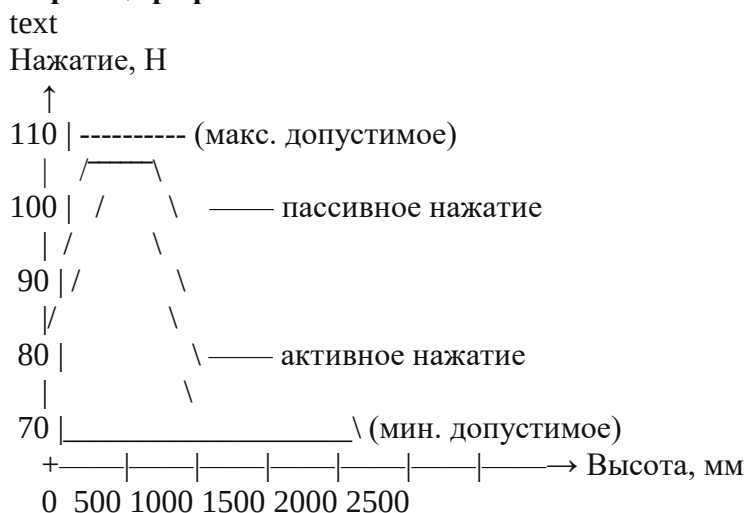
Задание 3. Построение статической характеристики (15 минут)

Цель: Построить график статической характеристики токоприемника по расчётным данным.

Ход выполнения:

1. На миллиметровой бумаге или в электронной таблице построить график зависимости нажатия от высоты подъёма.
2. Оси координат:
 - По оси X — высота подъёма полоза (мм).
 - По оси Y — сила нажатия (Н).
3. Нанести точки для активного и пассивного нажатия.
4. Соединить точки, построив две ветви характеристики.
5. При необходимости построить дополнительно:
 - линию среднего нажатия;
 - линию допустимого минимума (70 Н) и максимума (110 Н).
6. Подписать характеристику.

Образец графика:



Вопросы для анализа графика:

- Является ли характеристика монотонной?
- Где наблюдается наибольшее расхождение между активным и пассивным нажатием?
- Не выходит ли нажатие за пределы допустимого диапазона (70-110 Н)?

Задание 4. Расчёт жесткости токоприемника (10 минут)

Цель: Рассчитать поперечную и продольную жесткость токоприемника по опытным данным.

Ход выполнения:

Исходные данные (предоставляются преподавателем или берутся из протокола испытаний):

Параметр	Значение
Усилие поперечное, Н	100
Поперечное перемещение, мм	5,8
Усилие продольное, Н	100
Продольное перемещение, мм	8,1

Расчёт:

1. Поперечная жесткость:

$$J_{пп} = P / \Delta f_{пп} = 100 / 5,8 = 17,24 \text{ Н/мм} \quad J_{пп} = \Delta f_{пп} P = 5,8 / 100 = 17,24 \text{ Н/мм}$$

2. Продольная жесткость:

$$J_{нд} = P / \Delta f_{нд} = 100 / 8,1 = 12,35 \text{ Н/мм} \quad J_{нд} = \Delta f_{нд} P = 8,1 / 100 = 12,35 \text{ Н/мм}$$

3. Сравнить с нормативными значениями:

- Поперечная жесткость $\geq 17 \text{ Н/мм}$
- Продольная жесткость $\geq 12 \text{ Н/мм}$

Задание 5. Оформление протокола испытаний (оформляется в отчёте)

Цель: Оформить протокол по результатам расчёта и построения характеристики.

ПРОТОКОЛ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОКОПРИЕМНИКА

1. Объект испытаний:

- Тип токоприемника: _____
- Заводской номер: _____
- Дата испытаний: _____

2. Условия испытаний:

- Средства измерений: _____
- Температура окружающей среды: _____ °C

3. Результаты измерений и расчётов:

Параметр	Значение	Норма по ГОСТ 32204	Соответствие
Наименьшее активное нажатие, Н		≥ 70	
Наибольшее пассивное нажатие, Н		≤ 110	

Параметр	Значение	Норма по ГОСТ 32204	Соответствие
Разница между наибольшим и наименьшим нажатиями, Н		≤ 15	
Двойное трение в шарнирах, Н		≤ 20	
Поперечная жесткость, Н/мм		≥ 17	
Продольная жесткость, Н/мм		≥ 12	

4. Статическая характеристика:

[График]

5. Заключение:

Токоприемник _____ по результатам статических испытаний признан (годным к эксплуатации / требующим регулировки / требующим ремонта).

6. Исполнители:

(должность, ФИО, подпись)

Заключительный этап (10 минут)

1. Подведение итогов:

- Обсуждение полученных характеристик.
- Сравнение результатов, полученных разными группами.
- Анализ отклонений и их возможных причин.
- Демонстрация правильного оформления отчёта.

2. Вопросы для самоконтроля:

- Что такое статическая характеристика токоприемника и для чего она снимается?
- Какие параметры определяются при снятии статической характеристики?
- Каковы нормативные значения основных показателей по ГОСТ 32204-2013?
- О чём свидетельствует увеличение разницы между активным и пассивным нажатием?
- Как рассчитывается поперечная жесткость токоприемника?
- Почему важно, чтобы характеристика была монотонной (без провалов)?

3. Домашнее задание:

- Завершить оформление отчёта по практическому занятию (с таблицами, графиком и выводами).
- Подготовить реферат по теме: «Влияние статической характеристики токоприемника на качество токосъёма при высоких скоростях движения».
- Изучить раздел ГОСТ 32204-2013, касающийся статических испытаний токоприемников.

Критерии оценивания

Критерий	Показатели	Оценка
Качество выполнения измерений	Точность фиксации показаний динамометра	0-5 баллов

Критерий	Показатели	Оценка
Правильность расчёта показателей	Точность расчёта активного и пассивного нажатия, трения	0-5 баллов
Качество построения графика	Аккуратность, соответствие масштабу, наличие всех ветвей	0-10 баллов
Правильность расчёта жесткости	Корректность применения формул, сравнение с нормативами	0-5 баллов
Оформление протокола	Полнота заполнения, качество выводов	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала перевода:

- 27-30 баллов — «отлично»
- 22-26 баллов — «хорошо»
- 16-21 баллов — «удовлетворительно»
- менее 16 баллов — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 13

тема: «Приемка колесной пары после формирования»

Цель практического занятия: Изучить порядок приёмки колесной пары после формирования в соответствии с требованиями ГОСТ 11018-2011 и нормативно-технической документацией. Овладеть навыками оформления приёмочной документации и маркировки колесной пары

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 09	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная лаборатория / колесный цех (учебный полигон)

Материально-техническое обеспечение:

1. **Сформированная колесная пара** (или её макет) для приёмки.
2. **Измерительный инструмент:**
 - Штангенциркуль, микрометрический нутромер, микрометрическая скоба.
 - Индикатор часового типа с магнитной стойкой.
 - Шаблоны для проверки профиля бандажа (обода) колеса.
 - Набор щупов.
3. **Средства неразрушающего контроля:**
 - Ультразвуковой дефектоскоп (для контроля осей и колёс).
 - Магнитопорошковый дефектоскоп (для поверхностных дефектов).
 - Средства визуального контроля (лупы, эндоскопы).
4. **Техническая документация:**
 - Документация на элементы колесной пары: сертификаты на новые детали, формуляры колесной пары и зубчатого колеса, документы по НК.
 - Диаграммы запрессовки колес на ось (эталонные и бракованные).
 - ГОСТ 11018-2011 «Колесные пары тягового подвижного состава...».
 - РД 32.144-2000 по приёмочному неразрушающему контролю.
 - Бланки протоколов приёмки.

Методическое обеспечение:

- Методические указания к практическому занятию.
- Плакаты с изображением правильной и бракованной диаграмм запрессовки.
- Образцы маркировки колесной пары.

Теоретическая часть

Формирование колесной пары и задачи приёмки

Формированием колесной пары называется её изготовление из новых элементов (или переформирование при ремонте). При формировании на ось напрессовываются колеса (или колесные центры с бандажами), а также зубчатые колёса. Основным методом формирования для тягового подвижного состава — **прессовый** (холодная запрессовка на гидравлическом прессе). Также применяется **тепловой метод** (нагрев ступицы колеса перед посадкой).

Задачи приёмочного контроля после формирования:

1. Проверка прочности посадочных соединений (по диаграммам запрессовки или испытанию на сдвиг).
2. Проверка геометрических параметров и биения.
3. Проверка отсутствия дефектов методами НК.
4. Проверка маркировки и оформление документации.

Контроль процесса запрессовки по диаграмме

При прессовом методе формирования на гидравлическом прессе фиксируется **диаграмма усилия запрессовки**. Она является основным документом, подтверждающим качество соединения колеса с осью.

Требования к нормальной диаграмме:

- Кривая должна иметь **плавную форму**, слегка **выпуклую вверх**.
- Усилие должно **плавно нарастать** по всей длине запрессовки.
- Конечное усилие запрессовки должно соответствовать нормативным значениям (для колёсных пар ТПС с конструкционной скоростью до 200 км/ч — по таблице 1 ГОСТ 11018).
- Отклонения от установленной формы диаграммы являются основанием для браковки соединения.

Шаблон-диаграмма применяется для проверки годности диаграммы: отклонения кривой за пределы шаблона не допускаются.

Последовательность приёмки колесной пары

Приёмка проводится комиссией (на заводе — мастер ОТК и инспектор-приемщик).

Перечень предъявляемых документов:

- Диаграммы запрессовки (при прессовом методе).
- Диаграммы проверки на сдвиг (при тепловом методе).
- Сертификаты на новые составные части.
- Формуляры колесной пары и зубчатого колеса.
- Документы по неразрушающему контролю деталей.

Перечень контролируемых параметров:

1. **Прочность соединения:** по диаграмме (прессовый метод) или по результатам испытания на сдвиг (тепловой метод).
2. **Отсутствие дефектов:** ультразвуковой контроль осей и колёс, магнитопорошковый контроль поверхностей.
3. **Геометрические размеры:** посадочные диаметры, ширина бандажа, расстояние между внутренними гранями колёс.
4. **Радиальное биение** круга катания.
5. **Профиль бандажа (обода)** — проверка шаблоном.
6. **Качество обработки поверхностей** (шероховатость, отсутствие задиров).
7. **Плотность посадки бандажа** (обстукиванием).
8. **Электрическое сопротивление** между колёсами (для тягового подвижного состава).

Маркировка колесной пары

На правом торце оси (если смотреть от одного из концов) наносятся знаки и клейма:

- **Зона I (при изготовлении оси):** товарный знак предприятия, месяц и год изготовления, порядковый номер оси, клейма ОТК.
- **Зона II (при формировании):** обозначение метода формирования (Ф — прессовый, ФТ — тепловой), условный номер предприятия-формирователя, месяц и год формирования, клейма приёмки, клеймо балансировки.

Маркировка должна быть чёткой и читаемой; нечитаемая маркировка — основание для браковки колесной пары.

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности при работе с измерительным инструментом и НК-оборудованием.
- Распределение студентов на подгруппы (по 2-3 человека).

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. **Что такое формирование колесной пары?** — Изготовление колесной пары из новых элементов (напрессовка колёс и зубчатых колёс на ось).
2. **Какие методы формирования колесных пар применяются?** — Прессовый (холодная запрессовка) и тепловой (нагрев ступицы колеса).
3. **Какой документ является основным при контроле прессовой посадки?** — Диаграмма усилия запрессовки.
4. **Какие виды неразрушающего контроля применяются при приёмке?** — Ультразвуковой (внутренние дефекты) и магнитопорошковый или вихретоковый (поверхностные).
5. **Где и какие знаки маркировки наносятся на колесную пару?** — На правом торце оси (зоны I и II) — клейма предприятий, даты, метод формирования.

Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Проверка прочности соединения по диаграмме запрессовки (15 минут)

Цель: Научиться анализировать диаграмму усилия запрессовки и оценивать качество соединения.

Ход выполнения:

Студенты получают набор диаграмм запрессовки (эталонные и бракованные).

Анализ диаграммы по критериям:**1. Форма кривой:**

- Нормальная: плавная, слегка выпуклая вверх.
- Бракованная: с резкими скачками, впадинами, горизонтальными участками.

2. Конечное усилие запрессовки:

- Сравнить с нормативными значениями по таблице 1 ГОСТ 11018-2011 (для ТПС с конструкционной скоростью до 200 км/ч).

3. Длина соединения:

- Проверить соответствие фактической длины запрессовки проектной длине ступицы колеса.

Заполнить протокол анализа:

№ диаграммы	Характер кривой	Конечное усилие, кН	Норма, кН	Длина соединения, мм	Заключение
1	Плавная, выпуклая	490	480-530	175	Годна
2	Скачок в конце	510	480-530	170	Браковка
3	Плавная, пологая	420	480-530	178	Браковка

Контрольный вопрос: «О чём свидетельствует резкий скачок усилия в конце диаграммы запрессовки?»

Задание 2. Проверка геометрических параметров и биения (20 минут)

Цель: Освоить методику контроля основных геометрических размеров и биения сформированной колесной пары.

Ход выполнения:

1. Используя измерительный инструмент, провести контроль следующих параметров:

Контролируемый параметр	Метод контроля	Норма (по ГОСТ 11018)	Фактическое значение	Заключение
Расстояние между внутренними гранями колёс	Рулетка	По чертежу		
Ширина бандажа	Штангенциркуль (3 сечения)	По чертежу		

Контролируемый параметр	Метод контроля	Норма (по ГОСТ 11018)	Фактическое значение	Заключение
Радиальное биение круга катания	Индикатор часового типа	$\leq 0,5$ мм		
Толщина гребня	Шаблон	≥ 33 мм		
Высота гребня	Шаблон	28-30 мм		

2. Проверить профиль бандажа (обода) соответствующим шаблоном:
 - Зазор между шаблоном и профилем по поверхности катания не должен превышать 0,5 мм.
 - Зазор по толщине гребня — не более 0,5 мм.
 - Зазор по высоте гребня — не более 1 мм.

Задание 3. Контроль отсутствия дефектов неразрушающими методами (15 минут)

Цель: Ознакомиться с объёмом и методикой неразрушающего контроля при приёмке колесной пары.

Ход выполнения:

1. Изучить требования РД 32.144-2000 по видам и объёмам НК.

Обязательные виды НК:

- **Ультразвуковой контроль** осей и колёс на отсутствие внутренних дефектов.
- **Визуальный контроль** поверхностей.
- **Магнитопорошковый контроль** поверхностных дефектов (или вихретоковый).

Зоны контроля:

- Оси: шейки, подступичные части, галтели.
- Колёса: поверхность катания, диск, ступица.

2. На учебном образце с помощью магнитопорошкового или вихретокового дефектоскопа проверить поверхность на отсутствие трещин.

Заполнить протокол НК:

№ детали	Метод контроля	Зона контроля	Результат	Заключение
Ось	УЗК	Подступичная часть	Дефектов нет	Годна
Ось	УЗК	Шейка	Дефектов нет	Годна
Колесо левое	МПК	Ступица	Дефектов нет	Годна
Колесо правое	МПК	Диск	Дефектов нет	Годна

Задание 4. Оформление приёмочной документации и маркировки (10 минут)

Цель: Освоить оформление документации по результатам приёмки и правила маркировки.

Ход выполнения:

1. Оформить заключительный протокол приёмки по форме:

ПРОТОКОЛ ПРИЁМКИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ПОСЛЕ ФОРМИРОВАНИЯ № _____

1. Данные о колесной паре:

- Тип колесной пары: _____
- Заводской номер оси: _____
- Дата формирования: _____

2. Предъявленные документы:

- Сертификаты на колеса (№ _____)
- Сертификаты на ось (№ _____)
- Диаграммы запрессовки (№ _____)
- Формуляр колесной пары (№ _____)
- Документы по НК деталей

3. Результаты контроля:

Проверяемый параметр	Результат	Соответствие ГОСТ 11018
Прочность соединения по диаграмме		Да / Нет
Расстояние между внутр. гранями	_____ мм	Да / Нет
Радиальное биение круга катания	_____ мм	Да / Нет
Профиль бандажа (шаблон)		Да / Нет
НК осей и колёс		Да / Нет

4. Заключение комиссии:

Колесная пара _____ признана **ГОДНОЙ** и подлежит маркировке и передаче в эксплуатацию.

5. Члены комиссии:

Должность	ФИО	Подпись
Председатель		
Член комиссии		

2. Выполнить на учебном макете (или схеме) **маркировку** колесной пары в соответствии с требованиями:

Зона II (на правом торце оси):

- Ф — метод формирования (прессовый).
- Условный номер предприятия-формирователя.
- Месяц и год формирования (например, VII 2026).
- Клейма ОТК и представителя приёмки.
- Клеймо балансировки.

Заключительный этап (10 минут)

1. Подведение итогов:

- Обсуждение результатов выполнения заданий.
- Анализ типичных ошибок при анализе диаграмм.
- Демонстрация правильного оформления протокола приёмки.

2. Вопросы для самоконтроля:

- Какие документы должны быть предъявлены при приёмке колесной пары?
- Какие требования предъявляются к диаграмме усилия запрессовки?
- Какие методы НК являются обязательными при приёмке?
- Какие геометрические параметры контролируются у сформированной колесной пары?
- Где и какие клейма ставятся на колесной паре после приёмки?

3. Домашнее задание:

- Оформить отчёт по практическому занятию (включает заполненные протоколы).
- Изучить ГОСТ 11018-2011 (разделы 5 «Формирование», 6 «Приёмо-сдаточные испытания», 7 «Методы контроля»).
- Подготовить реферат по теме: «Сравнительный анализ прессового и теплового методов формирования колесных пар».

Критерии оценивания

Критерий	Показатели	Оценка
Анализ диаграммы запрессовки	Правильность выявления брака по форме и усилию	0-5 баллов
Контроль геометрических параметров	Точность измерений, соответствие нормативам	0-10 баллов
Знание методов НК при приёмке	Правильность выбора методов и зон контроля	0-5 баллов
Оформление протокола приёмки	Полнота заполнения, качество выводов	0-5 баллов
Знание правил маркировки	Правильность нанесения знаков и клейм	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала перевода:

- 27-30 баллов — «отлично»
- 22-26 баллов — «хорошо»
- 16-21 баллов — «удовлетворительно»
- менее 16 баллов — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 14

тема: «Диагностика неисправностей подшипникового буксового узла»

Цель практического занятия: Изучить основные неисправности буксовых узлов с роликовыми подшипниками и причины их возникновения. Освоить методы диагностики буксовых узлов: контроль температуры, вибродиагностика, акустико-эмиссионный контроль, контроль торцевого крепления

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная лаборатория / колесный цех

Материально-техническое обеспечение:

1. **Образцы буксовых узлов:**
 - Буксовый узел в сборе (рабочий и дефектный).
 - Разобранные подшипники с различными дефектами (усталостное выкрашивание, шелушение, повреждение сепаратора, коррозия).
 2. **Диагностическое оборудование:**
 - Термометр контактный «Кельвин» для измерения температуры буксы.
 - Приборы бесконтактного теплового контроля (инфракрасный термометр).
 - Комплект щупов для проверки зазоров.
 - Контрольный молоток для проверки торцевого крепления.
 - Дефектоскопы для неразрушающего контроля.
 - Щуп Басалаева для проверки зазора между корпусом буксы и лабиринтным кольцом.
 3. **Техническая документация:**
 - Таблицы допусков и износов деталей буксовых узлов.
 - Бланки протоколов диагностики.
 - Инструкция по осмотру буксовых узлов.
- Методическое обеспечение:**
- Методические указания к практическому занятию.
 - Плакаты с основными неисправностями буксовых узлов.
 - Альбом внешних признаков неисправностей.

Теоретическая часть

Назначение и конструкция буксового узла

Буксовый узел предназначен для передачи через подшипники вертикальной нагрузки от веса подвижного состава на вращающиеся оси колесных пар, а также для передачи продольных горизонтальных сил от колесных пар через раму движущемуся составу. Основным рабочим элементом буксового узла является подшипниковый узел, обеспечивающий механическую связь невращающихся конструкций с вращающейся колесной парой.

Типы роликовых подшипников в буксовых узлах:

- Цилиндрические роликовые подшипники.
- Сферические (бочкообразные) ролики.
- Однорядные и двухрядные.

Основные неисправности подшипников буксовых узлов

В эксплуатации в буксах встречаются следующие повреждения: нагрев, трещины в корпусе, обрыв и износ поводков, износ сменных опор балансиров и осевых упоров, износ и дефекты роликовых подшипников.

Основные неисправности подшипников:

Неисправность	Причина	Внешний признак
Усталостное выкрашивание (расслоение)	Усталостные напряжения	Шелушение поверхностей качения
Разрушение сепаратора	Обводнение смазки, недостаток смазки, механические повреждения	Выброс смазки с металлическими включениями
Проворот внутреннего кольца	Ослабление натяга	Смещение буксы, нагрев, дым
Заклинивание подшипника	Отсутствие смазки, перекос	Колесная пара идёт юзом, скрежет
Коррозия	Попадание влаги	Изменение цвета, точечная коррозия
Износ тел качения	Абразивный износ	Повышенный зазор, шум

Основные методы диагностики буксовых узлов

1. Контроль температуры нагрева

В эксплуатации работоспособность подшипников определяется главным образом температурой нагрева буксовых узлов. Основной контроль изменения температуры производится с помощью автоматизированных устройств, считывающих информацию по нагреву буксового узла с помощью инфракрасного излучателя (ПОНАБ, ДИСК, АСДК-Б, КТСМ, КТСМ-01). Кроме того, локомотивная бригада проверяет состояние букс при приемке и сдаче локомотива путем ощупывания тыльной стороной ладони или проверкой контактным электронным термометром.

Критерии аварийного нагрева:

- Температура более **80-89 °С**.
- Температура узла отличается от температуры окружающего воздуха более чем на **50 °С**.

2. Вибродиагностика

Диагностика буксовых подшипников проводится с применением метода вибродиагностики, при котором дефект обнаруживается в спектре вибрации на определенных частотах, а его количественное значение определяется как сумма амплитуд этих частот. По значениям частот формируется признак дефекта, по значениям амплитуд — его количественное значение.

3. Акустико-эмиссионный контроль

Патентованный способ диагностирования колец подшипников буксового узла основан на регистрации сигналов акустической эмиссии при механическом нагружении кольца подшипника. Преимущество метода — возможность определения координат развивающихся дефектов.

4. Контроль торцевого крепления

Путем обстукивания смотровой крышки ниже её центра определяют исправность торцевого крепления. При обрыве болтов стопорной планки слышен второй отзвук от удара (отбой). Если гайка отвернулась, при ударе молотком слышен глухой звук.

5. Визуальный и инструментальный контроль

Метод	Применение
Внешний осмотр	Выявление трещин, вмятин, пробоин, подтёков смазки
Проверка зазоров щупом	Радиальный зазор подшипников
Проверка щупом Басалаева	Зазор между корпусом буксы и лабиринтным кольцом
Неразрушающий контроль	Вихретоковый контроль сепараторов, магнитопорошковый

Диагностическая модель и планирование ремонта

Переход на ремонт по фактическому состоянию подразумевает поэтапную диагностику:

1. **Первичная диагностика после ремонта** — получение начальных значений диагностических параметров.
2. **Вторичная диагностика** — расчёт скорости роста износа и оставшегося ресурса.
3. **Третья диагностика** — контроль при достижении критического пробега, учёт возможного ускорения износа.

Оставшийся ресурс рассчитывается по формуле:

$$\tau = \frac{x_k - x_i}{v} = \frac{x_{\text{крит}} - x_i}{v}$$

где x_k — критическое значение признака дефекта, x_i — текущее значение, v — скорость изменения признака.

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности при работе с буксовыми узлами и измерительными приборами.

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

1. **Каково назначение буксового узла в конструкции подвижного состава?** — Передача нагрузки от кузова на колесные пары и обеспечение вращения оси.
2. **Какие типы подшипников применяются в буксовых узлах?** — Цилиндрические и сферические роликовые, однорядные и двухрядные.
3. **Какие методы контроля температуры букс существуют?** — Приборы бесконтактного теплового контроля (ПОНАБ, ДИСК, КТСМ), контактные термометры, ощупывание.
4. **Какое значение температуры считается аварийным для буксового узла?** — Более 80-89 °С или превышение температуры окружающего воздуха более чем на 50 °С.

Основная часть занятия (60 минут)**Задание 1. Внешний осмотр буксового узла (10 минут)**

Цель: Научиться выявлять неисправности буксового узла по внешним признакам.

Ход выполнения:

Студенты получают образцы буксовых узлов (или их фотографии) с различными дефектами.

Выявить следующие признаки неисправностей:

Внешний признак	Вероятная причина
Повышенный нагрев корпуса относительно соседних	Недостаток или избыток смазки, начало разрушения подшипника
Выброс смазки на диск и обод колеса	Разрушение подшипника, обводнение смазки
Вмятины, пробоины, выпуклости на смотровой крышке	Разрушение торцевого крепления подшипников
Корпус буксы наклонён относительно шейки оси	Проворот внутреннего кольца подшипника
Смещение корпуса буксы вдоль шейки оси	Разрушение подшипника, повреждение торцевого крепления
При остукивании слышны двойные удары (отбой)	Обрыв болтов торцевого крепления
Появление дыма, запаха горелой смазки	Неисправность полиамидного сепаратора

Заполнить протокол осмотра:

№ образца	Выявленный признак	Вероятная неисправность	Предварительное заключение
1			
2			
3			

Задание 2. Контроль температуры и торцевого крепления (15 минут)

Цель: Освоить методику контроля температуры и проверки торцевого крепления буксового узла.

Ход выполнения:**1. Контроль температуры:**

- Измерить температуру корпуса буксы тыльной стороной ладони (ориентировочно).
- Произвести измерение контактным термометром «Кельвин».
- Сравнить температуру с соседними буксами.
- Сделать заключение: нагрев в норме/повышен/аварийный.

2. Проверка торцевого крепления:

- Нанести лёгкий удар контрольным молотком ниже центра смотровой крышки.
- Оценить звук: глухой, звонкий, наличие двойного удара.
- Сделать заключение о состоянии торцевого крепления.

Протокол контроля:

№ буксы	Температура, °С	Сравнение с другими	Результат остукивания	Заключение
1				
2				

Задание 3. Диагностика подшипника (20 минут)

Цель: Овладеть методикой выявления дефектов подшипника при разборке и инструментальном контроле.

Ход выполнения:

Студенты получают разобранный подшипник (или образцы отдельных деталей).

1. Осмотр элементов подшипника:

- Наружное кольцо (дорожка качения, борта).
- Внутреннее кольцо (дорожка качения, поверхность посадочного отверстия).
- Сепаратор (состояние перемычек, основания).
- Ролики (поверхность качения, торцы).

2. Выявить дефекты:

Элемент	Возможные дефекты
Наружное кольцо	Усталостное выкрашивание, трещины, коррозия, следы заклинивания
Внутреннее кольцо	Шелушение, трещины, цвета побежалости (ожог), проворот на шейке
Сепаратор	Износ перемычек, излом, трещины
Ролики	Огранка, выкрашивание, задиры, коррозия

Заполнить протокол дефектовки подшипника:

Деталь подшипника	Состояние	Выявленные дефекты	Заключение (годен/ремонт/брак)
Наружное кольцо			
Внутреннее кольцо			

Деталь подшипника	Состояние	Выявленные дефекты	Заключение (годен/ремонт/брак)
Сепаратор			
Ролики			

3. Измерение радиального зазора:

- Установить подшипник на столе или в приспособлении.
- Провести измерения в трёх положениях (поворот наружного кольца на 120°).
- Сравнить с допускаемыми значениями (для грузовых вагонов: 0,115-0,17 мм для новых, до 0,25 мм для ремонтных).

Задание 4. Оформление заключения о состоянии буксового узла (15 минут)

Цель: Оформить документацию по результатам диагностики.

ПРОТОКОЛ ДИАГНОСТИКИ БУКСОВОГО УЗЛА № _____

1. Объект диагностики:

- Тип вагона/локомотива: _____
- Номер колёсной пары: _____
- Тип подшипников: _____
- Дата диагностики: _____

2. Результаты диагностики:

Метод диагностики	Результат	Норма/допуск	Заклучение
Внешний осмотр			
Контроль температуры	___ °C	≤ 80 °C / ≤ (Токр + 50°C)	
Контроль торцевого крепления		Отсутствие отбоев	
Осмотр подшипниковых колец			
Радиальный зазор	___ мм	0,115-0,17 мм (0,25 мм — рем.)	

3. Выявленные неисправности:

№	Неисправность	Характер	Причина	Способ устранения
1				
2				

4. Заключение:

Буксовый узел признан (годным к эксплуатации / требующим ремонта / подлежащим замене).

5. Рекомендации:

-

6. Исполнители:

(должность, ФИО, подпись)

6.4. Заключительный этап (10 минут)

1. Подведение итогов:

- Обсуждение результатов диагностики.
- Анализ типичных ошибок.
- Демонстрация правильного определения неисправностей.

2. Вопросы для самоконтроля:

- Какие основные неисправности буксовых узлов встречаются в эксплуатации?
- Какие методы используются для диагностики буксовых узлов?
- Каков порядок проверки температуры буксового узла?
- Что такое «отбой» при остукивании смотровой крышки и о чём он свидетельствует?
- Какие дефекты подшипника выявляются при осмотре?
- Какие последствия могут возникнуть при несвоевременном выявлении неисправности буксового узла?

3. Домашнее задание:

- Оформить отчёт по практическому занятию.
- Подготовить реферат: «Современные системы диагностики буксовых узлов (КТСМ, ДИСК, ПОНАБ)».
- Изучить таблицы допусков и износов буксовых узлов по технической документации.

Критерии оценивания

Критерий	Оценка
Качество внешнего осмотра, выявление признаков неисправностей	0-5 баллов
Правильность контроля температуры и торцевого крепления	0-5 баллов
Качество дефектовки подшипника	0-10 баллов
Правильность оформления протокола	0-5 баллов
Ответы на контрольные вопросы	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала перевода:

- 27-30 баллов — «отлично»
- 22-26 баллов — «хорошо»
- 16-21 баллов — «удовлетворительно»
- менее 16 баллов — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 15

тема: «Проработка порядка испытания и регулировки основных тормозных приборов и тормозного оборудования железнодорожного подвижного состава»

Цель практического занятия: Изучить порядок испытания и регулировки основных тормозных приборов (крана машиниста, крана вспомогательного тормоза, воздухораспределителей). Овладеть навыками оформления документации по результатам испытаний.

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная лаборатория тормозного оборудования / тренажерный класс

Материально-техническое обеспечение:

1. Стенды и тренажеры:

- Тренажерный комплекс для изучения работы приборов управления тормозами (щит с кранами, воздухораспределителем, тормозным цилиндром, манометрами).

- Пневматический стенд с компрессорной установкой.

2. Тормозные приборы (образцы для изучения):

- Кран машиниста усл. № 394 (395) .
- Кран вспомогательного тормоза усл. № 254 .
- Воздухораспределитель № 483 (грузовой).
- Воздухораспределитель № 292 (пассажирский/грузовой).
- Электровоздухораспределитель № 305.
- Тормозной цилиндр.
- Запасной резервуар, уравнивательный резервуар.

3. Измерительное оборудование:

- Манометры для измерения давления в тормозной магистрали и тормозном цилиндре.
- Штангенциркуль / линейка для измерения выхода штока тормозного цилиндра.
- Набор щупов.

4. Техническая документация:

- Инструкция по техническому обслуживанию, ремонту и испытанию тормозного оборудования локомотивов и МВПС (Распоряжение ОАО «РЖД» № 3508/р).
- Бланки протоколов испытаний.

Методическое обеспечение:

- Методические указания к практическому занятию.
- Плакаты и схемы тормозного пневматического оборудования.

Теоретическая часть

Основные виды технического обслуживания и ремонта тормозного оборудования

Техническое обслуживание и ремонт тормозного оборудования выполняются в соответствии с нормативно-технической документацией.

Техническое обслуживание (ТО):

Вид ТО	Периодичность	Исполнитель	Основные работы
ТО-1	При приёмке/сдаче локомотива	Локомотивная бригада	Осмотр, проверка действия тормозов
ТО-2	В установленные сроки	Комплексная бригада слесарей	Осмотр, регулировка, испытание, устранение неисправностей
ТО-3	В установленные сроки	Комплексная бригада слесарей	Более глубокий осмотр и регулировка

Ремонты:

Вид ремонта	Объём работ
ТР-1, ТР-2, ТР-3	Ревизия тормозного оборудования, замена или ремонт отдельных узлов, испытание и регулировка
Средний ремонт (СР)	Замена повреждённых и изношенных узлов, восстановление эксплуатационных характеристик
Капитальный ремонт (КР)	Полная замена оборудования, выработавшего срок службы

Основные тормозные приборы и их неисправности

1. Кран машиниста усл. № 394 (395)

- Назначение: управление тормозами поезда.
- Типичные неисправности: утечка воздуха, неплотное закрытие, нарушение регулировки, износ уплотнительных колец.

2. Кран вспомогательного тормоза локомотива усл. № 254

- Назначение: управление тормозами локомотива независимо от поезда.
- Типичные неисправности: утечка, заклинивание, нарушение регулировки.

3. Воздухораспределитель № 483

- Назначение: управление тормозом в грузовом вагоне (зарядка, торможение, отпуск).
- Типичные неисправности: несвоевременное срабатывание, утечка, засорение.

4. Воздухораспределитель № 292.001

- Назначение: используется как резервный при электропневматическом тормозе в пассажирских вагонах.

- Типичные неисправности: утечка, нарушение работы клапанов.

5. Электровоздухораспределитель № 305

- Назначение: управление электропневматическим тормозом.
- Типичные неисправности: отказ электромагнитов, нарушение герметичности.

5.3. Опробование тормозов

Полное опробование тормозов проводится:

- на станциях формирования перед отправлением поезда;
- после смены локомотива;
- при техническом обслуживании состава без смены локомотива;
- на станциях, предшествующих перегонам с затяжными спусками.

Сокращённое опробование тормозов проводится:

- при смене локомотивной бригады;
- после прицепки локомотива, если перед этим было полное опробование;
- при любом разъединении соединительных рукавов;
- при стоянке пассажирского поезда более 20 минут;
- при падении давления в главных резервуарах ниже 5,5 атм.

Основные контролируемые параметры

Параметр	Норма	Примечание
Зарядное давление в тормозной магистрали	0,5 МПа (5 кгс/см ²)	В течение рейса
Давление в тормозном цилиндре при торможении	Не более 0,4 МПа	Для пассажирских вагонов
Выход штока тормозного цилиндра (пассажирский)	130-160 мм	При полном служебном торможении
Выход штока тормозного цилиндра (первая ступень)	80-120 мм	При служебном торможении
Отклонение давления в тормозных цилиндрах	Не более $\pm 0,01$ МПа	В разных опытах

План занятия**Организационный этап (5 минут)**

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности при работе с пневматическим оборудованием.
- Распределение студентов на подгруппы (по 2-3 человека).

Актуализация опорных знаний (10 минут)**Вопросы для повторения:**

1. **Какие виды торможения вы знаете?** — Служебное (ступенчатое), полное служебное, экстренное.
2. **Каков нормальный выход штока тормозного цилиндра при первой ступени торможения и при полном служебном?** — 80-120 мм (первая ступень) и 130-160 мм (полное служебное).
3. **Какое давление поддерживается в тормозной магистрали во время рейса?** — 0,5 МПа (5 кгс/см²).
4. **Какие виды опробования тормозов существуют?** — Полное и сокращённое.
5. **Какой нормативный документ регламентирует испытание тормозного оборудования?** — Инструкция по техническому обслуживанию, ремонту и испытанию тормозного оборудования локомотивов и МВПС (Распоряжение № 3508/р).

Основная часть занятия (60 минут)**Задание 1. Изучение конструкции тормозных приборов на стенде (15 минут)**

Цель: Изучить устройство и принцип работы основных тормозных приборов.

Ход выполнения:

На тренажёрном стенде или плакатах изучить расположение и назначение следующих приборов:

Прибор	Назначение	Внешний вид / расположение
Кран машиниста № 394	Управление тормозами поезда	В кабине машиниста
Кран вспомогательного тормоза № 254	Управление тормозом локомотива	В кабине машиниста
Воздухораспределитель № 483	Управление тормозом грузового вагона	Под кузовом вагона
Тормозной цилиндр	Создание тормозной силы	Под кузовом вагона
Запасной резервуар	Запас сжатого воздуха	Под кузовом вагона

Заполнить таблицу:

Наименование прибора	Условный номер	Расположение	Основная функция
Кран машиниста	№ 394	Кабина	Управление тормозами поезда
Кран вспомогательного тормоза	№ 254	Кабина	Управление тормозом локомотива
Воздухораспределитель	№ 483	Под кузовом	Управление тормозом вагона
Электровоздухораспределитель	№ 305	Под кузовом	Управление ЭПТ

Задание 2. Регулировка выхода штока тормозного цилиндра (15 минут)

Цель: Освоить методику проверки и регулировки выхода штока тормозного цилиндра.

Ход выполнения:

1. Произвести полное служебное торможение.
2. Измерить выход штока тормозного цилиндра с помощью линейки или штангенциркуля.
3. Сравнить с нормативными значениями:
 - Первая ступень: 80-120 мм.
 - Полное служебное: 130-160 мм.
 - Экстренное: допускается до 170 мм.
4. Если выход штока выходит за пределы нормы, произвести регулировку (на учебном макете — имитация регулировки рычажной передачи).

Заполнить протокол:

№ вагона	Выход штока, мм	Норма (полное служебное), мм	Заключение
1		130-160	
2		130-160	
3		130-160	

Опасности отклонений:

- **Малый выход** → повышенное давление в цилиндре → заклинивание колёс.
- **Большой выход** → изгиб штока, заклинивание в горловине → колодки не отходят от колёс.

Задание 3. Проверка действия тормозов (опробование) (15 минут)

Цель: Освоить методику полного и сокращённого опробования тормозов.

Ход выполнения:

Полное опробование тормозов:

1. Зарядить тормозную сеть до установленного давления (0,5 МПа).
2. Произвести ступень торможения (снижение давления в магистрали на 0,05-0,06 МПа).
3. Проверить по манометрам: давление в тормозных цилиндрах должно соответствовать норме.
4. Проверить время наполнения тормозных цилиндров (не более 4-6 секунд).
5. Произвести отпуск тормозов — проверить время отпуска (по манометрам и по отходу колодок).

Сокращённое опробование тормозов:

1. Проверить действие тормоза по двум хвостовым вагонам (по давлению в тормозном цилиндре).
2. Проверить целостность тормозной магистрали.

Заполнить протокол опробования:

Вид опробования	Действие	Результат	Норма	Заключение
Полное	Зарядка магистрали	Давление ____ МПа	0,5 МПа	
Полное	Ступень торможения	Давление в ТЦ ____ МПа	Не более 0,4 МПа	
Полное	Отпуск тормозов	Время отпуска ____ с	По норме	
Сокращённое	Действие по 2 хвостовым			

Задание 4. Выявление и устранение неисправностей (10 минут)

Цель: Научиться выявлять типичные неисправности тормозного оборудования.

Ход выполнения:

По описанию неисправностей определить возможную причину и способ устранения.

Признак	Возможная причина	Способ устранения
Утечка воздуха из-под крана машиниста	Износ уплотнительных колец	Замена уплотнений
Тормоз не отпускает после торможения	Засорение воздухораспределителя	Прочистка/замена воздухораспределителя
Неэффективность тормозов в поезде	Неправильная регулировка рычажной передачи	Регулировка выхода штока
Малый выход штока ТЦ	Неправильная регулировка	Регулировка тяг
При остукивании слышен «отбой»	Неисправность торцевого крепления	[из опыта: проверка крепления]

Задание 5. Оформление документации (5 минут)

Цель: Овладеть навыками оформления документации по результатам испытаний.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ ТОРМОЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ № _____**1. Объект испытаний:**

- Тип подвижного состава: _____
- Дата испытаний: _____

2. Тормозные приборы:

- Кран машиниста: № _____
- Кран вспомогательного тормоза: № _____
- Воздухораспределитель: № _____

3. Результаты испытаний:

Проверяемый параметр	Результат	Норма	Заключение
Зарядное давление в магистрали	___ МПа	0,5 МПа	
Выход штока ТЦ (полное служебное)	___ мм	130-160 мм	
Давление в ТЦ при торможении	___ МПа	≤ 0,4 МПа	
Время отпуска тормозов	___ с	По норме	

4. Заключение:

Тормозное оборудование признано (исправным / требующим ремонта).

5. Исполнители:

(должность, ФИО, подпись)

Заключительный этап (10 минут)**1. Подведение итогов:**

- Обсуждение результатов опробования.

- Анализ типичных неисправностей и способов их устранения.
- Демонстрация правильного оформления протокола.
- 2. **Вопросы для самоконтроля:**
 - Какие виды технического обслуживания тормозного оборудования предусмотрены?
 - Каков порядок полного опробования тормозов?
 - Какие параметры контролируются при испытании тормозного оборудования?
 - Чем опасно отклонение выхода штока тормозного цилиндра от нормы?
 - Какие неисправности могут возникнуть у крана машиниста?
- 3. **Домашнее задание:**
 - Оформить отчёт по практическому занятию.
 - Изучить раздел Инструкции по техническому обслуживанию, ремонту и испытанию тормозного оборудования (Распоряжение № 3508/р).
 - Подготовить реферат: «Неисправности тормозного оборудования тягового подвижного состава и методы их устранения».

Критерии оценивания

Критерий	Оценка
Знание конструкции тормозных приборов	0-5 баллов
Правильность регулировки выхода штока	0-5 баллов
Качество выполнения опробования тормозов	0-10 баллов
Правильность выявления неисправностей	0-5 баллов
Оформление протокола испытаний	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала перевода:

- 27-30 баллов — «отлично»
- 22-26 баллов — «хорошо»
- 16-21 баллов — «удовлетворительно»
- менее 16 баллов — «неудовлетворительно»

Практическое занятие № 16

тема: «Испытание и настройка пневматической аппаратуры железнодорожного подвижного состава»

Цель практического занятия: Овладеть навыками выявления типовых неисправностей пневматической аппаратуры и способов их устранения.

Время: 2 академических часа (90 минут)

Формируемые компетенции

Код	Компетенция
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам

Код	Компетенция
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ПК 2.1	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.2	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава
ПК 2.3	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

Место проведения и оборудование

Место проведения: Учебная лаборатория пневматического оборудования / тренажерный класс

Материально-техническое обеспечение:

1. Стенды для испытания пневматической аппаратуры:

- Стенд для испытания крана машиниста.
- Стенд для испытания воздухораспределителей.
- Стенд для испытания предохранительных клапанов.
- Стенд для испытания обратных клапанов.
- Стенд для испытания разобщительных кранов и вентиляй.

2. Образцы пневматической аппаратуры:

- Кран машиниста усл. № 394, 395 .
- Кран вспомогательного тормоза усл. № 254 .
- Воздухораспределители (№ 483, № 292, № 305).
- Предохранительный клапан.
- Обратный клапан.
- Редуктор давления.
- Разобщительный кран, вентиль.

3. Измерительное оборудование:

- Манометры (образцовые, класса точности 0,4).
- Измерители времени (секундомеры).
- Набор щупов.
- Динамометрический ключ.

4. Техническая документация:

- Технологические карты испытания и настройки приборов.
- Инструкция по техническому обслуживанию, ремонту и испытанию тормозного оборудования локомотивов и МВПС (Распоряжение № 3508/р).
- Таблицы допусковых значений давления и времени.
- Бланки протоколов испытаний.

Методическое обеспечение:

- Методические указания к практическому занятию.
- Плакаты и схемы пневматических соединений.

Теоретическая часть

Перечень основного пневматического оборудования

Пневматическая аппаратура тягового подвижного состава включает следующие основные приборы:

Группа оборудования	Наименование приборов	Назначение
Приборы управления тормозами	Кран машиниста № 394/395, кран вспомогательного тормоза № 254	Управление тормозной системой поезда
Приборы вагонного тормозного оборудования	Воздухораспределители № 483, № 292, № 305	Управление торможением вагонов
Защитная арматура	Предохранительные клапаны, обратные клапаны	Защита системы от превышения давления, предотвращение обратного потока воздуха
Запорная и регулирующая арматура	Разобщительные краны, вентили, редукторы	Отключение участков сети, регулировка давления
Вспомогательное оборудование	Влагоотделители, маслоотделители, осушители воздуха	Очистка сжатого воздуха

Регулируемые параметры пневматической аппаратуры

Для каждого типа прибора установлены определённые параметры, подлежащие регулировке:

Прибор	Регулируемые параметры	Нормативные значения
Кран машиниста № 394	Давление в магистрали, чувствительность	0,5 МПа
Кран вспомогательного тормоза № 254	Давление в тормозном цилиндре локомотива	0,35-0,4 МПа
Воздухораспределитель № 483	Давление зарядки, время отпуска	По ТК
Предохранительный клапан	Давление срабатывания	0,9-1,0 МПа (регулировка по факту уставки)
Редуктор давления	Выходное давление	По назначению цепи
Обратный клапан	Герметичность, давление открытия	По ТК
Разобщительный кран, вентиль	Герметичность	Отсутствие пропусков

Методика испытания пневматической аппаратуры

Испытания проводятся в соответствии с технологическими картами (ТК) на стендах, оснащённых образцовыми манометрами и устройствами для фиксации параметров.

Общая методика испытания приборов включает:

1. Внешний осмотр:

- Отсутствие механических повреждений корпуса.
- Состояние резьбовых соединений.
- Пломбировка (при наличии).

2. Проверка герметичности:

- Создание испытательного давления.
- Контроль падения давления по манометру в течение установленного времени.
- Для кранов и клапанов — проверка мыльным раствором.

3. Проверка работоспособности:

- Подача управления (перемещение рукоятки, электрический сигнал).
- Контроль изменения давления на выходе.
- Измерение времени срабатывания.

4. Регулировка (при необходимости):

- Настройка чувствительности.
- Настройка давления срабатывания.
- Настройка времени отпуска/торможения.

Требования к испытательному воздуху:

- Давление: не менее 0,7 МПа на входе в стенд.
- Чистота: отсутствие масла, влаги, механических примесей.

Типовые неисправности пневматической аппаратуры

Неисправность	Причина	Способ устранения
Утечка воздуха через уплотнения	Износ резиновых уплотнений	Замена уплотнений
Заклинивание подвижных частей	Загрязнение, коррозия, отсутствие смазки	Разборка, очистка, смазка
Неправильная регулировка давления	Сбивка настроек пружин	Регулировка по технологической карте
Засорение каналов и фильтров	Попадание загрязнений	Прочистка, продувка, замена фильтра
Некорректное время срабатывания	Износ рабочих поверхностей	Настройка или замена

План занятия

Организационный этап (5 минут)

- Проверка присутствующих.
- Объявление темы, целей и задач занятия.
- Инструктаж по технике безопасности при работе с пневматическим оборудованием (сосуды под давлением, электрооборудование).

- Распределение по подгруппам.

Актуализация опорных знаний (10 минут)

Вопросы для повторения:

- 1. Какие приборы относятся к пневматической аппаратуре электровоза? —** Компрессор, главные резервуары, краны (машиниста, вспомогательного тормоза), воздухораспределители, предохранительные и обратные клапаны, редукторы.
- 2. Какое давление воздуха используется в тормозной магистрали? —** 0,5 МПа (5 кгс/см²).
- 3. Каким прибором проверяется герметичность пневматической аппаратуры? —** Манометром; утечки выявляются мыльным раствором.
- 4. Для чего предназначен предохранительный клапан? —** Для защиты пневматической системы от превышения давления (автоматический сброс избыточного давления).

Основная часть занятия (60 минут)

Задание 1. Изучение устройства и принципа действия пневматических приборов (10 минут)

Цель: Изучить конструктивные особенности и принцип работы основных пневматических приборов.

Ход выполнения:

На стендах или плакатах изучить устройство и принцип действия следующих приборов:

Прибор	Условный номер	Основные части	Принцип действия
Кран машиниста	№ 394	Корпус, рукоятка, золотник, уравнильный поршень	Перекрытие/сообщение каналов при положении рукоятки
Кран вспомогательного тормоза	№ 254	Корпус, рукоятка, клапаны	Регулирование давления в тормозных цилиндрах локомотива
Воздухораспределитель	№ 483	Главная и магистральная части	Зарядка, торможение, отпуск
Предохранительный клапан	—	Корпус, пружина, клапан	Сброс воздуха при превышении давления
Обратный клапан	—	Корпус, клапан, пружина	Пропускание воздуха только в одном направлении
Редуктор давления	—	Корпус, регулировочная пружина, клапан	Поддержание постоянного выходного давления

Заполнить таблицу:

Наименование прибора	Назначение	Основные регулируемые параметры
Кран машиниста № 394	Управление тормозами поезда	Давление в магистрали
Кран вспом. тормоза № 254	Управление тормозом локомотива	Давление в ТЦ локомотива
Предохранительный клапан	Защита от превышения давления	Давление срабатывания
Обратный клапан	Предотвращение обратного потока воздуха	Герметичность

Задание 2. Испытание предохранительного клапана (15 минут)

Цель: Освоить методику проверки и настройки предохранительного клапана.

Ход выполнения:

1. Установить предохранительный клапан на испытательный стенд.
2. Подать давление на вход клапана.
3. Плавно повышать давление до момента срабатывания клапана (появление выхода воздуха).
4. Зафиксировать давление срабатывания по образцовому манометру.
5. Если давление отличается от требуемого:
 - Произвести регулировку натяжением пружины (гайкой или винтом).
 - Повторить испытание до получения требуемого значения.
6. Произвести контроль герметичности: после закрытия клапана проверить, что утечка отсутствует.
7. Оформить протокол.

Нормативные значения (для локомотивов):

- Предохранительные клапаны главных резервуаров: регулируются на давление 0,9-1,0 МПа.
- Регулировка производится на 15-20% выше рабочего давления в системе.

Протокол испытания предохранительного клапана:

Параметр	Значение	Норма	Заключение
Давление срабатывания (до регулировки)	___ МПа	0,9-1,0 МПа	
Регулировка (кол-во оборотов)	___		
Давление срабатывания (после регулировки)	___ МПа	0,9-1,0 МПа	
Герметичность после закрытия	___	Отсутствие утечек	

Задание 3. Испытание обратного клапана (10 минут)

Цель: Освоить методику проверки герметичности и работоспособности обратного клапана.

Ход выполнения:

1. Установить обратный клапан на стенд в прямом направлении.
2. Подать давление — убедиться, что поток воздуха проходит свободно.
3. Изменить направление — подать давление со стороны выхода.
4. Проверить отсутствие потока воздуха (пропусков) в обратном направлении.
5. Зафиксировать герметичность мыльным раствором или по падению давления.

Протокол испытания обратного клапана:

Проверка	Результат	Норма	Заключение
Пропускание в прямом направлении		Свободный проход	
Герметичность в обратном направлении		Отсутствие пропусков	

Задание 4. Настройка редуктора давления (15 минут)

Цель: Освоить методику настройки редуктора давления для поддержания заданного выходного давления.

Ход выполнения:

1. Подключить редуктор к источнику сжатого воздуха (давление на входе не менее 0,7 МПа).
2. К выходу редуктора подключить образцовый манометр.
3. Вращением регулировочного винта (рукоятки) установить требуемое выходное давление.
4. При изменении входного давления проконтролировать стабильность выходного.
5. Зафиксировать давление на выходе.

Нормативные значения (в зависимости от назначения цепи):

- Для пневматических приводов вспомогательного оборудования — по технологической карте.

Протокол настройки редуктора:

Давление на входе, МПа	Установленное давление на выходе, МПа	Требуемое давление	Заключение
0,8			
0,6			

Требование: выходное давление должно оставаться стабильным при колебаниях входного давления.

Задание 5. Испытание крана машиниста (на тренажере) (10 минут)

Цель: Освоить методику проверки работы крана машиниста.

Ход выполнения (на тренажерном стенде):

1. Установить рукоятку крана в положение «Поездное».
2. Проверить давление зарядки (должно быть 0,5 МПа).
3. Произвести служебное торможение — снижение давления на 0,05-0,06 МПа.
4. Произвести отпуск — проверить восстановление давления.

5. Проверить экстренное торможение — падение давления до 0.
6. Оценить время восстановления давления после экстренного торможения.

Протокол испытания крана машиниста:

Положение крана	Давление по манометру, МПа	Ожидаемое значение	Заключение
Поездное (зарядка)		0,5	
Торможение (I ступень)		0,45-0,46	
Отпуск		0,5 (восстановление)	
Экстренное торможение		0	

Заключительный этап (10 минут)

1. Подведение итогов:

- Обсуждение результатов испытаний, полученных разными группами.
- Анализ типичных ошибок.
- Демонстрация правильной настройки приборов.

2. Вопросы для самоконтроля:

- Для чего предназначены предохранительный и обратный клапаны?
- Как регулируется предохранительный клапан?
- На какое давление настраиваются предохранительные клапаны главных резервуаров?

- Как проверить герметичность обратного клапана?

- Какие параметры контролируются при испытании крана машиниста?

3. Домашнее задание:

- Оформить отчёт по практическому занятию.
- Изучить технологические карты испытания пневматической аппаратуры (по Инструкции № 3508/р).
- Подготовить реферат «Автоматические системы диагностики пневматического оборудования подвижного состава».

Критерии оценивания

Критерий	Оценка
Знание устройства и назначения пневматических приборов	0-5 баллов
Качество испытания предохранительного клапана	0-5 баллов
Качество испытания обратного клапана	0-5 баллов
Правильность настройки редуктора	0-5 баллов
Качество испытания крана машиниста	0-5 баллов

Критерий	Оценка
Оформление протоколов испытаний	0-5 баллов

Итого: максимум 30 баллов.

Шкала перевода:

- 27-30 баллов — «отлично»
- 22-26 баллов — «хорошо»
- 16-21 баллов — «удовлетворительно»
- менее 16 баллов — «неудовлетворительно»

2. Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемой основной и дополнительной литературы. Интернет-ресурсы, необходимых для освоение профессионального модуля.

2.1. Основная литература:

1. Кобаская И А. Технология ремонта подвижного состава: учебное пособие / И. А. Кобаская. - М.: ФГБОУ " Учебно - методический центр по образованию на ж.-д. транспорте, 2016. - 288 с.

2. Собенин Л. А., Бахолдин В. И., Зинченко О. В., Воробьев А. А. Устройство и ремонт тепловозов: учебник для нач. проф. образования / Л. А. Собенин, В. И. Бахолдин, О. В. Зинченко, А. А. Воробьев. — М.: Академия. 2013. - 416 с.

2.2. Дополнительная литература:

1. Афонин, Г. С. Устройство и эксплуатация тормозного оборудования подвижного состава: учебник для НПО / Г. С. Афонин, В. Н. Барщенков, Н. В. Кондратьев. – 5-е изд., стер. – М.: Академия, 2010. – 304 с.

2. Конструкция тягового подвижного состава: учебник для техникумов и колледжей ж/д транспорта / Ю.Н. Ветров, М.В. Приставко. – Москва: Маршрут, 2008. – 316 с.

3. Электрические машины и преобразователи подвижного состава: учебник для СПО / А. Грищенко, В. Стрекопытов. – Москва: Академия, 2008. – 320с.

4. Скакун, Е. А. Автоматические тормоза подвижного состава: учебное пособие / Е. А. Скакун, А. И. Вятиорец, С. Е. Ткаченко. — Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2022. — 304 с. — ISBN 978-985-895-078-1. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/134070.html> (дата обращения: 19.09.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Воробьев, А. А. Подвижной состав железных дорог. Прогнозирование ресурса колес: учебное пособие для СПО / А. А. Воробьев. — 2-е изд. — Саратов, Москва: Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 143 с. — ISBN 978-5-4488-2224-7, 978-5-4497-3546-1. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/142590.html> (дата обращения: 19.09.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. Осипов, А. В. Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава: учебное пособие / А. В. Осипов, А. В. Фролов, В. Ю. Бубнов. — Санкт-Петербург: ПГУПС, 2020. — 58 с. — ISBN 978-5-7641-1432-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171837> (дата обращения: 19.09.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Иванов, Н. Л. Техническая диагностика вагонов. Неразрушающий контроль деталей и узлов вагонов: учебное пособие / Н. Л. Иванов, Ю. В. Зыков, Д. В. Волков. — Екатеринбург: Уральский государственный университет путей сообщения, 2024. — 112 с. — ISBN 978-5-94614-576-3. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/149728.html> (дата обращения: 19.09.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2.3. Интернет-ресурсы:

1. <http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к образовательным ресурсам
2. <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
3. <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО
4. <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС.
5. <https://openedu.ru> – Открытое образование
6. Сергеев А. Г., Крохин В.В. Метрология. – М.: Логос, 2001.
7. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация. – М.: Юрайт, 2002.
8. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства

измерений: учебник. М.: Высшая школа, 2002.

9. Веремеевич А.Н. Метрология, стандартизация и сертификация. Основы взаимозаменяемости. Курс лекций. М.: "МИСИС", 2004.

10. Павлович, С. Н. Ремонт и обслуживание электрооборудования: учебное пособие / С. Н. Павлович, Б. И. Фигаро. — Минск: Вышэйшая школа, 2009. — 245 с. — ISBN 978-985-06-1688-3. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/20128.html> (дата обращения: 19.09.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

11. Буянкин, А. В. Автотранспортные средства. Конструкция, эксплуатационные свойства, обслуживание и ремонт: учебное пособие / А. В. Буянкин. — Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2021. — 200 с. — ISBN 978-5-00137-195-3. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/116558.html> (дата обращения: 19.09.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

12. Расчёт показателей надёжности тягового подвижного состава. Ч.2. Расчет показателей надёжности сложных систем: учебное пособие / А. А. Воробьёв, А. В. Горский, А. В. Скребков, Д. М. Маяков. — Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2020. — 89 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115886.html> (дата обращения: 19.09.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

13. Расчёт показателей надёжности тягового подвижного состава. Ч.1. Расчёт показателей надёжности: учебное пособие / А. А. Воробьёв, А. В. Горский, А. В. Скребков, Д. С. Шутов. — Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2020. — 165 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115885.html> (дата обращения: 19.09.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

14. Осипов, А. В. Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава: учебное пособие / А. В. Осипов, А. В. Фролов, В. Ю. Бубнов. — Санкт-Петербург: ПГУПС, 2020. — 58 с. — ISBN 978-5-7641-1432-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171837> (дата обращения: 19.09.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.