

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Неразрушающий контроль и техническая диагностика»

О. В. ХОЛОДИЛОВ

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
(магнитные методы)

Учебно-методическое пособие
по курсовому проектированию

Гомель 2008

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Неразрушающий контроль и техническая диагностика»

О. В. ХОЛОДИЛОВ

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
(магнитные методы)

Учебно-методическое пособие
по курсовому проектированию

Одобрено методической комиссией механического факультета

Гомель 2008

УДК 620.179 (075.8)
ББК 22.251
Х73

Р е ц е н з е н т – канд. техн. наук, доцент кафедры «Материаловедение и технология материалов» А. Н. Попов
(УО «БелГУТ»).

Холодилов, О. В.

Х73 Методы и средства неразрушающего контроля (магнитные методы) : учеб.-метод. пособие по курсовому проектированию / О. В. Хо-лодиллов ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 44 с.
ISBN 978-985-468-376-8

Изложены принципы и основные правила проектирования, методика выполнения курсового проекта, правила оформления пояснительной записки и чертежей.

Предназначено для методического обеспечения как аудиторной (под руководством преподавателя), так и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов специальности «Подвижной состав» (1-37-02-02) специализации «Неразрушающий контроль и техническая диагностика на железнодорожном транспорте» (1-37-02-02-02).

УДК 620.179 (075.8)
ББК 22.251

ISBN 978-985-468-376-8

© Холодиллов О. В., 2008
© Оформление. УО «БелГУТ», 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Цель и задачи курсового проекта	4
2 Тематика курсовых проектов	4
3 Исходные данные для выполнения проекта	5
4 Структура, объем и содержание курсового проекта	5
5 Основное содержание отдельных этапов курсового проекта	6
6 Использование ЭВМ при выполнении курсового проекта	8
7 Оформление курсового проекта	9
8 Защита курсового проекта	9
9 Методика расчета устройства для намагничивания изделий в процессе магнитного контроля	10
Список литературы	15
Приложение А Образец оформления обложки	17
Приложение Б Образец оформления титульного листа	18
Приложение В Основная надпись для пояснительной записки и чертежей	19
Приложение Г Справочные данные для расчета намагничивающего устройства	20
Приложение Д Справочные данные для выбора способа контроля и вида намагничивания	24
Приложение Е Узлы и детали подвижного состава, подвергаемые магнитному контролю	28
Приложение Ж Средства магнитного контроля	34
Приложение И Образцы технологических карт	41

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Цель курсового проектирования – развитие навыков самостоятельной творческой работы студентов на основе знаний, полученных при изучении лекционного и лабораторного курсов «Методы и средства неразрушающего контроля», «Основы неразрушающего контроля» и других общепрофессиональных дисциплин и при прохождении производственной практики.

Основные задачи курсового проекта:

а) систематизация, расширение и закрепление теоретических знаний, необходимых инженеру при создании новых эффективных методов неразрушающего контроля;

б) выработка умения и навыков по комплексному решению технических задач при разработке методов неразрушающего контроля;

в) развитие навыков самостоятельной работы с научно-методической литературой;

г) знакомство с передовыми достижениями науки и техники.

2 ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Тематика курсовых проектов должна соответствовать современному состоянию и перспективам развития методов и средств неразрушающего контроля (НК). Курсовой проект может быть посвящен совершенствованию существующей или разработке новой методики контроля дефектов сплошности, физико-механических свойств материала, толщины покрытий, линейных размеров деталей, структуры, качества химико-термической обработки. При выполнении работы необходимо использовать передовые достижения науки и техники. В результате может быть повышена достоверность, чувствительность контроля, производительность контрольных

операций, уменьшена стоимость контроля, улучшены условия труда и т. д.

Примерные темы курсовых проектов:

1 Разработка методики магнитопорошкового/феррозондового контроля деталей колесной пары.

2 Разработка методики магнитопорошкового/феррозондового контроля тележки вагона и деталей автотормозного оборудования.

3 Разработка методики магнитопорошкового/феррозондового контроля деталей автосцепного устройства.

4 Разработка методики магнитопорошкового/феррозондового контроля деталей редукторно-карданного привода.

3 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

Исходные данные для выполнения курсового проекта:

– конкретный объект контроля, характеризующийся формой, геометрическими размерами и необходимыми параметрами;

– условия эксплуатации объекта контроля;

– характеристика возможных дефектов в изделии: тип дефекта, степень концентрации дефекта по объему объекта, ориентировочные место и глубина залегания;

– технические условия на выявляемость дефектов: минимальный размер дефектов, степень их выявляемости.

4 СТРУКТУРА, ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект содержит расчетно-пояснительную записку и графическую часть. Пример оформления обложки и титульного листа приведен в приложениях А, Б.

Расчетно-пояснительная записка состоит из следующих разделов:

Исходные данные по заданию

Содержание

Введение

1 Анализ объекта контроля

2 Анализ исходных данных и характеристик объекта контроля

3 Выбор и обоснование метода контроля

4 Расчет и разработка оборудования

5 Описание принципа действия оборудования

6 Разработка методики контроля

7 Описание мероприятий по охране труда и противопожарной безопасности

Выводы

Список использованных источников и приложения.

Допускается отступление от указанных пунктов по согласованию с руководителем работы.

Графическая часть выполняется на 2–3 листах формата А3 и включает комплект чертежей по разрабатываемой методике контроля. На чертежах приводятся полученные экспериментальные зависимости или необходимые для пояснения графики, схемы намагничивания (размагничивания) объекта контроля, чертежи модернизированных приборов, разработанных установок, модернизированные функциональные схемы приборов и т. п.

Содержание и объем графической части окончательно утверждается руководителем.

5 ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭТАПОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В разделе *«Введение»* обосновывается актуальность темы курсового проекта, на основе достижений современной науки и техники (в Беларуси и за рубежом), информации о перспективах развития различных методов и средств контроля по данным научно-технической литературы.

В разделе *«Анализ объекта контроля»* описываются технология изготовления объекта, конструктивные особенности (размеры, форма, наличие покрытий, шероховатость поверхности), его назначение, условия эксплуатации (нагрузки статические, динамические; диапазон изменения температур в процессе эксплуатации), условия нагружения (сжатие, изгиб, растяжение, кручение), наличие концентраторов напряжений (отверстия, выступы и пр.), возможные дефекты (вид и тип), наиболее вероятные места их расположения (в корне шва, в местах концентраторов напряжений и т. д.).

В разделе *«Анализ исходных данных и характеристик объекта контроля»* на основе данных технического задания по литературным источникам (или экспериментальным результатам) определяются характеристики объекта, необходимые для разработки методики НК.

В разделе «*Выбор и обоснование метода контроля*» на основе литературных данных выполняется анализ методов контроля с точки зрения возможности и эффективности их использования, применительно к рассматриваемому объекту.

При этом, наряду с основной и дополнительной литературой по дисциплине необходимо использовать журналы «Дефектоскопия», «Техническая диагностика и неразрушающий контроль», «В мире неразрушающего контроля», «Контроль. Диагностика», «Заводская лаборатория», «Автоматическая сварка», материалы научно-технических конференций, бюллетени «Изобретения», описания к авторским свидетельствам и патентам на изобретения и др. Предпочтение следует отдавать методу контроля, обеспечивающему более высокую чувствительность, достоверность контроля, производительность, удобство в эксплуатации, наглядность.

Как правило, метод контроля может быть реализован несколькими способами. На основе литературных данных выбирается наиболее приемлемый для конкретного объекта, либо разрабатывается новый способ.

Выбор метода контроля должен быть подробно и строго обоснован и сопровождаться ссылками на литературные источники. При необходимости, для подтверждения правильности выбора метода контроля, проводятся экспериментальные исследования на объекте контроля или его имитаторе. Причем, размеры, форма и материал образца-имитатора должны быть по возможности ближе к соответствующим параметрам контролируемого объекта.

Допускается использование для контроля объекта двух или нескольких методов (комплексный контроль, что повышает вероятность обнаружения дефектов).

В разделе «*Расчет и разработка оборудования*» выполняют расчеты, необходимые при разработке оборудования. Например, рассчитывают электромагнит намагничивающего устройства и т. д.

В разделе «*Описание принципа действия оборудования*» вначале в статике, а затем в динамике (если это необходимо) описывается разработанное, либо применяемое в практике НК устройство.

В разделе «*Разработка методики контроля*» дается подробная информация об основных и вспомогательных операциях при контроле объекта, их последовательности, с указанием режимов контроля, применяемого оборудования, приборов и материалов.

Например, при магнитопорошковом контроле подробно описываются подготовка деталей к контролю, выбор способа контроля, вида и схемы намагничивания, расчет режимов намагничивания, способ нанесения магнитного порошка (или суспензии) на поверхность изделия, осмотр деталей, типичные признаки дефектов по картине осаждения порошка, возможные мнимые дефекты и как их отличить от реальных на данной детали, разбраковка деталей, способ размагничивания контролируемого объекта и проверка его размагниченности, предлагаемый для контроля состав суспензии или порошка, способ проверки качества и др.

Описанные операции следует иллюстрировать и сопровождать ссылками на литературные источники.

Информация, необходимая для разработки методики магнитного контроля, приведена в литературе [1–16] и приложениях Г–И.

В разделе «*Описание мероприятий по охране труда и противопожарной безопасности*» указываются мероприятия по обеспечению электробезопасности операторов и вспомогательного персонала в процессе контроля, меры защиты от воздействия импульсных магнитных полей высокой напряженности, меры защиты органов дыхания и рук от вредного воздействия порошка и суспензии, мероприятия по противопожарной безопасности и т. д.

В разделе «*Выводы*» указываются основные результаты работы. Не допускается выводы подменять аннотацией сделанного. Дается краткий анализ разработанных методик контроля и технических средств осуществления контроля.

В приложения включаются ведомости спецификаций чертежей, распечатки программ на ЭВМ, опущенные громоздкие промежуточные математические выкладки, алгоритмы, не включенные в основную часть записки.

6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Основными задачами, которые решаются на ЭВМ при выполнении курсового проекта, могут быть сложные и повторяющиеся расчеты, задачи оптимизации и моделирования процессов контроля, например, расчет устройств для намагничивания с целью выбора оптимальных параметров.

Для расчета используется типовая методика, включающая формулировку задачи (определение исходных данных, вводимых в оперативную память машины, конкретизацию выходных данных, форму их представления), постановку задачи, ее формализацию, разработку структурной схемы алгоритма решения задач, разработку и отладку программы, счет, анализ результатов расчета.

7 ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Пояснительную записку оформляют на листах писчей бумаги формата А4 на одной стороне в соответствии ГОСТ 2.105–95. На каждом листе оставляются поля (от края рамки): слева и справа – 5 мм, сверху и снизу – 10 мм. Шрифт – Times New Roman Cyr., размер шрифта – 14 п, межстрочный интервал – 1. Размер шрифта в подрисуночных подписях и таблицах на два пункта меньше основного. На осях координат графиков следует писать H , 10^4 А/м или Φ , 10^{-4} Вб. Символы величин, входящих в формулы, обозначенных латинскими буквами, набирают курсивом, буквами русского и греческого алфавита – прямым шрифтом. На рисунках и в подрисуночных подписях позиции следует обозначать курсивом – I , 2 , ... и a , b , v Заголовки должны выделяться [17, 18].

Пояснительная записка выполняется либо рукописным способом пастами или чернилами темных цветов, разборчивым почерком, либо печатается на принтере. Изложение материала должно вестись ясным, технически грамотным языком, сокращения допускаются только общепринятые.

Оформление списка литературы должно соответствовать ГОСТ 7.1–2003. Используемые источники в списке литературы следует располагать в порядке ссылаемости в тексте записки. Библиографические ссылки даются арабскими цифрами в квадратных скобках.

Используемые в работе физические величины должны быть выражены в СИ согласно ГОСТ 8.417–81. Все графические материалы проекта должны соответствовать требованиям ЕСКД.

8 ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Защита курсового проекта является заключительным этапом и призвана помочь студентам научиться кратко и четко излагать свои мысли, вести деловые дискуссии, умело держать себя перед

аудиторией. К защите представляется полностью законченная работа, подписанная его автором и руководителем. В некоторых случаях защита производится перед комиссией в составе 2–3 преподавателей кафедры. Общее время, отводимое для приема работы, 20–25 мин из которых 8–10 мин представляются студенту для сообщения, а остальные – для ответов на вопросы. При оценке работы учитывается качество, полнота и самостоятельность выполнения поставленной задачи, четкость сообщения, сделанного студентом, и его ответы на вопросы, качество оформления графической части и пояснительной записки (обоснованность, техническая грамотность изложения, правильность расчетов, строгость допущений), работа с литературой.

9 МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАМАГНИЧИВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ В ПРОЦЕССЕ МАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ

Цель расчета – определить величину намагничивающей силы I_w устройства для создания в изделии необходимой индукции.

Расчет выполняется по методике, изложенной в работе [8].

Схема намагничивающего устройства (НУ) приведена на рисунках 1, 2.

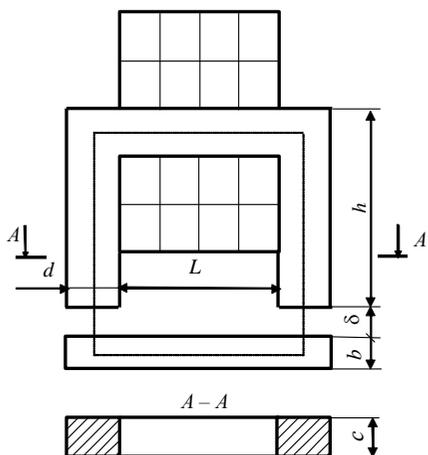


Рисунок 1 – Расчетная схема НУ

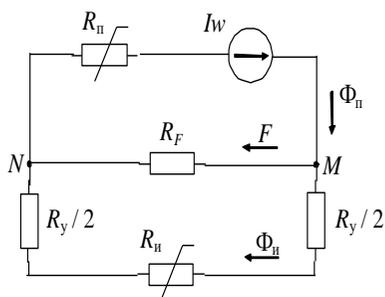


Рисунок 2 – Эквивалентная электрическая схема НУ

С учетом требований технического, технологического и экономического характера для магнитных приспособлений могут быть рекомендованы стали 3, 10, 20, Армко.

Согласно имеющимся в научно-технической литературе рекомендациям [9], толщина d полюсов НУ должна быть в 2–3 раза больше толщины b намагничиваемого изделия (замыкающий магнитопровод). Если $b = 1 \dots 2$ мм, то $d \geq 10 \dots 20$ мм. Остальные размеры НУ выбирают конструктивно, исходя из существующих технических решений. Например, расстояние между полюсами электромагнита $L \geq 70$ мм, высота $h \geq 100$ мм, ширина полюсов $c > 20$ мм.

Расчет выполняют, принимая допущение, что растекание магнитного потока $\Phi_{и}$ в изделии отсутствует, т. е. размеры проекции устройства на изделие и изделия равны.

Величину намагничивающей силы можно определить исходя из закона Кирхгофа

$$Iw = \sum H_i l_i,$$

где I – ток в обмотке электромагнита;

w – число витков в обмотке;

$H_i l_i$ – падение магнитного напряжения на участке магнитной цепи l_i (см. рисунки 1 и 2).

Сумму падений магнитных напряжений в изделии $U_{и}$, зазорах U_y , в магнитопроводе $U_{п}$ находим из выражений:

$$\begin{cases} U_{и} = H_{и} l_{и} = H_{и} (L + b + d), \\ \Phi_{и} = B_{и} S_{и} = B_{и} b c. \end{cases} \quad (1)$$

Строим кривую намагничивания материала изделия (рисунок 3) по данным таблицы Г.1 [10]. Используя выражения (1) по 6–8 значениям $H_{и}$ и $B_{и}$, взятым с кривой намагничивания, строим зависимость $U_{и} = f(\Phi_{и})$, а затем зависимость $U_y = f(\Phi_{и})$ в той же системе координат (рисунок 4):

$$U_y = H_0 \delta = \frac{\Phi_{и}}{\mu_0 S_{и}} \delta, \quad (2)$$

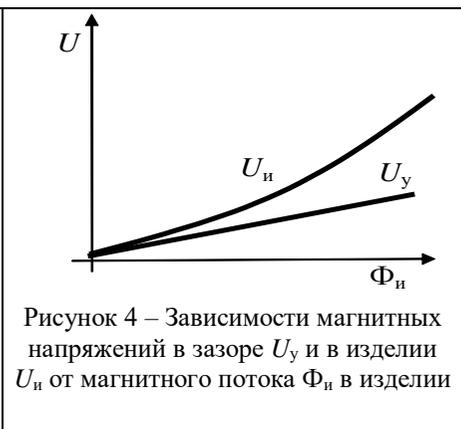
где H_0 – напряженность поля в зазоре между полюсами магнита и замыкающим магнитопроводом;

δ – толщина суммарного зазора.

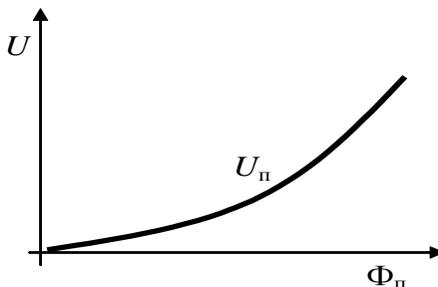
Очевидно, что для построения прямой достаточно взять одно значение Φ_{Π} .

Затем на отдельном графике (рисунок 5) строим кривую падения магнитного напряжения в магнитопроводе в зависимости от потока в нем $U_{\Pi} = f(\Phi_{\Pi})$:

$$\begin{cases} U_{\Pi} = H_{\Pi} l_{\Pi} = H_{\Pi} (2h + L), \\ \Phi_{\Pi} = B_{\Pi} S_{\Pi} = B_{\Pi} cd. \end{cases} \quad (3)$$



Значения B и H определим по кривой намагничивания материала магнитопровода (см. рисунок 3), используя данные таблицы Г.1 [10].



Чтобы пересчитать U_{Π} в зависимости от Φ_{Π} , запишем уравнение Кирхгофа для точки M в эквивалентной электрической схеме (см.

рисунок 2):

$$\Phi_{\text{и}} - \Phi_{\text{и}} - F = 0, \quad (4)$$

где F – магнитный поток рассеяния, шунтирующий изделие и переходный участок.

Так как отношение потоков $\Phi_{\text{и}}$ и F обратно пропорционально магнитным сопротивлениям $R_{\text{и}} + R_{\text{y}}$ и R_F , то справедливо выражение

$$\frac{F}{\Phi_{\text{и}}} = \frac{R_{\text{и}} + R_{\text{y}}}{R_F},$$

откуда следует

$$F = \Phi_{\text{и}} \frac{R_{\text{и}} + R_{\text{y}}}{R_F}, \quad (5)$$

где R_F – магнитное сопротивление потока рассеяния между полюсами электромагнита,

$$R_F = \frac{1}{G_F} (\text{Гн}^{-1}), \quad (6)$$

G_F – проводимость участка между параллельными призмами (полюсами намагничивающего устройства) [10],

$$G_F = R_F^{-1} = \mu_0 (h_F x_F + y_F), \quad (7)$$

где $h_F = h - d$; $x_F = \frac{C}{L} + 0,52 + \frac{2}{\pi} \ln \left(1 + \frac{2d}{L} \right)$;

$$y_F = 0,26C + \frac{C}{\pi} \ln \left(1 + \frac{2d}{L} \right) + 0,15L + 0,5d.$$

Из выражений (4) и (5) следует

$$\Phi_{\text{и}} = \frac{\Phi_{\text{и}}}{1 + \frac{R_{\text{и}} + R_{\text{y}}}{R_F}}, \quad (8)$$

где R_F – получаем из соотношений (6) и (8), оно постоянно;

$$R_y = \frac{\delta}{\mu_0 S_{\Pi}} - \text{тоже постоянно};$$

$$R_{\Pi} = \frac{l_{\Pi}}{\mu_0 \mu_{\Pi} S_{\Pi}} = \frac{H_{\Pi} l_{\Pi}}{B_{\Pi} S_{\Pi}},$$

l_{Π} – длина средней линии в изделии;

B_{Π} , H_{Π} – соответствуют оптимальному режиму намагничивания [11, 12].

Путем пересчета с использованием формулы (8) из последнего графика (см. рисунок 5) получаем зависимость $U_{\Pi} = f(\Phi_{\Pi})$ (рисунок 6). Затем, суммируя U_{Π} , U_y , U_{Π} , получаем зависимость $U_{\Sigma} = f(\Phi_{\Pi})$ (рисунок 7). Зная сечение изделия, строим аналогичную зависимость: $U_{\Sigma} = f(B_{\Pi})$, где $B_{\Pi} = \Phi_{\Pi}/S_{\Pi}$.

По значению оптимальной индукции $B_{\text{опт}}$ в контролируемом сечении, найденному по кривой намагничивания материала изделия, определяем $U_1 = Iw$ (см. рисунок 7).

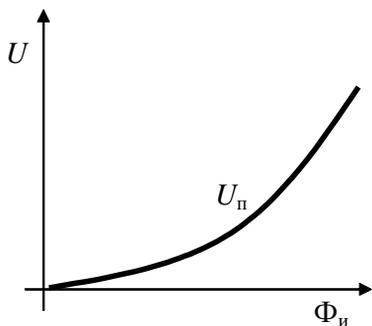


Рисунок 6 – Зависимость магнитного напряжения в магнитопроводе от магнитного потока в изделии

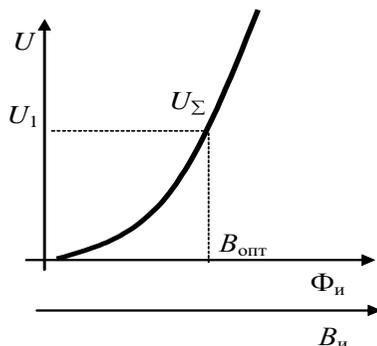


Рисунок 7 – Зависимость суммарного магнитного напряжения в магнитопроводе от магнитного потока и индукции в изделии

С учетом коэффициента заполнения $K_3 = 0,4$ и площади S окна, занимаемого всеми витками катушки в сечении, перпендикулярном осям витков ($S \approx 80\%$ площади окна S_s , образованного П-образным сердечником и намагничиваемым изделием, $S_s = 2L(h - d + \delta)$), находим число витков w_1 обмоточного провода, задаваясь различными его диаметрами ($d = 0,5 \dots 3,5$ мм):

$$w_1 = SK_3 \sqrt{\left(\frac{\pi d_1^2}{4}\right)}.$$

По известным намагничивающей силе U_1 и числу витков w_1 определяем величину тока в катушке $I_1 = U_1/w_1$. При этом следует помнить, что расчет выполняется для случая контроля плоских изделий и не учитывает растекание магнитного потока в изделии. Для намагничивания сварных соединений с усилением шва ток следует увеличить в 6–8 раз. Должно также выполняться ограничение по плотности тока: $j \leq 12$ А/мм². Для нескольких (3–5) значений толщин провода определим электрическое сопротивление обмотки R и потребляемую мощность P :

$$R = \rho l_{cp} w_1 \sqrt{\left(\frac{\pi d_1^2}{4}\right)}; P = I_1^2 R,$$

где l_{cp} – средняя длина витка провода в катушке, $l_{cp} = 2(c + d)$;

ρ – удельное электрическое сопротивление.

Поскольку потребляемые мощности одинаковы, то диаметр провода выбираем, исходя из приемлемого числа витков катушки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Герасимов, В. Г.** Неразрушающий контроль : практ. пособие. В 5 кн. Кн. 3. Электромагнитный контроль / В. Г. Герасимов, А. Д. Покровский, В. В. Сухоруков; под ред. В. В. Сухорукова. – М. : Высш. шк., 1992. – 312 с.
- 2 **Шелихов, Г. С.** Магнитопорошковая дефектоскопия деталей и узлов / Г. С. Шелихов. – М. : Науч.-техн. центр «Эксперт», 1995. – 224 с.
- 3 **Ергучев, Л. А.** Магнитные методы неразрушающего контроля деталей железнодорожного подвижного состава : пособие / Л. А. Ергучев. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 90 с.
- 4 **Криворудченко, В. Ф.** Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта / В. Ф. Криворудченко, Р. А. Ахмеджанов. – М.: Маршрут, 2005. – 436 с.
- 5 **Магнитопорошковый метод неразрушающего контроля** деталей вагонов. Общие положения. Руковод. док. РД 32.159-2000. – М. : МПС РФ, 2000. – 85 с.
- 6 **Инструкция по неразрушающему магнитопорошковому контролю** деталей локомотивов и моторвагонного подвижного состава

Белорусской железной дороги. – Минск : Белорусская железная дорога, 2004. – 86 с.

7 **Испытания на растяжение и неразрушающий контроль деталей вагонов.** Методика выполнения контроля. СТП 09150.56.033-2006. – Минск : 2006. – 75 с.

8 **Козлов, В. С.** Техника магнитографической дефектоскопии / В. С. Козлов. – Минск : Выш. шк., 1976. – 256 с.

9 **Фалькевич, А. С.** Магнитографический контроль сварных соединений / А. С. Фалькевич, М. Х. Хусанов. – М. : Машиностроение, 1966. – 176 с.

10 **Константинов, О. Я.** Магнитная технологическая оснастка / О. Я. Константинов. – М. : Машиностроение, 1977. – 362 с.

11 **Неразрушающий контроль материалов и изделий :** справочник / под ред. Г. С. Самойловича. – М. : Машиностроение, 1976. – 456 с.

12 **Машиностроение. Энциклопедия** / ред. совет: К. В. Фролов [и др.]. Измерения, контроль, испытания и диагностика. Т III–7/ В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, В. Н. Филинов [и др.]; под общ. ред. В. В. Клюева. – М. : Машиностроение 1996. – 464 с.

13 **Феррозондовый метод неразрушающего контроля** деталей вагонов. Руковод. док. РД 32.149–2000. – М. : МПС РФ, – 120 с.

14 **Сенько, В. И.** Техническое обслуживание вагонов. Организация ремонта грузовых вагонов в депо: учеб. пособие / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, И. С. Бычек. – Гомель: БелГУТ, 2002. – 371 с.

15 **Пастухов, И. Ф.** Конструкция вагонов : учеб. для колледжей и техникумов ж.-д. трансп. / И. Ф. Пастухов, В. В. Пигунов, Р. О. Кошкалда. – М. : Маршрут, 2004. – 504 с.

16 **Альбом чертежей запасных деталей вагонов железных дорог широкой колеи.** – М. : Гос. трансп. ж.-д. изд-во, 1956. – 380 с.

17 **Эвентов, И. И.** Подготовка рукописи к изданию: практ. пособие для авт. и операторов ПЭВМ / И. И. Эвентов. – Гомель : БелГУТ, 2006. – 103 с.

18 **Цырлин, М. И.** Основные требования к оформлению пояснительных записок курсовых и дипломных проектов (работ) : учеб.-метод. пособие / М. И. Цырлин. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 31 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Образец оформления обложки

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Неразрушающий контроль и техническая диагностика»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
по дисциплине
«Основы неразрушающего контроля»

Разработал
студент группы МД-41
А. И. Петров

2008

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

Образец оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Неразрушающий контроль и техническая диагностика»

**Разработка магнитопорошкового метода
неразрушающего контроля оси колесной пары**

Принял доцент (профессор)	Разработал студент группы МД-41
И. И. Иванов	А. И. Петров
«__» _____ 2008	«__» _____ 2008

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Основная надпись для пояснительной записки и чертежей



ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)

Справочные данные для расчета намагничивающего устройства

Таблица Г.1 – Исходные данные для построения кривой намагничивания материала магнитопровода и изделия

Напряженность намагничивающего поля H , А/м	Магнитная индукция B , Тл				
	Марка стали				
	10	20	30	40	45
1	2	3	4	5	6
200	0,090	–	0,090	0,050	0,020
500	0,535	0,500	0,490	0,300	0,072
1000	1,110	0,975	0,950	0,810	0,390
1500	1,250	1,240	1,165	1,070	0,670
2000	1,360	1,380	1,290	1,220	0,670
2500	1,445	1,430	1,300	1,320	1,000
3000	1,490	1,515	1,445	1,395	1,105
4000	1,575	1,585	1,530	1,475	1,355
5000	1,635	1,630	1,580	1,560	1,440
7500	1,710	1,725	1,680	1,665	1,520
10000	1,780	1,780	1,755	1,730	1,620
12500	1,835	1,830	1,810	1,790	1,670
15000	1,870	1,860	1,915	1,820	1,720
20000	1,940	1,940	1,945	1,900	1,795
25000	2,000	1,960	1,960	1,940	1,840
30000	2,040	2,040	2,010	1,990	1,890
35000	2,070	2,070	2,040	2,020	1,920
40000	2,090	2,110	2,060	2,040	1,945
45000	2,100	2,140	2,080	2,060	1,970
50000	2,100	2,166	2,100	2,080	1,980

Продолжение таблицы Г.1

Напряженность намагничивающего поля H , А/м	Магнитная индукция B , Тл				
	Марка стали				
	Ст3	20Х	СЧ24-44	Р18	9ХС
1	7	8	9	10	11
200	0,200	0,065	–	–	–
500	0,850	0,340	0,046	0,030	0,041
1000	1,220	0,860	0,183	0,100	0,290
1500	1,350	1,100	0,304	0,180	0,815
2000	1,400	1,250	0,458	0,695	1,050
2500	1,470	1,36	0,540	0,935	1,160
3000	1,510	1,420	0,612	1,030	1,225

Продолжение таблицы Г.1

Напряженность намагничивающего поля H , А/м	Магнитная индукция B , Тл				
	Марка стали				
	Ст3	20Х	СЧ24-44	Р18	9ХС
1	7	6	9	10	11
4000	1,570	1,520	0,700	1,125	1,300
5000	1,620	1,600	0,780	1,170	1,355
7500	1,700	1,680	0,910	1,230	1,410
10000	1,770	1,740	1,000	1,275	1,455
12500	1,830	1,800	1,070	1,300	1,500
15000	1,870	1,840	1,120	1,320	1,535
20000	1,950	1,910	1,220	1,355	1,570
25000	2,010	1,970	1,300	1,395	1,615
30000	2,070	2,010	1,375	1,415	1,640
35000	2,120	2,040	1,415	1,440	1,660
40000	–	2,070	1,460	1,460	1,685
45000	–	2,090	1,505	1,475	1,700
50000	–	2,110	1,535	1,495	1,710

Продолжение таблицы Г.1

Напряженность намагничивающего поля H , А/м	Магнитная индукция B , Тл				
	Марка стали				
	ХВГ	ШХ5	40Х	У7А	У8
1	12	13	14	15	16
200	–	–	0,015	0,015	–
500	0,050	0,032	0,033	0,075	0,165
1000	0,190	0,120	0,110	0,357	0,720
1500	0,740	0,635	0,340	0,650	1,000
2000	1,085	0,945	0,580	3,840	1,230
2500	1,240	1,085	0,810	1,000	1,310
3000	1,325	1,165	0,960	1,100	1,390
4000	1,390	1,270	1,160	1,270	1,445
5000	1,480	1,320	1,280	1,375	1,510
7500	1,560	1,410	1,470	1,525	1,580
10000	1,610	1,460	1,580	1,610	1,640
12500	1,650	1,480	1,650	1,670	1,670
15000	1,680	1,515	1,720	1,720	1,720
20000	1,725	1,570	1,790	1,790	1,775
25000	1,770	1,600	1,850	1,830	1,810
30000	1,790	1,630	1,890	1,870	1,870
35000	1,810	1,650	1,920	1,910	1,890
40000	1,840	1,660	1,950	1,940	1,925
45000	1,860	1,675	1,980	1,960	1,940
50000	1,870	1,690	2,010	1,980	1,975

Окончание таблицы Г.1

Напряженность намагничивающего поля H , А/м	Магнитная индукция B , Тл				
	Марка стали				
	У10А	У12	09Г2	20ХГСА	3ХВ8
1	17	18	19	20	21
200	–	–	0,060	–	–
500	0,040	0,09	0,310	0,0660	1,040
1000	0,186	0,465	0,870	0,456	3,106
1500	0,475	0,745	1,150	0,852	0,210
2000	0,730	1,040	1,300	1,295	0,665
2500	0,910	1,145	1,410	1,375	0,940
3000	1,025	1,240	1,480	1,460	1,160
4000	1,215	1,340	1,565	1,515	1,305
5000	1,325	1,400	1,700	1,570	1,420
7500	1,500	1,480	1,730	1,655	1,510
10000	1,590	1,540	1,795	1,710	1,550
12500	1,670	1,595	1,820	1,750	1,630
15000	1,700	1,640	1,860	1,780	1,640
20000	1,780	1,680	1,930	1,825	1,685
25000	1,830	1,720	1,990	1,860	1,725
30000	1,870	1,780	2,030	1,900	1,770
35000	1,910	1,815	2,060	1,930	1,780
40000	1,940	1,850	2,085	1,945	1,800
45000	1,960	1,870	2,100	1,960	1,830
50000	1,970	1,880	2,120	1,970	1,840

Таблица Г.2 – К выбору уровня чувствительности и расчету напряженности приложенного поля при контроле СПИ

Условный уровень чувствительности	Ширина раскрытия дефекта, мкм	Протяженность дефекта, мм	Шероховатость поверхности R_a , мкм	Формула для расчета $H_{пр}$, А/м
А	2,0	0,5	< 2,5	$42+1,1 H_c$
Б	10,0	0,5	< 10,0	$20+1,1 H_c$
В	25,0	0,5	< 10,0	$15+1,1 H_c$

Таблица Г.3 – Основные магнитные характеристики некоторых конструкционных сталей

Марка стали	Коэрцитивная сила H_c , А/м	Остаточная индукция B_r , Тл	Напряженность $H_{пр}$, необходимая для получения B_r , А/м
10	480	0,86	3200
20	320	1,17	5600
45	640	1,12	7200
Ст5	640	1,10	3600
ШХ15	3600	0,79	17600
ХВГ	3920	0,85	13600
Х12Ф1	6800	0,41	16000
P9	3440	1,04	18400
P18	4160	0,91	14400
12ХН3А	1200	0,70	8000
12Х2Н4А	1840	0,94	10400
18ХНВА	3440	0,70	16800
25Х2ГНТА	2080	1,31	9600
20Х3МВФ	1440	0,67	6400
38ХА	1200	1,45	5200
25ХГСА	2720	1,12	13600
30Х2Н2ВА	1440	1,02	14400
30ХГСА	1920	1,16	11200
32Х2НГСМ	2800	0,68	16800
37Х2НСМ	2400	0,63	13200
СП-28	3600	0,69	10400
ВКС-210	2240	0,69	12800
ВНЛ-3	2960	0,40	24000
60С2А	1840	1,06	13600
65Г	1600	1,09	7200
ВКЛ-3	1440	0,61	10400
Х15Н5Д2Т	2800	0,65	28000
Х16Н6	4000	0,50	14400
ВНС-2М	3040	0,91	48000
9Х18	6400	0,61	17600
20Х13	1120	0,58	11200
12Х13	400	1,11	3200
14Х17Н2	3600	0,62	12000
268Л	1600	0,69	13600

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)

Справочные данные для выбора способа контроля и вида намагничивания

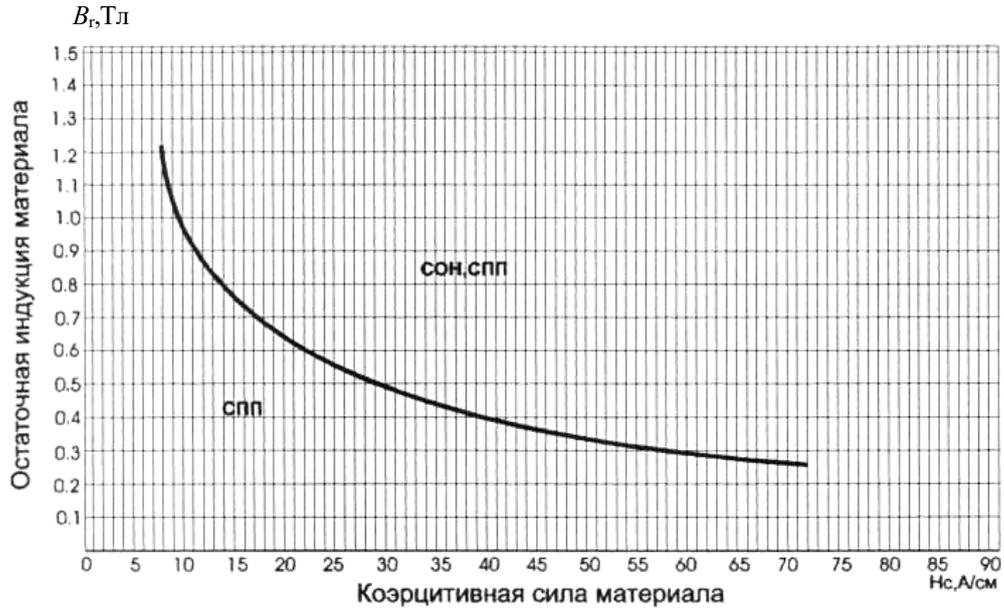
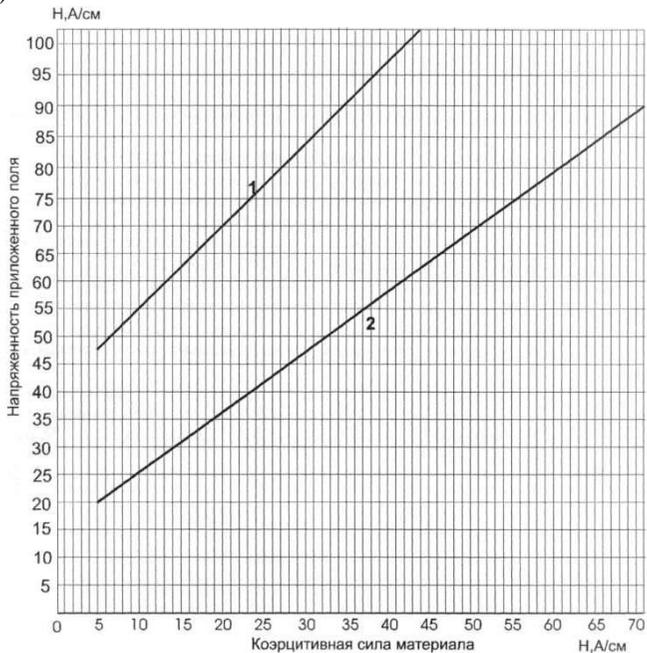


Рисунок Д.1 – Выбор способа магнитопорошкового контроля

а)



б)

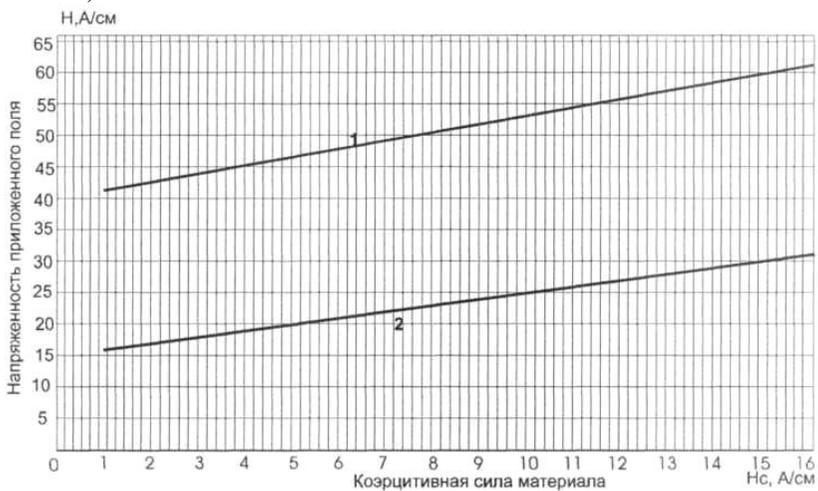
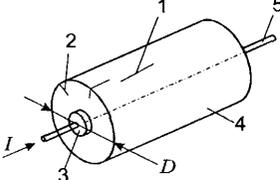
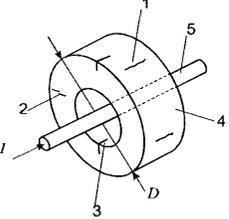
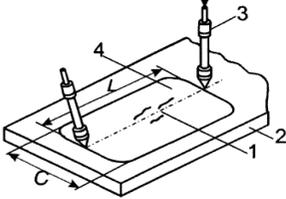
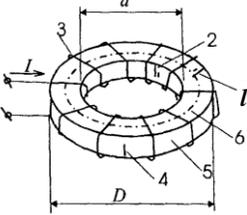
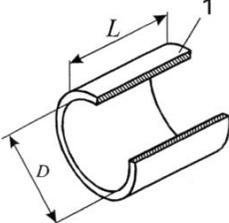
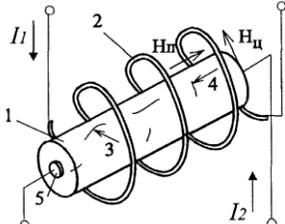
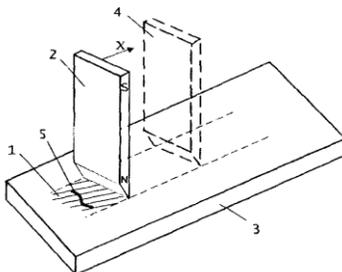


Рисунок Д.2 – Определение напряженности приложенного магнитного поля с учетом коэрцитивной силы материала: а – $H_c > 16 \text{ A/cm}$; б – $H_c < 16 \text{ A/cm}$; максимальное (1) и минимальное (2) значения напряженности поля

Таблица Д.1 – Виды, способы и схемы намагничивания объектов

Вид намагничивания (способ намагничивания)	Схема намагничивания и расположение выявляемых дефектов	Расчетные формулы	
Циркулярное (Ц)	Пропусканием тока по объекту (ЦО)	 <p>1 – продольные дефекты; 2 – радиальные дефекты; 3 – контактный диск; 4 – объект; 5 – проводник</p>	$I = 3HD,$ где I – ток, А; H – тангенциальная составляющая напряженности магнитного поля, А/см (определяется по рисунку Д.2), D – диаметр объекта, см
Циркулярное (Ц)	Пропусканием тока по центральному проводнику (ЦП)	 <p>1, 2, 3 – дефекты; 4 – объект; 5 – проводник</p>	То же
Циркулярное (Ц)	Пропусканием тока по участку детали (ЦЭ)	 <p>1 – дефекты; 2 – объект; 3 – электроконтакты, 4 – зона контроля</p>	$I = (1,5 \dots 1,7)H \times \sqrt{L^2 + C^2}$ L, C – длина и ширина зоны контроля, см ($C \approx 0,6 L$)
Циркулярное (Ц)	С применением тороидальной обмотки (ЦТ)	 <p>1, 2, 4 – дефекты, 3 – обмотка, 5 – объект, 6 – средняя линия тороида; D, d – внешний и внутренний диаметры объекта</p>	$I = Hl/n,$ l – длина средней линии тороида, см; n – число витков обмотки

Окончание таблицы Д.1

Вид намагничивания (способ намагничивания)		Схема намагничивания и расположение выявляемых дефектов	Расчетные формулы
Полусное (П)	Полусное в соленоиде (ПС)	 <p>I – соленоид</p>	$I = H/K_c =$ $= (H/n) \sqrt{L^2 + D^2},$ <p>K_c – постоянная соленоида; n – число витков соленоида; L, D – длина и диаметр соленоида, см</p>
Комбинированное (циркулярное и полусное) (ЦП)	Пропусканием токов по объекту и по обмотке соленоида (ЦО, ПС)	 <p>I – объект; 2 – соленоид; 3, 4 – продольные и поперечные трещины; 5 – контактный диск</p>	I_1, I_2 – токи; H_n, H_c – составляющие вектора напряженности магнитного поля при циркулярном намагничивании
Полусное (П)	Намагничивание способом магнитного контакта (МК)	 <p>X – направление перемещения магнита</p> <p>I – зона контроля; 2, 4 – перемещаемый магнит; 3 – объект; 5 – трещины</p>	X – направление перемещения магнита

ПРИЛОЖЕНИЕ E
(справочное)

**Узлы и детали подвижного состава, подвергаемые
магнитному контролю**

**Таблица E.1 – Перечень деталей вагонов, способы и средства
магнитопоршкового контроля**

Наименование детали	Зоны контроля	Способ контроля, напряженность магнитного поля на поверхности детали, А/см, не менее	Средство контроля
<i>Колесная пара и буксовый узел</i>			
Ось колесной пары в сборе	Шейки и предподступичные части (открытые)	СПП, 20	МД-12ПШ, МД-12ПЭ, установки Р8617, МД-14ПКМ
	Средняя часть	То же	МД-13ПР, МД-12ПС, установки Р8617, МД-14ПКМ
	Подступичная часть (открытая)	«	МД-12ПЭ, МД-12ПС
Внутренние кольца роликовых подшипников, напрессованные на шейки оси	Наружная поверхность	СОН, 180	Установки Р8617, МД-14ПКМ
Колесо цельнокатаное	Обод, приободная зона диска, переход от диска к ступице	СПП, 30	МД-4К, УН-5
	Гребень	То же	МД-4К, МЭД-120
Ось колесной пары свободная	Вся поверхность	СПП, 20	МД-12ПЭ, МД-12ПС
Внутреннее кольцо роликового подшипника	Наружная поверхность	СОН, 180	Установка УМДП-01
Наружное кольцо роликового подшипника	Внутренняя и наружная поверхности		
Упорное кольцо роликового подшипника	Вся поверхность	То же	То же
Стопорная планка	То же	СПП, 20	МД-12ПШ

Продолжение таблицы Е.1

Наименование детали	Зоны контроля	Способ контроля, напряженность магнитного поля на поверхности детали, А/см, не менее	Средство контроля
<i>Тележки грузовых вагонов</i>			
Боковая рама тележек 18-100, 18-493, 18-101	Внутренний угол буксового проема; наружный угол буксового проема; наклонный пояс, сопряжение полок и ребро усиления над буксовым проемом; кромки горизонтальной полки над буксовым проемом; кромки технологических отверстий; нижний угол рессорного проема; верхний угол рессорного проема; ребро усиления рессорного проема; опорная поверхность буксового проема	СПП, 15	МД-4К, МЭД-120
Надресорная балка тележек 18-100, 18-493, 18-101	Опорная поверхность подпятника; внутренний бурт подпятника; наружный бурт подпятника; зона перехода от наружного бурта подпятника к верхнему поясу; зона перехода от верхнего пояса к опорам скользунов; верхний пояс; кромки технологических отверстий в верхнем поясе; боковые стенки; нижний пояс; кромки технологических отверстий в нижнем поясе; наклонная плоскость для клина; углы между ограничительными буртами и наклонной плоскостью для клина	То же	То же
Шкворень	Вся поверхность	СПП, 20	МД-12ПШ, МД-12ПЭ

Продолжение таблицы Е.1

Наименование детали	Зоны контроля	Способ контроля, напряженность магнитного поля на поверхности детали, А/см, не менее	Средство контроля
Соединительная балка тележки 18-101	Опорная поверхность и бурт центрального подпятника; верхний лист в зоне сварного соединения с плитой центрального подпятника; сварное соединение верхнего листа с плитой центрального подпятника; сварное соединение верхнего листа с крайним пятником; сварное соединение нижнего листа с крайним пятником; нижний лист в зоне крайних подпятников; сварной шов приварки опоры скользунов	То же	То же
<i>Тележки пассажирских вагонов</i>			
Надрессорная балка тележек КВЗ-ЦНИИ, КВЗ-5	Сварные соединения боковой стенки с верхней и нижней пластинами; опорная поверхность подпятника; внутренний бурт подпятника; наружный бурт подпятника; сварное соединение опорной плиты с кронштейном гасителя колебаний; сварное соединение кронштейна поводка с опорной плитой; кронштейн гасителя колебаний	СПП, 15	МД-4К, МЭД-120
Рама тележек КВЗ-ЦНИИ, КВЗ-5	Верхняя и нижняя стенки продольной балки; боковые стенки продольной балки; сварной шов верхней накладки продольной балки; сварной шов ниж-	То же	То же

Продолжение таблицы Е.1

Наименование детали	Зоны контроля	Способ контроля, напряженность магнитного поля на поверхности детали, А/см, не менее	Средство контроля
	ней накладки продольной и внутренней поперечной балки		
Серьга центрального подвешивания	Вся поверхность	СПП, 20	МД-12ПШ, МД-12ПЭ
Тяги подвески и поводка тележек КВЗ-ЦНИИ	То же	То же	То же
Валики люлечного подвешивания	«	«	«
Стержень предохранительный	«	«	«
Шкворень	«	«	«
<i>Тормозная рычажная передача</i>			
Подвеска тормозного башмака грузовых и рефрижераторных вагонов	Вся поверхность	СПП, 20	МД-12ПШ, МД-12ПЭ
Подвеска тормозного башмака пассажирских вагонов	То же	То же	То же
Тормозная тяга	Сварной шов и околошовные зоны длиной от 100 до 150 мм	«	«
<i>Электрическое оборудование и привод генератора пассажирских вагонов</i>			
Шестерня-вал редуктора ТРКП	Вся поверхность, включая зубья и резьбу	СПП 50	МД-12ПШ, МД-4К, МЭД-120; УНМ-300/2000
Вал редуктора ТРКП	Вся поверхность	СПП, 30	МД-12ПШ, МД-12ПЭ
Вилка со шлицевой втулкой карданного вала ТРКП	Вся поверхность, включая шлицы	СПП, 35	МД-12ПШ, МД-12ПЭ, МД-4К, МЭД-120

Продолжение таблицы Е.1

Наименование детали	Зоны контроля	Способ контроля, напряженность магнитного поля на поверхности детали, А/см, не менее	Средство контроля
Вал ведомый привода ТК-2	Вся поверхность	СПП, 30	МД-12ПШ, МД-12ПЭ
Вал полый	То же	То же	То же
Кронштейн опоры	Вся поверхность, включая шлицы и резьбу	СПП, 50	МД-12ПШ, МД-4К, МЭД-120
Валик опоры момента	Вся поверхность	СПП, 25	МД-12ПШ, МД-12ПЭ
Вал шлицевой	То же	СПП, 30	То же
Фланцевые вилки	То же	То же	То же
Вилка со шлицами привода МАБ-11 и ВБА-32/2	Вся поверхность, включая шлицы	«	«
Вал генератора	Хвостовик	«	«
<i>Автосцепное устройство</i>			
Корпус автосцепки	Зона перехода от хвостовика к головной части; перемычка хвостовика; кромки отверстия для клина тягового хомута; поверхность хвостовика;	СПП, 20	МД-12ПШ, МД-12ПЭ, МД-12ПС, МД-4К, МЭД-120
Корпус автосцепки	верхние и нижние углы окна для замка и замкодержателя; угол сопряжения боковой и ударной, тяговой и боковой поверхностей большого зуба; кромки контура большого зуба	СПП, 20	МД-12ПШ, МД-12ПЭ, МД-12ПС, МД-4К, МЭД-120
Тяговый хомут, корпус хомута поглощающего аппарата Р-5П	Тяговые полосы; соединительные планки; зоны перехода от соединительных планок, от задней опорной части, от приливов отверстия для клина к тяговым полосам; от ушек для болтов к тяговой полосе.	То же	МД-12ПС, Д-14ПКМ (разъемный соленоид)

Окончание таблицы Е.1

Наименование детали	Зоны контроля	Способ контроля, напряженность магнитного поля на поверхности детали, А/см, не менее	Средство контроля
Клин тягового хомута	Вся поверхность	СПП, 35	МД-12ПШ, МД-12ПЭ
Валик тягового хомута	То же	СПП, 20	То же
Маятниковая подвеска	«	То же	«
Стяжной болт поглощающего аппарата	Вся поверхность, включая резьбу	«	«

Таблица Е.2 – Перечень деталей вагонов, контролируемых феррозондовым методом, и применяемых при этом установок

Наименование детали	Феррозондовая установка
<i>Тележки грузовых вагонов</i>	
Боковая рама, надрессорная балка при контроле в составе тележки 18-100	8-ДФ-103/ 105 8-ДФ-201/205
Боковая рама, надрессорная балка при контроле в составе тележки 18-493	7-ДФ-201/205
Боковая рама тележек 18-100,18-493 при контроле подетально	9-ДФ-201/205
Надрессорная балка тележек 18-100,18-493 при контроле подетально	5-ДФ-201/205
Боковая рама, надрессорная балка тележки 18-100 и соединительная балка, входящие в состав тележки 18-101	4-ДФ-201/205
Боковая рама, надрессорная балка, шкворневая балка, балансир тележки 18-102	3-ДФ-201/205
Надрессорная балка тележек 18-100,18-493 (после изготовления на заводе)	51-ДФ-201/205
Боковая рама тележек 18-100,18-493 (после изготовления на заводе)	91-ДФ-201/205
<i>Тележки пассажирских вагонов</i>	
Надрессорная балка, рама тележек КВЗ-ЦНИИ, КВЗ-5	2-ДФ-201 2-ДФ-205
<i>Автосцепное устройство</i>	
Корпус автосцепки, тяговый хомут автосцепных устройств СА-3 и СА-3М	1-ДФ-103/105 1-ДФ-201/205
<i>Цельнокатаные колеса пассажирских вагонов</i>	
Диск колеса	11-ДФ-205

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(справочное)

Средства магнитного контроля

Таблица Ж.1 – Дефектоскопы и намагничивающие устройства

Тип дефектоскопа или намагничивающего устройства, номер технических условий	Составные части	Технические характеристики						Назначение, способ контроля
		напряженность магнитного поля без детали, А/см, не менее	вид намагничивающего тока, максимальное эффективное или амплитудное значение, А, не менее	диаметр рабочего отверстия соленоида (или расстояние между полюсами электромагнита), мм, не менее	напряжение питания, В	габаритные размеры, мм, не более	масса, кг, не более	
МД-12ПШ	Блок питания	–	–	–	220	275×520×320	45	Контроль шеек и предподступичных частей оси колесной пары, других деталей диаметром до 150 мм, СПП
	Неразъемный соленоид	В центре соленоида, 180*	Переменный, 45	200	36	–	9	
МД-12ПЭ	Блок питания	–	–	–	220	275×520×320	45	Контроль шеек оси колесной пары, хвостовика автосцепки и других деталей диаметром до 180 мм, СПП
	Эксцентричное НУ (соленоид с плоским сердечником с одной стороны)	В центре соленоида, 120*	Переменный, 36	235	36	–	9	

МД-12ПС	Блок питания	–	–	–	220	275×520×320	45	Контроль деталей длиной > 600 мм и диаметром ≥ 100 мм, когда для выявления дефектов требуется напряженность ≤ 25 А/см, СПП
	Седлообразное НУ	Под дугой, 150*	Переменный, 46	270 (диаметр дуги)	36	–	17	
МД-13ПР	Блок питания	–	–	–	220	380×280×15	14	Контроль средней части оси колесной пары в сборе МВПС сухим способом, бандажа, СПП
	Блок контроля с разъемным соленоидом	В центре соленоида, 160*	Переменный, 1320	240	3,5	–	82	
УНМ-300/2000 (УНМД-300/2000)	Блок питания	–	–	–	220	300×350×450	30	Контроль деталей с поперечным размером ≤ 50 мм (болты, валики и т.п.), СПП
	Соленоид 2-секционный	В центре соленоида, 160	Переменный, 6	70	27	–	–	
			Постоянный, 2	–	–	–	–	То же, СОН

Окончание таблицы Ж.1

Тип дефектоскопа или намагничивающего устройства, номер технических условий	Составные части	Технические характеристики						Назначение, способ контроля
		напряженность магнитного поля без детали, А/см, не менее	вид намагничивающего тока, максимальное эффективное или амплитудное значение, А, не менее	диаметр рабочего отверстия соленоида (или расстояние между полюсами электромагнита), мм, не менее	напряжение питания, В	габаритные размеры, мм, не более	масса, кг, не более	
УНМ-300/2000 (УНМД-300/2000)	Электромагнит	160	Постоянный, 2	170	27	–	–	Контроль участков крупногабаритных деталей, СПП
	Гибкий силовой кабель	–	Переменный, 300	–	8	Длина 6 м, сечение 50 мм ²	–	Контроль деталей различной формы, СПП
	Гибкий силовой кабель		Импульсный, 2000 (ампл.)			Длина 6 м, сечение 10 мм ²		То же
	Электроконтакты (щупы)		Переменный, 300			Длина кабеля 3 м, сечение 50 мм ²		Контроль участков крупногабаритных деталей, СПП
			Импульсный, 2000 (ампл.)			Длина кабеля 3 м, сечение 10 мм ²		

* Указанные характеристики определяются при отсутствии контролируемой детали.

Таблица Ж.2 – Состав феррозондовых установок

Феррозондовая установка	Дефектоскоп*	Намагничивающее устройство (НУ)	Стандартные образцы предприятия (СОП)
1-ДФ-103	ДФ-103	МСН 11-01 (2 шт.) МСН 12-01	СОП-НО-022 СОП-НО-023
1-ДФ-105	ДФ-105		
1-ДФ-201	ДФ-201.1		
1-ДФ-205	Ф-205.03 /205.30А	МСН 21 МСН 12-01	СОП-НО-025
2-ДФ-201	ДФ-201.1		
2-ДФ-205	Ф-205.03 /205.30А	МСН 11 МСН 11-02 МСН 11-03	СОП-НО-024
3-ДФ-201	ДФ-201.1		
3-ДФ-205	Ф-205.03 Ф-205.30А		
4-ДФ-201	ДФ-201.1	МСН 10 МСН 11	СОП-НО-021 СОП-НО-024
4-ДФ-205	Ф-205.03 /205.30А		
5-ДФ-201	ДФ-201.1	МСН 31	СОП-НО-021
5-ДФ-205	Ф-205.03/205.30А		
7-ДФ-201	ДФ-201.1	МСН 10-03 МСН 14	СОП-НО-021
7-ДФ-205	Ф-205.03/205.30А		
8-ДФ-103	ДФ-103	МСН 10 МСН 14	СОП-НО-021
8-ДФ-105	ДФ-105		
8-ДФ-201	ДФ-201.1		
8-ДФ-205	Ф-205.03 /205.30А		
9-ДФ-201	ДФ-201.1	МСН 32 МСН 14	СОП-НО-021
9-ДФ-205	Ф-205.03/205.30А		
11-ДФ-205	Ф-205.03/205.30А	МСН 14 (2 шт.)	СОП-НО-026
51-ДФ-201	ДФ-201.1		
51-ДФ-205	Ф-205.03/205.30А	МСН 33	СОП-НО-021
91-ДФ-201	ДФ-201.1		
91-ДФ-205	Ф-205.03/205.30А	МСН 4 МСН 4	СОП-НО-021

*В состав феррозондовых установок входят дефектоскоп (дефектоскоп-градиентометр или комбинированный магнитоизмерительный прибор), НУ и СОП.

Таблица Ж.3 – Параметры дефектов, определяющие условные уровни чувствительности при феррозондовом методе контроля

Условные уровни чувствительности	Минимальные размеры выявляемых дефектов, мм		Максимальная глубина залегания дефекта, мм
	ширина (раскрытие)	глубина	
<i>Поверхностные</i>			
A1	От 0,002 до 0,005	От 0,07 до 0,15	-
A2	« 0,005 « 0,012		
A3	« 0,012 « 0,020		
A	0,1	0,2	
Б	От 0,1 до 0,5	От 0,2 до 1,0	

Окончание таблицы Ж.3

Условные уровни чувствительности	Минимальные размеры выявляемых дефектов, мм		Максимальная глубина залегания дефекта, мм
	ширина (раскрытие)	глубина	
<i>Подповерхностные</i>			
В1	От 0,002 до 0,004	От 0,10 до 0,15	10
В		0,5	
Г1	0,3	От 0,5 до 1,0	20
Г			10
Д1			30
Д	От 0,3 до 0,5		5
<p><i>Примечание</i> – Длина дефектов для условных уровней А1–А3, В1, Г1, Д1 – 30 мм, для остальных – ≥ 2 мм.</p> <p>Шероховатость по ГОСТ 2789 участка стандартного образца в зоне дефекта – ≤ 10 мкм для условного уровня чувствительности А1, 50 мкм – А2, 320 мкм – А3 и А, 10 мкм – Б и В1, 40 мкм – В, 160 мкм – Г1, 160 мкм – Д и Д1.</p> <p>Условный уровень чувствительности соответствует отношению «сигнал/ шум» по ГОСТ 24450 на выходе градиентометра (в дефектоскопе-градиентометре или в комбинированном приборе) $\geq 1,5$. Для аппаратуры ручного контроля показание градиентометра, соответствующее максимальному сигналу вблизи дефекта, должно быть больше нижнего предела измерения не менее чем в 1,5 раза.</p> <p>Зона чувствительности дефектоскопа-градиентометра, которая определяется на стандартном образце с дефектом шириной 0,5 мм, глубиной 1,0 мм и протяженностью ≥ 2 мм, – не менее 0,5 мм.</p>			

Таблица Ж.4 – Основные типы магнитных индикаторов (магнитные порошки и концентраты)

Наименование	Цвет	Способ нанесения (вид дисперсионной среды)	Назначение
1 Концентрат магнитной суспензии (КМС) ДИАГМА 1100	Черный	Мокрый способ (вода)	Контроль деталей со светлой поверхностью любой шероховатости
2 КМС ДИАГМА 1200	Красно-коричневый	То же	Контроль деталей с темной поверхностью любой шероховатости
3 КМС ДИАГМА 1613	Люминесцентный желто-зеленый	«	То же
4 КМС ДИАГМА 2623	Люминесцентный серый	«	«
5 Магнитный порошок (МП) ДИАГМА 0473	Зеленый	Сухой способ	Контроль деталей с темной поверхностью с шероховатостью $R_a > 10$ мкм

Окончание таблицы Ж.4

Наименование	Цвет	Способ нанесения (вид дисперсионной среды)	Назначение
6 МП ДИАГМА 0400 «ОРИОН»	Серый	То же	То же
7 Порошок железный ПЖВ5-160	Темно-серый	«	Контроль деталей со светлой поверхностью с шероховатостью $R_a > 10$ мкм
8 Порошок железный ПЖВ5-71	То же	Мокрый способ (трансформаторное масло или его смесь с дизельным топливом или керосином)	Контроль деталей со светлой поверхностью любой шероховатости
9 Порошок железный ПЖВ5-71	«	Сухой способ	Контроль деталей со светлой поверхностью с шероховатостью $R_a < 10$ мкм
10 Магнитный порошок	Черный	Мокрый способ (трансформаторное масло или его смесь с дизельным топливом или керосином, дизельное топливо, вода с кондиционирующими добавками)	См. п. 8
		Сухой способ	

Таблица Ж.5 – Основные типы магнитных индикаторов (магнитные суспензии водные)

Состав суспензии	Количество	Способ приготовления
1 КМС ДИАГМА 1100 Вода питьевая	(30 ± 5) г До 1 л	Необходимое количество концентрата развести в небольшом объеме воды до однородной массы и, непрерывно помешивая, добавить оставшуюся воду
2 КМС ДИАГМА 1200 Вода питьевая	(20 ± 5) г До 1 л	То же
3 КМС ДИАГМА 1613 Вода питьевая	(20 ± 5) г До 1 л	«
4 Порошок магнитный черный Хромпик калиевый Сода кальцинированная Сульфанол Вода питьевая	(25 ± 5) г (5 ± 1) г (10 ± 1) г (2,0 ± 0,1) г До 1 л	В теплой воде (30–40) °С развести сульфанол, ввести в полученный раствор хромпик и соду, тщательно перемешать. Магнитный порошок растереть с небольшим количеством приготовленного раствора до консистенции сметаны; добавить остальную часть раствора и перемешать

Окончание таблицы Ж.5

Состав суспензии	Количество	Способ приготовления
5 Порошок магнитный черный Хромпик калиевый Сода кальцинированная Эмульгатор ОП-7(10) Вода питьевая	(25 ± 5) г (5±1) г (10±1) г (2,0 ± 0,5) г До 1 л	В теплой воде (30–40) °С развести эмульгатор, ввести в приготовленный раствор хромпик и соду, тщательно перемешать. Далее см. п.4
6 Порошок магнитный черный Нитрит натрия Сульфанол Вода питьевая	(25±5) г (15 ±2) г (2,0 ±0,1) г До 1 л	В теплой воде 30–40 °С развести сульфанол, ввести в приготовленный раствор нитрит натрия, тщательно перемешать. Далее см. п. 4

Таблица Ж.6 – Основные типы магнитных индикаторов (магнитные суспензии масляные)

Состав суспензии	Количество	Способ приготовления
Порошок железный ПЖВ5-71 Масло трансформаторное	(180±20) г До 1 л	Магнитный порошок растереть деревянной лопаточкой в равном по объему количестве масла до получения однородной массы и при непрерывном помешивании ввести остальную часть масла. Суспензию после приготовления необходимо профильтровать для удаления крупных частиц порошка, для чего ее необходимо размешать, дать отстояться и перелить в другую емкость. При этом на дне емкости должны остаться крупные частицы, непригодные для выявления дефектов. Время от момента окончания перемешивания до окончания переливания не должно превышать 10 с
Порошок магнитный черный Керосин Масло трансформаторное Присадка АКОР-1	(25 ± 5) г (0,5 ± 0,1) л (0,5 ± 0,1) л 0,5–5 % от массы смеси	Масло трансформаторное смешать с керосином и добавить присадку. Магнитный порошок растереть деревянной лопаточкой в равном по объему количестве смеси до получения однородной массы, добавить оставшуюся смесь и тщательно перемешать
Порошок магнитный черный Масло нелюминесцирующее (марки РМ)	(25±5) г До 1 л	Магнитный порошок растереть деревянной лопаточкой в равном по объему количестве масла до получения однородной массы и при непрерывном помешивании ввести остальную часть масла

ПРИЛОЖЕНИЕ И

(справочное)

Образцы технологических карт

Таблица И.1 – Технологическая карта магнитопорошкового контроля

Предприятие:	Контроль магнитопорошковый		На листах	2
Утверждаю: _____ Дата _____ «___» _____ 200_ г (главный инженер предприятия)	Деталь: <i>тяга подвески тележки КВЗ-ЦНИИ</i> Узел: <i>центральное рессорное подвешивание</i>	Марка стали: Ст5сп Твердость HRC: 20 Шероховатость: $R_a = 4$ мкм Цвет: светлый	Способ контроля: СПП, $H = 20$ А/см Длина зоны ДН: 200 мм	Лист 1
Тип вагона: пассажирский			Требования документов по техническому обслуживанию и ремонту	
Технологические операции		Средства контроля		
1 Подготовительные операции 1.1 Очистить тягу подвески от грязи и смазки 1.2 Осмотреть контролируемую поверхность с целью выявления видимых глазом дефектов 1.3 Протереть контролируемую поверхность ветошью, смоченной в суспензии 2 Операции контроля 2.1 Установить тягу подвески на опоры 2.2 Подвести соленоид к тяге подвески так, чтобы она входила в отверстие соленоида на 30–50 мм (рисунок И.1) 2.3 Приподнять соленоид так, чтобы зазор между корпусом соленоида и контролируемой поверхностью был не менее 40 мм		Средства для очистки: обтирочный материал, щетки волосяные, моющие средства Дефектоскоп МД-12ПШ Магнитный индикатор: суспензия (состав): магнитный порошок ПЖВ5-71 (180 ± 20) г; трансформаторное масло – 0,3 л; керосин – 0,7 л Вспомогательные средства: распылитель; лампа переносная (12 В); лупа х 4; мел	Виды работ, при которых проводится контроль: при всех видах плановых ремонтов Зоны контроля: вся поверхность Критерии браковки: трещины на любой части не допускаются	

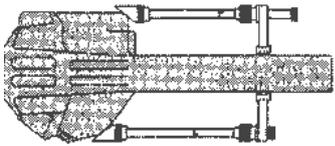
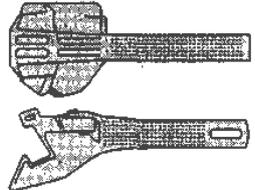
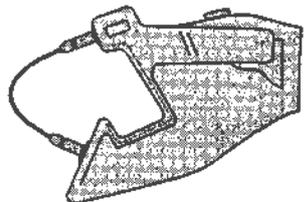
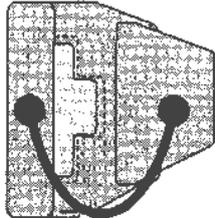
Окончание таблицы И.1

Деталь: <i>тяга подвески</i> Узел: <i>центральное рессорное подвешивание</i>		Контроль магнитопорошковый		Лист 2
Технологические операции		Эскиз детали, схема намагничивания		
2.4 Включить соленоид 2.5 Нанести суспензию на участок шейки в пределах зоны ДН (200 мм) 2.6 После стекания суспензии в течение 5–10 с осмотреть поверхность тяги в пределах зоны ДН. Выключить соленоид 2.7 Медленно переместить соленоиды к другому концу тяги, одновременно нанося перед ним суспензию. Остановить соленоид в положении, при котором другой конец тяги входит в отверстие соленоида на 30–50 мм 2.8 После стекания суспензии в течение 5–10 с осмотреть поверхность тяги. Выключить соленоид		<p>Рисунок И.1 – Установка тяги подвески в соленоиде: 1 – соленоид; 2 – тяга</p>		
Составил инженер по НК _____	Начальник технического отдела _____	Начальник цеха (ст. мастер) _____	Приемщик _____	

Таблица И.2 – Технологическая карта феррозондового контроля

Предприятие:	Контроль феррозондовый	На листах	2
Утверждаю: _____ Дата _____ «___» _____ 200_ г. (главный инженер предприятия)	Деталь: <i>корпус автосцепки</i> Узел: <i>автосцепное устройство</i>	Марка стали: 20ГФЛ Шероховатость: $R_z \leq 320$ мкм	Лист 1
Тип вагона: грузовой		Требования документов по техническому обслуживанию и ремонту	
Технологические операции	Средства контроля		
<p>1 Подготовка детали к контролю</p> <p>1.1 Очистить корпус автосцепки до металла</p> <p>1.2 Осмотреть поверхность корпуса автосцепки с целью выявления видимых глазом дефектов</p> <p>1.3 Установить корпус автосцепки на позицию контроля</p> <p>2 Подготовка дефектоскопа</p> <p>2.1 Подготовить дефектоскоп к работе в соответствии с руководством по эксплуатации</p> <p>2.2 Установить порог чувствительности дефектоскопа с помощью СОП-НО-023</p> <p>3 Операции контроля</p> <p>3.1 Установить два намагничивающих устройства МСН 11-01 на корпус автосцепки (рисунок И.2)</p> <p>3.2 Не менее чем через 10 с снять МСН 11-01 с корпуса автосцепки</p>	<p>Средства для очистки: обтирочный материал, щетки волосяные, металлический скребок, напильник</p> <p>Дефектоскоп Ф-205.03</p> <p>Стандартный образец: СОП-НО-023</p> <p>Намагничивающие устройства: МСН 11-01, МСН 12-01</p> <p>Вспомогательные средства: лампа переносная (12 В), лупа, мел</p>	<p>Виды работ, при которых проводится контроль: при всех видах планового ремонта вагонов.</p> <p>Зоны контроля: вся поверхность хвостовика, в т. ч. переход от хвостовика к головной части, перемычка хвостовика, кромки отверстия для клина тягового хомута, углы окна для замка и замкодержателя, углы сопряжения ударной, боковой и тяговой поверхностей большого зуба, кромки контура большого зуба</p> <p>Критерии браковки: по ЦВ-ВНИИЖТ-494-97</p>	

Окончание таблицы И.2

Деталь: <i>корпус автосцепки</i> Узел: <i>автосцепное устройство</i>		Контроль феррозондовый	Лист 2
Технологические операции		Эскиз детали, траектории сканирования	
3.3 Сканировать кромки отверстия для клина тягового хомута на расстоянии 5–10 мм от края с обеих сторон, хвостовика 3.4 Сканировать с шагом 5–8 мм перемычку с обеих сторон хвостовика 3.5 Сканировать с шагом 5–8 мм четыре плоскости хвостовика (рисунок И.3) 3.6 Установить значение порога 8000–8800 А/м ² 3.7 Сканировать с шагом (5–8) мм переходы от хвостовика к головной части корпуса автосцепки на длине 15–20 мм 3.8 Установить МСН 12-01 на головной части корпуса автосцепки (рисунок И.4) и сканировать кромки контура большого зуба 3.9 Сканировать переходы от ударной, боковой и тяговой поверхностей большого зуба (см. рисунок И.4). 3.10 Сканировать углы окна для замка и замкодержателя (рисунок И.5) 3.11 Установить порог чувствительности дефектоскопа, соответствующий настройке на СОП-НО-023		 <p>Рисунок И.2</p>	 <p>Рисунок И.3</p>
		 <p>Рисунок И.4</p>	 <p>Рисунок И.5</p>
Составил инженер по НК	Начальник технического отдела	Начальник цеха (ст. мастер)	Приемщик

Учебное издание

ХОЛОДИЛОВ Олег Викторович

**Методы и средства неразрушающего контроля
(магнитные методы)**

Учебно-методическое пособие по курсовому проектированию

Редактор Т. М. Ризевская
Технический редактор В. Н. Кучерова

Подписано в печать 11.02.2008 г. Формат 60x84/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 1,97. Тираж 100 экз.
Зак. № _____. Изд. № 135

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:
ЛИ № 02330/0133394 от 19.07.2004 г.
ЛП № 02330/0148780 от 30.04.2004 г.
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34