



АНО
«МИПКИ»

Рабочая программа
«Ультразвуковой контроль деталей
локомотивов»

Редакция
1

Лист 1
Всего листов 1


**Автономная некоммерческая организация
дополнительного профессионального образования
«Межотраслевой институт подготовки кадров и информации»**



УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ ЛОКОМОТИВОВ

Рабочая программа курса

Санкт-Петербург
2019

	АНО «МИПКИ»	Рабочая программа «Ультразвуковой контроль деталей локомотивов»	Редакция 1	Лист 2 Всего листов 2
---	----------------	---	---------------	--------------------------

УТВЕРЖДЕНО
Протоколом заседания Ученого Совета
№ 8 от 10.09.2019

Цель: повышение квалификации специалистов разных отраслей промышленности по программе, содержащей сведения о принципах и методах акустического (ультразвукового) контроля, основных параметрах ультразвукового контроля, измеряемых характеристиках дефектов, основах технологий ультразвукового контроля (УЗК) металлоконструкций.

Категория слушателей: специалисты подразделений неразрушающего контроля (лабораторий) предприятий, руководящий технический состав предприятий, применяющий УЗК металлоконструкций или осуществляющий подготовку к его внедрению в техпроцесс.

Срок обучения: 72 академических часа, 3 недели.

Форма обучения: заочная (с применением дистанционных технологий).

Режим занятий: 4 часа в день, 6 дней в неделю.

Составили:

Цомук Сергей Роальдович, к.т.н. - преподаватель

Издательство Межотраслевого института подготовки кадров и информации

МИПКИ 2019
Издание 1-е



СОДЕРЖАНИЕ

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ ЛОКОМОТИВОВ.....	1
1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН	4
2. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК.....	4
3. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПРОГРАММЫ КУРСА.....	5
4. ПРОГРАММА КУРСА	5
ВВЕДЕНИЕ.....	5
ТЕМА 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УЗК.....	5
ТЕМА 2. СРЕДСТВА УЗК ДЕТАЛЕЙ ЛОКОМОТИВОВ.....	6
ТЕМА 3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ УЗК.....	6
ТЕМА 4. ТЕХНОЛОГИЯ УЗК ДЕТАЛЕЙ ЛОКОМОТИВОВ.....	6
5. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ.....	7
6. СПИСОК ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО И ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ	7
7. СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ	11

1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН

№	Наименование разделов и дисциплин	Всего, час.	В том числе		Форма контроля*)
			Лекции	Практические занятия	
1	Тема 1. Физические основы УЗК	12	6	6	
1.1	Типы ультразвуковых волн и особенности их распространения	4	2	2	ПТ
1.2	Возбуждение и прием ультразвуковых волн. Акустическое поле преобразователя	6	2	4	ПТ
1.3	Методы отражения и прохождения волн	2	2	0	ПТ
2	Тема 2. Средства УЗК деталей локомотивов	10	4	6	
2.1	Основные типы пьезоэлектрических преобразователей к дефектоскопам	4	2	2	ПТ
2.2	Основные узлы дефектоскопа	2	1	1	ПТ
2.3	Меры (стандартные образцы), настроечные образцы	2	0	2	ПТ
2.4	Ультразвуковые толщинометры	2	1	1	
3	Тема 3. Основные положения методологии УЗК	12	6	6	
3.1	Основные параметры УЗК и способы их настройки	4	2	2	ПТ
3.2	Измеряемые характеристики дефектов и особенности их определения	4	2	2	ПТ
3.3	Поиск дефектов (сканирование)	2	1	1	ПТ
3.4	Оценка качества по результатам УЗК оформление результатов контроля	2	1	1	ПТ
4	Тема 4. Технология УЗК деталей локомотивов	36	10	26	
4.1	Контроль сплошных осей	8	2	6	ПТ
4.2	Контроль полых осей	4	2	2	ПТ
4.3	Контроль бандажей	8	2	6	ПТ
4.4	Контроль зубчатых колес	6	2	4	ПТ
4.5	Контроль валов ТЭД, карданного вала, удлиненных ступиц, болтов, валиков	8	2	6	ПТ
4.6	Ультразвуковая толщинометрия	2		2	
	ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО УЧЕБНОМУ КУРСУ	2		2	ИТ
	Итого:	72	26	46	

2. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

Тема	Учебный день																				
	Неделя 1							Неделя 2							Неделя 3						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Тема 1							-							-							-



Тема 2. Средства УЗК деталей локомотивов

2.1 Основные типы пьезоэлектрических преобразователей к дефектоскопам.

Классификация пьезоэлектрических преобразователей. Основные элементы ПЭП.

2.2 Основные узлы дефектоскопа

Ультразвуковой дефектоскоп: понятие, функциональная схема.

Система автоматической сигнализации дефектов (АСД).

Система временной регулировки чувствительности (ВРЧ)

2.3. Меры (стандартные образцы), настроечные образцы.

Меры (стандартные образцы): понятие, виды.

Настроечные образцы.

2.4 Ультразвуковые толщиномеры.

Толщиномеры: понятие, назначение, виды.

Принципы действия, недостатки и достоинства эхо-импульсных толщиномеров.

Основные технические характеристики толщиномеров.

Тема 3. Основные положения методологии УЗК

3.1 Основные параметры УЗК и способы их настройки.

Параметры метода и параметры аппаратуры.

Основные виды чувствительности при эхо-импульсном методе УЗК.

3.2 Измеряемые характеристики дефектов и особенности их определения.

Эхо-импульсный метод.

Зеркально-теневой метод.

3.3 Поиск дефектов (сканирование)

Сканирование. Поперечно-продольная схема сканирования.

3.4 Оценка качества по результатам УЗК оформление результатов контроля

Оценка качества изделия по результатам УЗК. Одноуровневая или двух- (много-) уровневая оценка качества изделия по результатам УЗК.

Тема 4. Технология УЗК деталей локомотивов

4.1 Контроль сплошных осей.

Оценка однородности структуры металла.

Контроль на выявление внутренних дефектов.

Настройка остальных основных параметров контроля.

4.2 Контроль полых осей.

Принципы и способы контроля полых осей.

Оценка однородности структуры металла.

Контроль на выявление внутренних дефектов.

4.3 Контроль бандажей.


Контроль на выявление внутренних дефектов в бандаже колеса по вариантам методов DR 3.1...DR 3.3

Контроль на выявление дефектов в поверхности катания и подповерхностной зоне (вариант метода DR4)

4.4 Контроль зубчатых колес

Контроль зубчатых колес при использовании теневого метода УЗК.

Зона контроля.

	АНО «МИПКИ»	Рабочая программа «Ультразвуковой контроль деталей локомотивов»	Редакция 1	Лист 7 Всего листов 7
---	----------------	---	---------------	--------------------------

4.5 Контроль валов ТЭД, карданного вала, удлиненных ступиц, болтов, валиков

Контроль валов ТЭД и карданного вала.

Контроль удлиненных ступиц колесных центров электровозов.

Контроль болтов.

4.6 Ультразвуковая толщинометрия.

Необходимость проведения ультразвуковой толщинометрии, инструменты и меры проведения. Достоинства и недостатки приборов, при проведении ультразвуковой толщинометрии.

5. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

Контроль знаний осуществляется в форме выполнения электронных тестов по темам курса. Итоговый контроль знаний проводится путем выполнения итогового теста по всему курсу.

6. СПИСОК ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО И ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Что называется ультразвуковыми колебаниями?

Как колеблются частицы при распространении продольных волн?

Почему поперечные волны распространяются только в твердых средах так как?

Что такое длина волны?

Рассчитать длину продольной λ_l и поперечной λ_t волн в алюминии при частоте 2,5 МГц, если известно, что скорость распространения поперечной волны в алюминии равна 3130 м/с.

В каких единицах измеряют амплитуду сигнала в УЗК?

Каким выражением длина волны связана с частотой?

Как связаны между собой скорости продольных и поперечных волн в металлах?

На расстоянии в 500 метров от приемника расположены три излучателя, которые включаются одновременно. Первый работает на частоте 1 МГц, второй - 10 МГц, третий - 15 МГц. Сигнал от какого излучателя будет первым принят приемником?

Как связаны между собой скорости поверхностных и поперечных волн в металлах?

С чем связано уменьшение интенсивности волны при ее распространении?

Как колеблются частицы при распространении поверхностных волн?

Рассчитать скорость C_R рэлеевской волны в стали, если скорость поперечной волны в стали равна 3260 м/с.

Какую толщину поверхностного слоя целесообразно использовать Волны Рэлея?

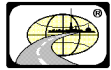
От чего зависит затухание волны при ее распространении?

Что такое трансформация волн на границе раздела сред?

Какая основная особенность имеется на границе раздела сред в общем случае при нормальном падении волны?

Для определения угла преломления волны при известном угле падения волны на границу двух сред с известными свойствами необходимо знать?

Продольная волна падает под углом 10° из воды ($C_l=1500$ м/с) в сталь. Рассчитать углы преломления α_l и α_t , если известно, что скорость продольной волны в стали равна 5900 м/с, а поперечной - 3260 м/с.



Продольная волна падает под углом 20° на границу оргстекло-медь. Рассчитать углы преломления α_l и α_t , если известно, что скорость продольной волны в оргстекле равна 2670м/с , продольной волны в меди – 4700м/с , а поперечной – 2260м/с .

Чему равны первый $\beta_{кр1}$ и второй $\beta_{кр2}$ критические углы при падении волны на границу оргстекло-алюминий, если известно, что скорость продольной волны в оргстекле равна 2670м/с , продольной волны в алюминии – 6260м/с , а поперечной – 3080м/с

Что такое коэффициент прозрачности границы раздела двух сред по интенсивности?

Что такое коэффициент отражения границы раздела двух сред по интенсивности?

От чего в первую очередь зависят коэффициенты прохождения (преломления) и коэффициент отражения от границы раздела сред?

Если угол падения продольной волны на границу $\beta < \beta_{кр1}$, во второй среде распространяется?

Если угол падения продольной волны на границу находится между первым и вторым критическими углами, во второй среде распространяется?

Возникновение переменной электродвижущей силы между поверхностями пьезопластины при воздействии на нее механических колебаний называется?

Изменение размеров пьезопластины при воздействии на нее электрического напряжения называется?

Прямой пьезоэффект используют в практике УЗК для?

Обратный пьезоэффект используют в практике УЗК для?

На каком этапе изготовления пьезокерамика приобретает пьезосвойства?

От чего зависит рабочая (резонансная) частота пьезопластины?

Рассчитать толщину d пьезопластины из ЦТС-19 ($C_1=3300\text{м/с}$) для эффективного возбуждения волны на частоте $2,5\text{МГц}$?

Рассчитать какую рабочую частоту обеспечивает пластина из ЦТС-19 ($C_1=3300\text{м/с}$) толщиной $1,3\text{мм}$?

Какой параметр характеризует ближнюю зону акустического поля?

Во сколько раз изменится протяженность ближней зоны поля излучателя при использовании пьезопластины диаметром 12мм вместо пластины диаметром 6мм ?

Какой параметр характеризует дальнюю зону акустического поля?

Как изменяется давление (амплитуда) волны в ближней зоне?

При увеличении толщины пьезопластины протяженность ближней зоны?

Рассчитать протяженность ближней зоны r_b и угол раскрытия диаграммы направленности ψ_0 при излучении продольной волны в оргстекло преобразователем с рабочей частотой $1,8\text{МГц}$ и радиусом пьезопластины 9мм ?

Какую форму имеет поле излучателя в дальней зоне?

Нормированная зависимость амплитуды (или давления) в дальней зоне акустического поля от угла наблюдения называется?

Линия, соединяющая точки максимальной интенсивности акустического поля в дальней зоне преобразователя и ее продолжение в ближней зоне?

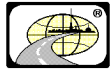
В каких координатах строят диаграмму направленности излучателя?

Что является признаком обнаружения дефектов при теневом методе УЗК?

Что является признаком обнаружения дефектов при зеркально-теневом теневом методе УЗК?

Какие схемы включения ПЭП применяются для реализации теневого метода УЗК?

Для чего служит электроакустический экран в РС ПЭП?



Какое основное достоинство имеет РС преобразователь?

На что разделяют по конструкции ПЭП?

Как разделяют по способу создания акустического контакта с контролируемым изделием ПЭП?

С какой целью преломляющую призму наклонного ПЭП делают сложной формы?

Ультразвуковым дефектоскопом называется?

Генератор импульсов синхронизации дефектоскопа?

Генератор импульсов возбуждения дефектоскопа?

В каком блоке дефектоскопа хранятся базовые настройки прибора?

Какие функции выполняет аттенюатор дефектоскопа?

Что откладывается по осям экрана при использовании развертки типа «А»?

Какие функции выполняет система АСД дефектоскопа?

Какие функции выполняет система ВРЧ дефектоскопа?

Образец контролируемой детали (или ее части) с естественными или искусственными дефектами, используемый для настройки и оценки параметров средств неразрушающего контроля при заданной технологии контроля называется?

Модели в виде концентрических окружностей диаметром 15, 20 и 30мм в СО-1 предназначены для?

Какой стандартный образец целесообразно использовать для эталонирования основных параметров при УЗК изделий из алюминия?

Чем удобен для практики образец СО-3Р?

Почему в последние годы на практике для настройки чувствительности используют СО-2 взамен СО-1?

Модели в виде боковых цилиндрических отверстий диаметром 2мм в СО-2 предназначены для оценки (эталонирования)?

В чем заключается принцип действия эхо-импульсного толщиномера?

Что являются основными достоинствами эхо-импульсных толщиномеров?

На какие основные виды делятся современные толщиномеры?

Что называют основными параметрами УЗК?

Какой допуск на разброс рабочей частоты считается максимально допустимым?

Для настройки (эталонирования) предельной чувствительности чаще всего используют модель в виде?

Для настройки (эталонирования) условной чувствительности используют модель в виде?

Уровень чувствительности, при котором принимается решение о возможном обнаружении дефекта называют?

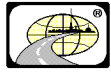
Зону, прилегающую к контактной поверхности, в которой невозможно выявление дефектов эхо-импульсным методом вследствие слияния эхо-сигнала от дефекта с зондирующим импульсом называют?

Основной параметр, определяемый минимальным расстоянием между двумя одинаковыми отражателями, при котором они фиксируются раздельно, называют?

От чего зависит шаг сканирования при использовании поперечно-продольной схемы?

Каким соотношением пользуются на практике для оценки шага сканирования поперечно-продольной схемы?

Как изменяется шаг сканирования при использовании продольно-поперечной схемы?



Основной причиной увеличения шага сканирования при продольно-поперечной схеме прозвучивания является?

Однократно-отраженный луч при прозвучивании сварного шва используют, как правило, для контроля?

Рассчитать пределы перемещения (L_{min} и L_{max}) ПЭП со стрелой 11мм и углом ввода 65° при прозвучивании прямым и однократно-отраженным лучами стыкового сварного шва толщиной 25мм?

Рассчитать пределы перемещения (L_{min} и L_{max}) ПЭП со стрелой 13мм и углом ввода 50° при прозвучивании прямым и однократно-отраженным лучами стыкового сварного шва толщиной 55мм?

В чем заключается принцип измерения координат при эхо-методе УЗК?

Какой узел дефектоскопа позволяет измерить координаты дефекта при эхо-методе УЗК?

Рассчитать глубину залегания в стальном образце дефекта, выявленного прямым ПЭП, работающим в совмещенном режиме, если время распространения волны до дефекта и обратно к ПЭП равно 15мкс?

Рассчитать координаты N_d и L_d дефекта в стальном образце, выявленного наклонным ПЭП с параметрами $\alpha = 53^\circ$, $2T_p = 10\text{мкс}$, если время распространения волны до дефекта и обратно к ПЭП равно 87мкс?

Что такое пеленгационная погрешность измерения координат дефекта?

Чем определяется пеленгационная погрешность измерения координат дефекта в первую очередь?

Эквивалентной площадью дефекта называется?

При определении эквивалентной площади необходимо учитывать специальный коэффициент, зависящий от угла ввода, если в качестве модели в тест образце используется?

Рассчитать эквивалентную площадь дефекта, если она оценивается по тест-образцам с моделями дефектов и при использовании наклонного ПЭП с углом ввода 50° амплитуда от дефекта равна амплитуде от углового отражателя площадью 4мм²?

Способ измерения условных размеров дефектов называется «относительным» потому что?

С помощью каких «инструментов» осуществляется измерение условной ширины и условной высоты дефекта?

При увеличении глубины залегания дефекта его условная протяженность?

Рассчитать в относительных единицах коэффициент выявляемости дефекта по СО-2, если амплитуда эхо-сигнала от него равна 24дБ, амплитуда от модели в СО-2 равна 28дБ, а разница границ ПЭП-изделие и ПЭП-СО-2 равна 2дБ.

Коэффициентом выявляемости дефекта при зеркально-теновом методе УЗК называется?


Рассчитать коэффициент выявляемости дефекта при работе ЗТМ, если амплитуда первого донного сигнала при наличии дефекта составляет 25в, а при отсутствии дефекта – 100в?

Рассчитать коэффициент выявляемости дефекта при работе ЗТМ, если амплитуда первого донного сигнала при наличии дефекта составляет 0,04В, а при отсутствии дефекта – 0,7В?

Если реальный размер дефекта увеличивается, его коэффициент выявляемости?

Если глубина залегания дефекта увеличивается, его коэффициент выявляемости?

При зеркально-теновом методе условную протяженность дефекта?

	АНО «МИПКИ»	Рабочая программа «Ультразвуковой контроль деталей локомотивов»	Редакция 1	Лист 11 Всего листов 11
---	----------------	---	---------------	----------------------------

В каком случае возможно определение глубины залегания дефекта при зеркально-теневом методе?

Одноуровневой системой оценки качества изделия по результатам УЗК называют алгоритм при котором?

Если при двухуровневой системой оценки качества изделия амплитуда эхо-сигнала занимает положение между уровнем фиксации и уровнем браковки, то?

Возможно ли предъявление разных по жесткости требований к разным зонам контролируемого изделия?

Какие преимущества имеет алгоритм разбраковки с учетом измеренных идентификационных признаков дефектов?

Что необходимо если по какой-либо причине после выполнения контроля остались непроконтролированные участки соединения?

Условным символом «В» при сокращенной записи результатов УЗК обозначают?

Условным символом «Б» при сокращенной записи результатов УЗК обозначают?

При сокращенной записи результатов УЗК амплитуда эхо-сигнала указывается в виде?

7. СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основная литература:

1. А.С. Кукли Ультразвуковой контроль сварных соединений металлоконструкций – М.: Машиностроение, 1969 – 56с.
2. Г. Я. Дымкин, С. Р. Цомук. Физические основы ультразвуковой дефектоскопии. Учебное пособие – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 1997. – 101 с.
3. Г. Я. Дымкин, С. Р. Цомук. Методы акустического контроля: в 2 частях. Часть 1. Учебное пособие – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2010. – 69 с.
4. Е. Ф. Кретов Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении, 3-е изд., перераб. и доп. – СПб. : СВЕН, 2011 – 312 с.

Дополнительная литература:

5. Неразрушающий контроль: справочник в 8 т./под общ. ред. В.В. Клюева. – Т. 3. Ультразвуковой контроль / И. Н. Ермолов, Ю. В. Ланге. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 864 с.
6. Н. П. Алешин, В. Е. Белый, А. Х. Вopilкин, А. К. Воцанов, И. Н. Ермолов, А. К. Гурвич. Методы акустического контроля металлов – М.: Машиностроение, 1989. – 456 с.
7. И. Н. Ермолов Теория и практика ультразвукового контроля – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с.
8. В.Г.Щербинский. Технология ультразвукового контроля сварных соединений – М.: Тиссо, 2003.- 326с.