

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет транспорта»

Факультет Механический

Кафедра «Неразрушающий контроль и техническая диагностика»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой «НК и ТД»

О.В. Холодилов
22.05 2015 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан механического факультета

Е.П. Гурский
25.05 2015 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

для специальности 1-37 02 02 Подвижной состав железнодорожного транспорта
специализации 1-37 02 02 02 Незарушающий контроль и техническая диагностика на железнодорожном транспорте

Составитель: О.В. Холодилов, заведующий кафедрой «Неразрушающий контроль и техническая диагностика» Учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», доктор технических наук, профессор

Рассмотрено и утверждено
на заседании кафедры «НК и ТД» 30.01.2015 г., протокол N 2

Рассмотрено и утверждено
на заседании совета механического факультета 25.05 2015 г.,
протокол N 6

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ
КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
Методы и средства неразрушающего контроля
на 2018/2019 учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
1	Дополнение в практический раздел: Для выполнения лабораторных работ используется учебно-методическое пособие: Холодилов О. В., В.В. Бурченков, А.В. Янчилик Методы и средства неразрушающего контроля (акустический): Лабораторный практикум. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 91 с.	Совершенствование методики преподавания дисциплины
2	Изменение в раздел контроля знаний: Перечень вопросов к экзаменам по дисциплине	

Учебно-методический комплекс дисциплины пересмотрен на заседании кафедры «Вагоны» (протокол № 9 от 11.06.2018 г.)

Заведующий кафедрой
«Вагоны»
к.т.н., доцент


_____ А.В. Пигунов

Учебно-методический комплекс дисциплины одобрен и утвержден Советом механического факультета (протокол № 5 от 25.06. 2018 г.)

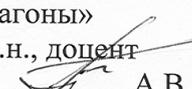
Декан механического факультета
к.т.н., доцент


_____ Е.П. Гурский

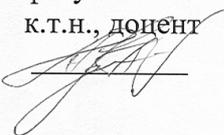
**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ
КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«МЕТОДЫ И СРЕДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ»
на 2017/2018 учебный год**

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
1	Изменения в теоретическом разделе: Презентация по дисциплине (электронный вариант хранится у преподавателя)	Совершенствование методики преподавания дисциплины
2	Изменения в разделе контроля знаний: Вопросы к экзаменам	

Учебно-методический комплекс дисциплины пересмотрен и одобрен на заседании кафедры «Вагоны» (протокол № 6 от 10.04.2017 г.)

Заведующий кафедрой
«Вагоны»
к.т.н., доцент

А.В. Пигунов

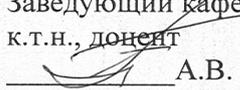
Учебно-методический комплекс дисциплины одобрен и утвержден Советом механического факультета (протокол № ___ от __.__.2017 г.)

Декан механического
факультета
к.т.н., доцент

Е.П. Гурский

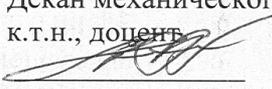
**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ
КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Методы и средства неразрушающего контроля»
на 2016/2017 учебный год**

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
	Изменение в разделе контроля знаний: Перечень экзаменационных вопросов Форма экзаменационного билета	Совершенствование методики преподавания дисциплины

Учебно-методический комплекс дисциплины пересмотрен и одобрен на заседании кафедры «Вагоны» (протокол № 6 от 11.05.2016 г.)

Заведующий кафедрой «Вагоны»
к.т.н., доцент

А.В. Пигунов

Учебно-методический комплекс дисциплины одобрен и утвержден Советом механического факультета (протокол № 6 от 27 июня 2016 г.)

Декан механического факультета
к.т.н., доцент

Е.П. Гурский

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Пояснительная записка	6
2 Теоретический раздел	8
2.1 Перечень теоретического материала	8
3 Практический раздел	11
3.1 Перечень лабораторных работ	11
3.2 Перечень практических работ	11
3.3 Задание на расчетно-графическую работу	12
3.4 Учебно-методический материал по выполнению лабораторных, практических работ и расчетно-графической работы	13
4 Раздел контроля знаний	14
4.1 Экзаменационные вопросы по дисциплине	14
4.2 Критерии оценок результатов учебной деятельности студентов	20
5 Вспомогательный раздел	24
5.1 Учебная программа «Методы и средства неразрушающего контроля»	24

1 Пояснительная записка

Краткая характеристика. Учебно-методический комплекс дисциплины (далее – УМКД) совокупность нормативно-методических документов и учебно-программных материалов, обеспечивающих реализацию дисциплины в образовательном процессе и способствующих эффективному освоению студентами учебного материала, а также средства компьютерного моделирования и интерактивные учебные задания для тренинга, средства контроля знаний и умений обучающихся.

УМКД «Методы и средства неразрушающего контроля» разработан с целью унификации учебно-методического обеспечения и повышения качества учебного процесса для студентов дневной формы обучения специальности «Подвижной состав железнодорожного транспорта» специализации «Неразрушающий контроль и техническая диагностика на железнодорожном транспорте».

Требования к дисциплине. Современные технологические процессы промышленного производства во многих случаях сопровождаются промежуточным контролем качества изделий.

В связи с этим большое значение приобретают неразрушающие методы контроля качества, которые позволяют не только обнаруживать дефекты, но и определять их форму, размеры и пространственное положение.

Совокупность методов и средств, предназначенных для обнаружения дефектов деталей без их разрушения, составляет основу дефектоскопии.

Своевременное обнаружение технологических и эксплуатационных дефектов в ответственных элементах пути и подвижного состава повышает безопасность движения и позволяет получить большой экономический эффект.

В настоящее время неразрушающий контроль представляет собой интенсивно развивающуюся на стыке различных наук и технологий: техническая физика, материаловедение, информатика и пр., самостоятельную отрасль науки и техники, которая находит широкое применение в различных сферах производства и в том числе на железнодорожном транспорте.

Необходимо, чтобы студенты получили представление о различных методах неразрушающего контроля, используемые при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте подвижного состава, приобрели практические навыки работы с современными средствами неразрушающего контроля.

Целью преподавания дисциплины «Методы и средства неразрушающего контроля» является подготовка специалистов в области неразрушающего контроля объектов железнодорожного транспорта для обеспечения надежности и безопасности их эксплуатации.

Основной задачей дисциплины является: изучение физических основ и технологии проведения неразрушающего контроля подвижного состава и других объектов железнодорожного транспорта, технических средств неразрушающего контроля, приобретение навыков в проведении контроля, и оценке технического состояния объекта контроля.

Содержание дисциплины представлено в виде тем, которые характеризуются относительно самостоятельными укрупненными дидактическими единицами содержания обучения. Содержание дисциплины опирается на приобретенные ранее студентами компетенции при изучении естественнонаучных дисциплин «Физика», «Математика», «Информатика», общепрофессиональных дисциплин «Механика материалов» и «Электротехника и основы электроники», специальной дисциплины «Материаловедение и технология материалов».

Форма получения высшего образования – дневная. Трудоемкость учебной дисциплины – 13 зачетных единиц.

В соответствии с учебным планом на изучение дисциплины отведено 502 часа, из них аудиторных 246 часов. Распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 172 часов, лабораторные занятия – 42 часа, практические занятия 32 часа. Форма контроля – экзамен.

Распределение аудиторных часов по семестрам

Курс	Семестр	Всего часов	Зач. ед	Ауд. час.	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Форма аттестации
3	6	174	5	92	78	14	–	экзамен
4	7	154	4	74	60	14	–	экзамен
4	8	174	4	80	34	14	32	экзамен, РГР

При создании УМКД «Методы и средства неразрушающего контроля» использовались следующие нормативные документы:

– Положение об учебно-методическом комплексе (УМК) № П-44-2010 от 06.10.2010;

– Положением о первой ступени высшего образования (утв. 18.01.2008 г. №68);

– Общегосударственным классификатором Республики Беларусь «Специальности и квалификации» ОКРБ 011-2009;

– Образовательными стандартами по специальностям высшего образования;

– Порядком разработки, утверждения и регистрации учебных программ для первой ступени высшего образования (утв. Министром образования Республики Беларусь 2010г.).

2 Теоретический раздел

2.1 Перечень теоретического материала

Имеются в библиотеке университета и на кафедре

1 Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн. 1: Общие вопросы. Контроль проникающими средствами: Практик. пособие / А. К. Гурвич, И. Н. Ермолов, С. Г. Сажин; Под ред. В. В. Сухорукова. – М. : Высш. шк., 1992.–242 с.

2 Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн. 2: Акустические методы контроля: Практик. Пособие / И. Н. Ермолов, Н. П. Алешин, А. И. Потапов; под ред. В. В. Сухорукова. – М. : Высш. шк., 1991.– 283 с.

3 Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн. 3: Электромагнитный контроль: Практик. пособие / В. Г. Герасимов, А. Д. Покровский, В. В. Сухоруков; Под ред. В. В. Сухорукова. – М. : Высш. шк., 1992.– 312 с.

4 Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн. 4: Контроль излучениями: Практик. пособие/ Б. Н. Епифанцев, Е. А. Гусев, В. В. Сухоруков; Под ред. В. В. Сухорукова. – М. : Высш. шк., 1992.–321 с.

5 Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн. 5: Интроскопия и автоматизация неразрушающего контроля: Практик. пособие / В. В. Сухоруков, Э. И. Вайнберг, Р.-Й. Ю. Кажис, А. А. Абакумов; Под ред. В. В. Сухорукова. – М. : Высш. шк., 1993. – 329 с.

6 Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник / В. В. Клюев и [др.]; Под ред. Клюева В. В. – М. : Машиностроение, 1995.

7 Шелихов, Г. С. Магнитопорошковая дефектоскопия деталей и узлов / Г. С. Шелихов – М.: НТЦ «Эксперт», 1995

8 Прохоренко, П. П. Капиллярный неразрушающий контроль: Контроль проникающими веществами / Прохоренко П. П., Мигун Н. П., Секерин А. М., Стойчева И. В. - Минск: ИПФ, 1998.

9 Будадин, О. Н. Тепловой неразрушающий контроль изделий / О. Н. Будадин – М. : Наука, 2002 – 472 с.

10 Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник / В. В. Клюев, и [др.]; Под ред. Клюева В. В. – 2-е изд., исправ. и доп. М. : Машиностроение, 2003.

11 Ергучев, Л. А. Магнитные методы неразрушающего контроля деталей железнодорожного подвижного состава / Л. А. Ергучев – Гомель: УО «БелГУТ», 2005. – 90 с.

12 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.

13 Неразрушающий контроль в 8-и т.: справочник. Т.1: Кн.1. Ф. Р. Соснин. Визуальный и измерительный контроль. Кн. 2. радиационный контроль / под ред. В. В. Клюева. – Москва.: Машиностроение, 2008.– 559с.

14 Неразрушающий контроль. В 8-и т.: справочник. Т. 3. И. Н. Ермолов, Ю. В. Ланге. Ультразвуковой контроль под ред. В. В. Клюева. – М. : Машиностроение, 2008. – 864 с.

15 Неразрушающий контроль. В 8-и т.: справочник. Т. 5: Кн.1. В. П. Вавилов. Тепловой контроль. Кн. 2. К. В. Подмастерьев [и др.]. Электрический контроль / под ред. В. В. Клюева. – М. : Машиностроение, 2006. – 687с.

16 Будадин, О. Н. Тепловой контроль: учебное пособие: / О. Н. Будадин; В. П. Вавилов, Е. В. Абрамова; под общ. ред. В. В. Клюева. – М. : Спектр, 2013. – 171с. (Диагностика и безопасность)

17 Бакунов, А.С. Магнитный контроль: учеб. пособие / А. С. Бакунов; Э. С. Горкунов; В. Е. Щербинин; под общ. ред. В. В. Клюева. – М. : Спектр, 2011. – 191 с.

18 Глазков, Ю. А. Капиллярный контроль: учебное пособие для вузов / Ю. А. Глазков; под общ. ред. В.В. Клюева. – М. : Спектр, 2013. – 143с. (Диагностика и безопасность)

19 Зусман Г. В. Вибродиагностика: учебное пособие / Г. В. Зусман; А. В. Барков; под общ. ред. В. В. Клюева. – М. : Спектр, 2011. – 213с. (Диагностика и безопасность)

20 Иванов, В. И. Акустическая эмиссия: учебное пособие / В. И. Иванов; Г. А. Бигус, И. Э. Власов; под общ. ред. В. В. Клюева. – М. : Спектр, 2011. – 192с. (Диагностика и безопасность)

21 Артемьев, Б. В. Радиационный контроль: учеб. пособие для вузов / Б. В. Артемьев; А. А. Буклей; под общ. ред. В. В. Клюева. – М. : Спектр, 2013. – 191 с. (Диагностика и безопасность)

22 Течеискание: учебное пособие / А. И. Евлампиев [и др.]; под общ. ред. В. В. Клюева. – М. : Спектр, 2011. – 208 с. (Диагностика и безопасность)

23 Туробов, Б. В. Визуальный и измерительный контроль: учебное пособие / Б. В. Туробов; под общ. ред. В. В. Клюева. – М. : Спектр, 2014.– 222с. (Диагностика и безопасность)

24 Федосенко, Ю. К. Вихретоковый контроль: учебное пособие / Ю. К. Федосенко; П. Н. Шкатов, А. Г. Ефимов; под общ. ред. В.В. Клюева. – М. : Спектр, 2011. – 223 с. (Диагностика и безопасность)

25 Шелихов Г. С. Магнитопорошковый контроль: учебное пособие / Г. С. Шелихов; Ю. А. Глазков; под общ. ред. В. В. Клюева. – М. : Спектр, 2014. – 182 с. (Диагностика и безопасность)

26 Акустико-эмиссионный контроль железнодорожных конструкций / А. Н. Серьезнов [и др.]; под ред. Л. Н. Степановой, А. Н. Серьезнова. – Новосибирск : Наука, 2011.– 271 с.

Имеется электронный вариант на кафедре

27 Система НК виды (методы) и технология НК. Термины и определения: справ. пос. – М. : ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России» – 2003 – 428 с.

28 Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. ред. В. В. Клюева (т.1–3, 5–7) – М. : Машиностроение, 2006.

29 Каневский, И. Н. Неразрушающие методы контроля: учеб. пособие / И. Н. Каневский, Е. Н. Сальникова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.

30 Романов, И. О. Физические основы неразрушающих методов контроля: учеб. пособие / И. О. Романов, Д. В. Строителев, В. М. Макиенко; ГОУ ВПО Дальневост. гос. ун-т путей сообщ. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2008.–126 с.

31 Лаптева, И. И. Неразрушающий контроль деталей вагонов: учеб. пос. / И. И. Лаптева, М. А. Колесников. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2012. – 103 с.

32 Холодилов, О. В. Методы и средства неразрушающего контроля: конспект лекций. В 10 ч.

3 Практический раздел

3.1 Перечень лабораторных работ

- 1 Обнаружение дефектов электроискровым методом.
- 2 Изучение технических средств магнитопорошкового НК.
- 3 Обнаружение дефектов магнитопорошковым методом.
- 4 Изучение технических средств феррозондового НК.
- 5 Обнаружение дефектов феррозондовым методом.
- 6 Изучение технических средств вихретокового НК.
- 7 Обнаружение дефектов вихретоковым методом.
- 8 Изучение функциональных блоков и органов управления УЗ-дефектоскопа УД2-12.
- 9 Изучение стандартных образцов.
- 10 Определение точности настройки координат при УЗ-контроле
- 11 Определение основных параметров, характеризующих достоверность УЗ-контроля по СО.
- 12 Проверка «мертвой» зоны.
- 13 Определение разрешающей способности глубиномера.
- 14 Настройка автоматического сигнализатора дефектов.
- 15 Настройка скорости развертки и зоны контроля.
- 16 Настройка временной регулировки чувствительности.
- 17 Настройка системы измерения координат дефектов.
- 18 Изучение АРД-диаграмм
- 19 Изучение способов измерения скорости УЗ-волн
- 20 Измерение коэффициента затухания УЗ-волн
- 21 Построение диаграммы направленности ПЭП
- 22 Измерение толщины объектов эхо-импульсным методом
- 23 Изучение функциональных блоков и органов управления УЗ-дефектоскопа УД2-102 «Пеленг».
- 24 УЗ-дефектоскопия сварных соединений: стыковые нахлесточные швы.
- 25 Изучение функциональных блоков и органов управления УЗ-толщиномера. УЗ-толщинометрия.
- 26 Изучение устройства ИК-пирометра и принципа работы
- 27 Тепловой метод контроля температуры нагретого тела с использованием ИК-пирометра.
- 28 Визуально-оптический метод обнаружения дефектов с использованием эндоскопа.
- 29 Технические средства вибрационного НК: измеритель состояния подшипников, виброколлектор. Дефектоскопия подшипников качения.
- 30 Акустико-эмиссионная дефектоскопия.

3.2 Перечень практических работ

- 1 Расчет параметров НК проникающими веществами.
- 2 Расчет преобразователей и параметров электрического НК.
- 3 Расчет преобразователей и параметров магнитного НК.

- 4 Расчет преобразователей и параметров вихретокового НК.
- 5 Расчет излучающих пьезопреобразователей, нагруженных на полубесконечную среду и пьезопреобразователей с переходными слоями.
- 6 Расчет коэффициентов передачи. пьезопреобразователей.
- 7 Расчет фотометрических спектральных характеристик источников оптического излучения.
- 8 Расчет фотометрических спектральные характеристик излучения равновесных (тепловых) и неравновесных источников.

3.3 Задание на расчетно-графическую работу

Варианты заданий на расчетно-графическую работу

Вариант	Задача № 1 (капиллярный контроль)				Задача № 2*(электрические методы)	
	l_0 , мм	b , мкм	σ , 10^{-3} Н/м	$\cos\theta$	R_0 , мм	h , мм
1	5	7	29,8	0,845	50	5
2	6	8	30,3	0,850	55	10
3	7	9	30,8	0,860	60	15
4	8	10	31,1	0,865	65	20
5	9	11	31,5	0,870	70	25
6	10	12	31,7	0,875	75	5
7	11	13	32,0	0,880	80	10
8	12	14	32,3	0,885	85	15
9	13	15	32,5	0,890	90	20
10	14	16	32,8	0,895	95	25
11	15	17	33,0	0,900	100	5
12	16	18	33,5	0,905	105	10
13	17	19	33,8	0,910	110	15
14	18	20	34,1	0,915	115	20
15	19	21	34,5	0,920	120	25
16	5	20	23,0	0,925	125	5
17	6	19	23,5	0,930	130	10
18	7	18	24,0	0,935	135	15
19	8	17	24,5	0,940	140	20
20	9	16	25,5	0,945	145	25
21	10	15	26,3	0,950	150	5
22	11	14	26,9	0,955	155	10
23	12	13	27,2	0,960	160	15
24	13	12	27,6	0,965	165	20
25	14	11	28,1	0,970	170	25
26	15	10	28,5	0,975	175	5
27	16	9	28,8	0,980	180	10
28	17	8	29,0	0,985	185	15
29	18	7	29,2	0,990	190	20
30	19	6	29,5	0,995	195	25
<i>Примечание.</i> * $R_2 = R_0 + h$ [мм]; $T = 0 \dots 5$ [мм]; $R_1 = R_0 + T$ [мм]						
Задача №3						
Вариант	А (метод волновых уравнений)		Вариант	В (метод эффективных 4-полюсников)		
	l_1 , мм	z_3 (материал), 10^6 кг/м ² ·с		l_0 , мм	z_2 (материал), 10^6 кг/м ² ·с	
1	0,25	2,45 (глицерин)	2	1,00	1,45 (керосин)	
3	0,50	0,90 (спирт)	4	0,25	1,50 (вода)	

5	0,75	0,90 (спирт)	6	0,50	1,60 (масло машинное)
7	1,00	0,95 (ацетон)	8	0,75	2,45 (глицерин)
9	0,25	1,20 (масло дизельное)	10	1,00	0,90 (спирт)
11	0,50	0,95 (ацетон)	12	0,50	2,45 (глицерин)
13	0,75	1,20 (масло дизельное)	14	0,75	0,90 (спирт)
15	0,25	1,45 (керосин)	16	0,25	0,90 (спирт)
17	0,50	1,50 (вода)	18	0,50	0,95 (ацетон)
19	0,75	1,60 (масло машинное)	20	0,75	1,20 (масло дизельное)
21	1,00	1,45 (керосин)	22	0,25	0,95 (ацетон)
23	0,25	1,50 (вода)	24	0,50	1,20 (масло дизельное)
25	0,50	1,60 (масло машинное)	26	0,75	1,45 (керосин)
27	0,75	2,45 (глицерин)	28	1,00	1,50 (вода)
29	1,00	0,90 (спирт)	30	0,25	1,60 (масло машинное)

А) Построить в виде графика передаточную характеристику:

$$|L(f)| = \sqrt{L \cdot L^*} = \frac{e_{11}}{2\pi f l_1 z_1} \frac{(1 - \cos k_1 l_1)}{\sqrt{\alpha_{31}^2 \cos^2 k_1 l_1 + \sin^2 k_1 l_1}}, \quad k_1 = \frac{2\pi}{\lambda_1} = \frac{2\pi f}{c}, \quad \alpha_{31} = \frac{z_3}{z_1}.$$

для кварцевого пьезопреобразователя толщиной l_1 , излучающего в жидкость (см. табл.).

Расчет проводить в диапазоне частот от $f = 0$ до $f = c/l_1$.

Данные для кварцевой пластины: $c = 5750$ м/с, $e_{11} = 0,173$ Кл/м², $z_1 = 1,52 \cdot 10^7$ кг/м²·с

В) Построить в виде графика передаточную характеристику:

$$|K_{PU}(f)| = \left[\sqrt{\left(\frac{e_{11}}{2\pi f \varepsilon_{11} z_0 \operatorname{tg} \frac{\pi f l_0}{c}} - \frac{l_0 \operatorname{ctg} \frac{2\pi f l_0}{c}}{e_{11} \operatorname{tg} \frac{\pi f l_0}{c}} \right)^2} + \frac{1}{z_2} \left(\frac{e_{11}}{\pi f \varepsilon_{11}} - \frac{l_0 z_0 \operatorname{ctg} \frac{2\pi f l_0}{c}}{e_{11} \operatorname{tg} \frac{\pi f l_0}{c}} \right)^2} \right]^{-1}$$

для кварцевого пьезопреобразователя толщиной l_0 , излучающего в жидкость (см. табл.).

Расчет проводить в диапазоне частот от $f = 0$ до $f = c/l_0$.

Данные для кварцевой пластины: $c = 5750$ м/с, $e_{11} = 0,173$ Кл/м², $z_0 = 1,52 \cdot 10^7$ кг/м²·с, $\varepsilon_{11} = 3,92 \cdot 10^{-11}$ Ф/м

В решении необходимо привести схему, используемую при расчете излучающей системы «пьезоматериал–переходной слой–среда», исходные формулы для расчета, вывод конечной формулы, пример вычислений для конкретного значения частоты с проведением промежуточных расчетов.

3.4 Учебно-методический материал по выполнению лабораторных, практических и расчетно-графической работ.

1 Методы и средства неразрушающего контроля (электроискровой, магнитопорошковый, феррозондовый, вихретоковый) : лабораторный практикум / О. В. Холодилов ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2008. . (Издана тиражом 100 экз.)

2 Холодилов О. В. Методы и средства неразрушающего контроля (акустический) : Лабораторный практикум / О. В. Холодилов, В. В. Бурченков, А. В. Янчилик ; Мн-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 96 с. (Издана тиражом 125 экз.)

3 Холодилов, О. В. Методы и средства неразрушающего контроля: конспект лекций. В 10 ч.

4 Раздел контроля знаний

4.1 Экзаменационные вопросы по дисциплине

Часть 1.1

1 История возникновения и развитие НК, источники информации и организации по НК.

2 Взаимоотношение понятий «неразрушающий контроль», «техническая диагностика», «дефектоскопия».

3 Технический контроль: основные термины и определения; классификация видов технического контроля.

4 Продукция и качество продукции: дефекты и брак продукции.

5 Классификация видов и методов НК.

Методы и средства электрического НК

6 Физические основы электрического НК. Классификация методов электрического контроля; конструкции преобразователей

7 Емкостный метод: измерение размеров; контроль свойств и состава диэлектрических материалов, контроль влажности.

8 Методы ЭНК: электропотенциальный, электрического сопротивления; термоэлектрический; электроискровой; трибоэлектрический, электрографический, высокочастотной фотографии (ГРВ).

Методы и средства магнитного НК

9 Общие положения магнитного НК: основные понятия (напряженность, магнитная индукция, намагниченность, магнитная восприимчивость, гистерезис, кривые намагничивания).

10 Основные понятия магнитного НК: основные понятия (остаточная магнитная индукция, коэрцитивная сила, относительная и абсолютная магнитные проницаемость, коэффициент размагничивания).

11 Основные понятия магнитного НК: методы определения магнитных характеристик, задачи магнитного контроля, информативные параметры, классификация методов.

12 Первичные преобразователи магнитного поля и магнитные материалы: нормальная и тангенциальная составляющие магнитной индукции.

13 Первичные преобразователи магнитного поля и магнитные материалы: общая характеристика первичных преобразователей, их классификация, примеры.

14 Методы и средства намагничивания: сущность магнитной дефектоскопии, способы и схемы намагничивания (циркулярное, полусное, комбинированное).

15 Методы и средства намагничивания: особенности намагничивания в постоянном, переменном и импульсном магнитных полях.

16 Методы и средства намагничивания: размагничивание объекта контроля.

17 Магнитные поля дефектов: модели, вид тангенциальной и нормальной составляющей напряженности магнитного поля над трещиной

18 Магнитная дефектоскопия: способы магнитного контроля (СОН, СПП).

19 Магнитопорошковая дефектоскопия: уровни чувствительности; технология контроля (подготовка поверхности ОК; выбор способа и режима контроля; намагничивание ОК, нанесение магнитного индикатора; оценка результатов кон-

троля; факторы, осложняющие контроль).

20 Средства магнитного контроля: магнитопорошковый, индукционный дефектоскопы.

21 Средства магнитного контроля: феррозондовый, магнитографический дефектоскопы.

22 Магнитная толщинометрия (разновидности) и ее средства.

23 Магнитная структуроскопия (разновидности) и ее средства.

Методы и средства вихретокового НК

24 Физические основы вихретокового НК (закон электромагнитной индукции, схемы замещения, особенности и области применения).

25 Классификация вихретоковых преобразователей по типу преобразования параметров (общая схема классификации, определение и примеры).

26 Классификация вихретоковых преобразователей по способу соединения катушек (общая схема классификации, определение и примеры).

27 Классификация вихретоковых преобразователей по положению относительно ОК (общая схема классификации, определение и примеры).

28 Сигналы вихретокового преобразователя, годограф, способы вихретокового НК.

29 Средства вихретокового НК: дефектоскопы, их классификация, характеристики.

30 Средства вихретокового НК: толщиномеры (глубина проникновения магнитного поля, типы покрытий), структуроскопы (региструемый параметр, типы полей).

Методы и средства акустического НК

31 Физические основы методов акустического НК: определения, основные акустические величины и формулы, понятие децибела, номограмма перевода относительных величин в децибелы.

32 Волновое уравнение (сферическая, плоская волны, частные виды уравнения).

33 Типы акустических волн, упругие постоянные, схематическое представление волн.

34 Акустические свойства сред (акустический импеданс, затухание звука и его причины).

35 Отражение и преломление акустических волн на границах сред: законы, коэффициенты, критические углы.

36 Дифракция упругих волн в твердых телах (типы дифракции).

37 Преобразователи для акустического контроля: пьезоэффект, свойства пьезоматериалов.

38 Преобразователи для акустического контроля: схема ПЭП, основные типы ПЭП, соотношения, определяющие работу ПЭП (амплитуда, добротность, мощность).

39 Преобразователи для акустического контроля: основные параметры, характеризующие свойства преобразователей (коэффициент преобразования, АХЧ, полоса пропускания).

40 Преобразователи для акустического контроля: акустическое поле преоб-

разователя, диаграмма направленности.

41 Классификация акустических методов (определения и общая, схема).

42 Активные акустические методы: прохождения, отражения, комбинированные, собственных частот, импедансные: сущность и примеры.

43 Пассивные акустические методы: сущность и примеры.

Неразрушающий контроль проникающими веществами

44 Основные сведения о НК проникающими веществами (история, термины и определения).

45 Геометрические характеристики поверхностных дефектов.

Методы и средства капиллярного НК

46 Операции капиллярного контроля и их последовательность

47 Физические явления, лежащие в основе капиллярного контроля: Смачивание и поверхностное натяжение; Адгезия и когезия; Капиллярность; Растворение; Давление насыщающего пара, капиллярная конденсация. Диффузия: определения. Закон Фика. Диффузия: заполнение тупиковых капилляров. Сорбционные явления.

48 Взаимодействие «жидкость–жидкость» в капилляре. Вязкость (размерный эффект). Роль ПАВ в образовании многофазных сред (диспергирование, эмульгирование, суспензии). УЗ-капиллярный эффект (кавитация). Люминесценция, яркостный и цветовой контрасты (минимальный угол зрения, контрастная чувствительность, световой и цветовой пороги).

49 Классификация методов капиллярного контроля

50 Технология капиллярного контроля.

51 Материалы, используемые при капиллярном контроле. Чувствительность капиллярного контроля. Условные обозначения.

52 Технические средства, используемые при капиллярном контроле.

53 Объекты и области применения методов капиллярного контроля.

54 Часть 1.2

55 Методы и средства течеискания

56 Основные понятия, термины и определения.

57 Классификация методов испытания на герметичность

58 Характеристика технологического процесса испытаний на герметичность

59 Физические принципы масс-спектрометрического, галогенного, катарометрического электронно-захватного, химического, манометрического, газогазодинамического и гидравлического методов испытаний.

60 Средства и устройства, обеспечивающие процесс течеискания

Методы и средства теплового НК

61 Общие сведения: пассивный и активный, основная характеристика температурного поля, основной информационный параметр температурного поля, уравнение теплопроводности, способы активного контроля.

62 Основы теории теплового излучения (законы теплового излучения).

63 Физические основы измерения температуры (температурные шкалы, измерение температуры нагретых тел).

64 Источники нагрева. Средства контроля температуры (индикаторы и преобразователи тепловых полей).

- 65 Теплофизические характеристики и их функциональная связь
- 66 Комбинированные методы ТНК: вибротепловизионный, тепловой томографии, тепловизионный метод контроля влажности, вихретоко-тепловой, радиотепловой.
- 67 Комбинированные методы ТНК: фазовой термографии, теплоголографический, фототермоакустический, тепловой линзы.
Методы и средства радиационного НК.
- 68 Общие сведения (первичный информативный параметр, классификация, частотный диапазон, схема просвечивания)
- 69 Физические основы радиационного НК.
- 70 Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.
- 71 Радиография (основы метода, схема радиографирования).
- 72 Методика и техника радиографического контроля: выбор источников излучения, рентгеновской пленки.
- 73 Методика и техника радиографического контроля: выбор оптимальной схемы контроля и фокусного расстояния, режимов просвечивания.
- 74 Методика и техника радиографического контроля: выбор оптимального на-пряжения, усиливающих экранов и схемы зарядки кассет.
- 75 Порядок и техника радиографического контроля: основные операции контроля и их последовательность, чувствительность контроля.
- 76 Химико-фотографическая обработка экспонированной рентгеновской пленки и ее хранение, расшифровка радиографических снимков.
- 77 Радиометрия (основы радиометрического контроля).
- 78 Классификация методов радиометрического контроля.
- 79 Выбор источника излучения и область применения.
- 80 Расшифровка дефектов.
- 81 Радиоскопия (основы радиоскопического метода контроля)
- 82 Системы радиоскопического контроля и их область применения
- 83 Технология радиоскопического контроля.
- 84 Охрана труда при радиационном контроле
Методы и средства радиоволнового неразрушающего контроля.
- 85 Физические основы радиоволнового НК (диапазон волн, особенности, представление электромагнитной волны, схемы поляризации и распространения, стоячая волна)
- 86 Элементная база и средства РВНК: источники и приемники излучения.
- 87 Элементная база и средства РВНК: устройства передачи энергии (виды волноводов, коэффициент стоячей волны напряжения)
- 88 Классификация методов и средств РВНК.
- 89 Качественные и количественные критерии РВНК.
Методы и средства визуально-измерительного и оптического НК
- 90 Физические основы ВиИНК, свойства зрения.
- 91 Методы и средства оптического НК
- 92 Физические основы ОНК: информационные параметры оптического излучения и объекта контроля.
- 93 Основы оптической радиометрии: фотометрические величины (энергети-

ческие, световые).

94 Структура и элементная база приборов оптического контроля: источники света, оптические системы и элементы, приемники излучения и преобразователи изображения.

95 Методы и средства оптической дефектоскопии.

Часть 2

Источники и приемники акустических колебаний

96 Пьезоэлектрические материалы и их свойства.

97 Принцип действия и устройство пьезопреобразователей.

98 Передаточные характеристики пьезопреобразователей.

99 Акустическое поле наклонного пьезопреобразователя.

100 Классификация пьезопреобразователей: фокусирующие; в виде фазированной решетки.

101 Бесконтактные акустические преобразователи: электромагнитно-акустический, лазерный.

102 Методы расчета пьезопреобразователей: метод эффективных четырехплюсников;

103 Методы расчета пьезопреобразователей: метод волновых уравнений.

Источники оптического излучения.

104 Фотометрические единицы. Связь между энергетическими и световыми фотометрическими единицами.

105 Источники излучения оптического диапазона: лампы накаливания (общего назначения, галогенные).

106 Источники излучения оптического диапазона: газоразрядные лампы (люминесцентные, дуговые ртутные лампы, металлогалогенные).

107 Источники излучения оптического диапазона: газоразрядные лампы (ксеноновые, импульсные, тлеющего свечения).

108 Источники излучения оптического диапазона: спектральные лампы; электролюминесцентные панели; источники света с радиоактивными изотопами.

109 Основные параметры источников излучения оптического диапазона, диаграмма направленности.

110 Квантовые источники оптического излучения (физические основы)

111 Лазерные источники света, светодиоды.

Приемники излучения

112 Классификация приемников излучения.

113 Параметры и характеристики приемников излучения.

114 Механизм проводимости и поглощения света в полупроводниках (физические основы).

115 Основные параметры полупроводников: ширина запрещенной зоны, равновесная концентрация свободных носителей заряда, время жизни, диффузионная длина свободных носителей.

116 Взаимодействие электромагнитного излучения с полупроводниками.

117 Приемники излучения на внутреннем фотоэффекте. Фоторезисторы: принцип действия, параметры, характеристики, конструкция.

118 Приемники излучения на внутреннем фотоэффекте. Фотодиоды: прин-

цип действия, параметры и характеристики. Многоцветные приемники излучения. Высокочастотные фотодиоды.

119 Приемники излучения на внутреннем фотоэффекте. Фотоприемники с внутренним усилением фототока. Фототранзисторы.

120 Координатно-чувствительные приемники излучения: фотопотенциометры, функциональные фоторезисторы и фотодиоды. Инверсионные координатно-чувствительные фотодиоды.

121 Многоэлементные (мозаичные) координатно-чувствительные фотоприемники. Координатно-чувствительные фотоприемники с радиальным электрическим полем.

122 Фотогальванические приемники излучения: Вентильные фотоэлементы. Солнечные элементы.

123 Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта: принцип действия и устройство вакуумных фотоэлементов.

124 Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта: принцип действия и устройство фотоэлектронных умножителей.

125 Конструкция фотокатода, диодные системы.

126 Параметры и характеристики фотоэлектронных умножителей.

127 Пространственное и спектральное согласование источников и фотоприемников

Элементы и устройства оптических систем.

128 Характеристики оптических систем.

129 Характеристики и конструктивные особенности линз и зеркал, призм, светофильтров, диафрагм, масок и шаблонов, фотометрических клиньев, модуляторов, дефлекторов.

Источники нагрева для теплового контроля

130 Классификация источников теплового возбуждения.

131 Тепловые нагреватели и их характеристики.

132 ИК-излучатели для нагрева и измерительных целей.

133 Полные излучатели. Материалы для ИК-техники.

Индикаторы и преобразователи тепловых полей

134 Термоиндикаторы: плавления; индикаторы, меняющие цвет; люминофоры.

135 Контактные измерительные преобразователи: термометры расширения; манометрические термометры.

136 Контактные измерительные преобразователи: термометры сопротивления; термоэлектрические термометры.

137 Бесконтактные измерительные преобразователи: термоэлементы; болометры;

138 Бесконтактные измерительные преобразователи: оптико-акустические (пневматические) приемники излучения.

139 Бесконтактные измерительные преобразователи: пироэлектрические приемники излучения.

140 Приемники ИК-излучения: СПРАЙТ-приемники; приемники на основе квантовых ловушек (КВИП-детекторы).

141 Приемники ИК-излучения: матричные фотоприемники (мультиплексоры, ПЗС, КМОП); неохлаждаемые микроболометрические матрицы;

142 Приемники ИК-излучения: матрицы фотонные, на основе барьера Шоттки; на суперрешетках;

143 Приемники ИК-излучения: матрицы на п/п с собственной проводимостью; Z-планарные матрицы; устройства охлаждения приемников излучения.

144 Приборы с зарядовой связью.

145 Электронно-оптические преобразователи.

Источники и приемники СВЧ-излучений

146 Клистроны, магнетроны. Лампы бегущей и обратной волны.

147 СВЧ-генераторы на туннельных диодах.

148 Квантовые СВЧ-генераторы и усилители.

149 Индикаторы и приемники СВЧ-излучений.

150 Элементы и устройства для обработки СВЧ-сигналов.

4.2 Критерии оценок результатов учебной деятельности студентов

4.2.1 Критерии выставления оценок на экзамене

Баллы	Показатели оценки
1 (один)	Отсутствие приращения знаний и компетентности в вопросах НК, отказ от ответа.
2 (два)	Фрагментарные знания в вопросах НК в целом; знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины; неумение использовать научную терминологию в области НК, наличие в ответе грубых и логических ошибок; пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.
3 (три)	Недостаточно полный объем знаний в вопросах НК, физических основ отдельных методов; знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными ошибками; слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач; неумение ориентироваться в выборе методов и средств НК, в вопросах расчетов режимов контроля; пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.
4 (четыре)	Достаточный объем знаний в вопросах НК, физических основ отдельных методов; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач под руководством преподавателя; умение ориентироваться в выборе методов и средств НК, вопросах расчетов режимов контроля; работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.
5 (пять)	Достаточные знания в вопросах НК, физических основ отдельных методов, знание основных видов и типов дефектов и методах их обнаружения; знание областей использования и границ применимости различных видов и методов НК, направлений развития методов НК, особенностей зарубежных средств НК; использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопро-

	сы, умение делать выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в выборе методов и средств НК, вопросах расчетов режимов контроля; самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, фрагментарное участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.
6 (шесть)	Достаточные полные и систематизированные знания в вопросах НК, физических основ отдельных методов, знание основных видов и типов дефектов и методах их обнаружения; знание областей использования и границ применимости различных видов и методов НК, направлений развития методов НК, особенностей зарубежных средств НК; использование необходимой научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в выборе методов и средств НК, вопросах расчетов режимов контроля и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточно высокий уровень культуры исполнения заданий.
7 (семь)	Систематизированные, глубокие и полные знания в вопросах НК, физических основ отдельных методов, знание основных видов и типов дефектов и методах их обнаружения; знание областей использования и границ применимости различных видов и методов НК, направлений развития методов НК, особенностей зарубежных средств НК; использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; свободное владение типовыми решениями в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в методах и средствах НК, вопросах расчетов режимов контроля и давать им аналитическую оценку; умение разрабатывать методики НК; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.
8 (восемь)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в вопросах НК, физических основ отдельных методов, знание основных видов и типов дефектов и методах их обнаружения; знание областей использования и границ применимости различных видов и методов НК, направлений развития методов НК, особенностей зарубежных средств НК; использование научной терминологии, грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины (в том числе техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в методах и средствах НК, вопросах расчетов режимов контроля и давать им аналитическую оценку; умение разрабатывать методики НК; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

9 (девять)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам НК, физических основ отдельных методов, знание основных видов и типов дефектов и методах их обнаружения; знание областей использования и границ применимости различных видов и методов НК, направлений развития методов НК, особенностей зарубежных средств НК; точное использование научной терминологии, грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы; полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в методах и средствах НК, вопросах расчетов режимов контроля и давать им аналитическую оценку; умение разрабатывать методики НК, осуществлять выбор первичных преобразователей; систематическая активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.
10 (десять)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам НК, физических основ отдельных методов, знание основных видов и типов дефектов и методах их обнаружения; знание областей использования и границ применимости различных видов и методов НК, направлений развития методов НК, особенностей зарубежных средств НК; а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; точное использование научной терминологии, грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы; полное и глубокое усвоение основной и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы; полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы по изучаемой учебной дисциплине; умение свободно ориентироваться в методах и средствах НК, в вопросах расчетов режимов контроля и давать им аналитическую оценку; умение разрабатывать методики НК осуществлять выбор первичных преобразователей; использовать научные достижения других дисциплин; творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4.2.2 Критерии выставления оценок в контрольные сроки

В качестве критериев выставления оценок в контрольные сроки используются:

- посещаемость практических и лабораторных занятий;
- выполнение практических заданий и лабораторных работ;
- защита отчетов по практическим и лабораторным работам;
- участие студентов в НИРС.

Оценки первого и второго контрольных сроков

Отметка	Обоснование
10 (А)	Отсутствие пропусков занятий без уважительных причин, выполнение всех положенных к контрольному сроку практических заданий и лабораторных работ,

	защита отчетов по всем выполненным практическим и лабораторным работам, выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации (в частности активность студента в рамках НИРС)
9	Отсутствие пропусков занятий без уважительных причин, выполнение всех положенных к контрольному сроку практических заданий и лабораторных работ, защита отчетов по всем выполненным практическим и лабораторным работам, выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в рамках тем изучаемой дисциплины
8	Отсутствие пропусков занятий без уважительных причин, выполнение всех положенных к контрольному сроку практических заданий и лабораторных работ, защита отчетов по всем выполненным практическим и лабораторным работам
7	Пропуск по неуважительным причинам менее 25% занятий и выполнение более 75% положенных к контрольному сроку практических и лабораторных работ, защита отчетов по выполненным практическим и лабораторным работам
6	Пропуск по неуважительным причинам менее 25% занятий или выполнение более 75% положенных к контрольному сроку практических заданий и лабораторных работ с защитой отчетов по выполненным практическим лабораторным работам
5	Пропуск по неуважительным причинам менее 25% занятий, выполнение более 75% положенных к контрольному сроку практических заданий и лабораторных работ, защита хотя бы одного отчета по практической или лабораторной работе
4	Пропуск по неуважительным причинам менее 50% занятий, выполнение более 50% положенных к контрольному сроку практических заданий и лабораторных работ, защита хотя бы одного отчета по практической или лабораторной работе
3	Пропуск по неуважительным причинам менее 25 % занятий и выполнение без защиты более 75 % положенных к контрольному сроку практических заданий и лабораторных работ
2	Пропуск по неуважительным причинам менее 25 % занятий и выполнение без защиты более 50% положенных к контрольному сроку практических заданий и лабораторных работ
1	Пропуск по неуважительным причинам менее 50 % занятий и выполнение без защиты более 50 % положенных к контрольному сроку практических заданий и лабораторных работ
0	Пропуск по неуважительным причинам более 50 % занятий или выполнение без защиты менее 50 % положенных к контрольному сроку практических заданий и лабораторных работ
Не аттестован	Студент не подлежит аттестации по данной дисциплине

5 Вспомогательный раздел

5.1 Учебная программа «Методы и средства неразрушающего контроля»

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет транспорта»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор учреждения образования
«Белорусский государственный
университет транспорта»

В.Я. Негрей

« 06 » 05 2015

Регистрационный № УД- 35.15 / уч.

«МЕТОДЫ И СРЕДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ»

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности**
для специальности 1–37 02 02 Подвижной состав железнодорожного транспорта
специализации 1–37 02 02 02 «Неразрушающий контроль
и техническая диагностика на железнодорожном транспорте»

2015

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-37 02 02-2013 «Подвижной состав железнодорожного транспорта».

СОСТАВИТЕЛИ:

О.В. Холодилов, заведующий кафедрой «Неразрушающий контроль и техническая диагностика» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», доктор технических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Неразрушающий контроль и техническая диагностика» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» протокол № 5 от 22.04.2015 г.

Методической комиссией механического факультета учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» протокол № 5 от 04.05.2015 г.

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» протокол №3 от 05.05.2015 г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
Методы и средства неразрушающего контроля (МД)
на 2018/2019 учебный год**

№№ ПП	Дополнения и изменения	Основание
1	<p>Внести изменения в перечень литературы:</p> <p>Основная литература:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Криворудченко В. Ф., Ахмеджанов Р. А. Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта – М.: Маршрут, 2005.– 436 с. 2. Холодилов О. В. Методы и средства неразрушающего контроля (электроискровой, магнитопорошковый, феррозондовый, вихретоковый): Лабораторный практикум. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 71 с 3. Холодилов О. В., В.В. Бурченков, А.В. Янчилик Методы и средства неразрушающего контроля (акустический): Лабораторный практикум. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 91 с. <p>Дополнительная литература:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Ергучев Л. А. Магнитные методы неразрушающего контроля деталей железнодорожного подвижного состава: пособие. – Гомель: УО «БелГУТ», 2005. – 125 с 5. Ультразвуковой контроль: учебное пособие для вузов/Н.П. Алешин–Москва.: Спектр, 2013. – 223 с. 6. Клюев С.В. Комбинированные методы вихретокового, магнитного и электропотенциального контроля : учебное пособие для вузов – Москва.: Спектр, 2011. – 190 с. 	Совершенствование методики преподавания дисциплины

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «Вагоны»
(протокол № 9 от «11» июня 2018 г.)

Заведующий кафедрой «Вагоны»
к.т.н., доцент



А.В. Пигунов

УТВЕРЖДАЮ
Декан механического факультета
к.т.н., доцент



Е.П. Гурский

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель дисциплины – формирование знаний, умений и профессиональных компетенций в области физических основ используемых в настоящее время методов неразрушающего контроля (НК).

Основными задачами дисциплины являются: изучение физических основ и технологии проведения неразрушающего контроля подвижного состава и других объектов железнодорожного транспорта, технических средств неразрушающего контроля, приобретение навыков в проведении контроля, и оценке технического состояния объекта контроля.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста

Современные технологические процессы промышленного производства во многих случаях сопровождаются промежуточным контролем качества изделий.

В связи с этим большое значение приобретают неразрушающие методы контроля качества, которые позволяют не только обнаруживать дефекты, но и определять их форму, размеры и пространственное положение.

Совокупность методов и средств, предназначенных для обнаружения дефектов деталей без их разрушения, составляет основу дефектоскопии.

Своевременное обнаружение технологических и эксплуатационных дефектов в ответственных элементах пути и подвижного состава повышает безопасность движения и позволяет получить большой экономический эффект.

В настоящее время неразрушающий контроль представляет собой интенсивно развивающуюся на стыке различных наук и технологий: техническая физика, материаловедение, информатика и пр., самостоятельную отрасль науки и техники, которая находит широкое применение в различных сферах производства и в том числе на железнодорожном транспорте.

Необходимо, чтобы студенты получили представление о различных методах неразрушающего контроля, используемые при техническом обслуживании, эксплуатации и ремонте подвижного состава, приобрели практические навыки работы с современными средствами неразрушающего контроля.

Дисциплина относится к дисциплинам специализации, осваиваемым студентами специальности 1-37 02 02 «Подвижной состав железнодорожного транспорта», специализации 1-37 02 02 02 «Неразрушающий контроль и техническая диагностика на железнодорожном транспорте».

Освоение дисциплины базируется на компетенциях, приобретенных ранее студентами при изучении естественнонаучных дисциплин «Физика», «Математика», «Информатика», общепрофессиональных дисциплин «Механика материалов» и «Электротехника и основы электроники», специальной дисциплины «Материаловедение и технология материалов».

Требования к освоению учебной дисциплины

Учебная программа по дисциплине «Методы и средства неразрушающего контроля» разработана на основе требований, сформулированных в образовательном стандарте высшего образования ОСВО 1-37 02 02-2013 «Подвижной состав железнодорожного транспорта».

В результате изучения дисциплины студент должен закрепить и развить следующие академические (АК) и социально-личностные (СЛК) и профессиональные (ПК) компетенции, предусмотренные в образовательном стандарте ОСВО 1-37 02 02-2013:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач в области конструирования, эксплуатации, ремонта, неразрушающего контроля подвижного состава.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении задач в сфере транспорта.

АК-7. Иметь навыки, связанные с управлением информацией, использованием технических устройств и работой с компьютером.

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

СЛК-4. Владеть навыками здоровьесбережения.

ПК-2. Организовывать производственно-технологический процесс изготовления, ремонта и неразрушающего контроля подвижного состава.

ПК-3. Разрабатывать технологическую документацию по изготовлению, ремонту и неразрушающему контролю подвижного состава.

ПК-4. Контролировать качество проведения и соблюдение технологии работ по изготовлению, ремонту и неразрушающему контролю подвижного состава.

ПК-5. Рационально использовать материалы и оборудование при техническом обслуживании, ремонте и неразрушающем контроле подвижного состава.

ПК-16. Анализировать и оценивать собранные данные.

ПК-19. Готовить доклады, материалы к презентациям.

ПК-20. Владеть современными средствами инфокоммуникаций.

ПК-21. Производить информационный поиск и анализировать информацию по подвижному составу (конструкция, эксплуатация, ремонт, неразрушающий контроль).

ПК-22. Анализировать состояние подвижного состава и динамику его изменения с использованием методов и средств неразрушающего контроля и технической диагностики.

ПК-25. Анализировать результаты исследований и разрабатывать предложения по их практической реализации.

ПК-28. Работать с научной, технической и патентной литературой.

Для приобретения профессиональных компетенций в результате изучения дисциплины студент должен

знать:

– основы взаимодействия физических полей, корпускулярных частиц и проникающих веществ с объектом контроля;

– стандартные методы измерения параметров взаимодействия физических полей, корпускулярных частиц и проникающих веществ с объектом контроля;

– современные технические средства, используемые при неразрушающем

контроле материалов и изделий;

уметь:

- оценивать техническое состояние узлов и деталей подвижного состава;
- выбирать методы и средства неразрушающего контроля конкретного объекта оптимальные по техническим и экономическим характеристикам;
- производить расчеты режимов контроля.

владеть:

- техническими средствами неразрушающего контроля;
- навыками обнаружения дефектов основными методами неразрушающего контроля.

Структура содержания учебной дисциплины

Содержание дисциплины представлено в виде разделов и тем, которые характеризуются относительно самостоятельными укрупненными дидактическими единицами содержания обучения. В соответствии с учебным планом на изучение дисциплины отведено 502 часа, из них аудиторных 246 часов. Распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 172 часов, лабораторные занятия – 42 часа, практические занятия 32 часа. Форма контроля – экзамен.

Форма получения высшего образования – дневная. Трудоемкость учебной дисциплины – 13 зачетных единиц.

Распределение аудиторных часов по семестрам

Курс	Семестр	Всего часов	Зач. ед	Ауд. час.	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Форма аттестации
3	6	174	5	92	78	14	–	экзамен
4	7	154	4	74	60	14	–	экзамен
4	8	174	4	80	34	14	32	экзамен, РГР

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

Оценка учебных достижений студента производится на экзамене. Для оценки учебных достижений студентов используются критерии, утвержденные Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений студентов используется следующий диагностический инструментарий:

- выступление на конференции с докладом (АК-1, АК-3–АК-5, АК-7, АК-8, ПК-16, ПК-19–ПК-21, ПК-28);
- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам (АК-1, АК-4, АК-8, ПК-20, ПК-21, ПК-28);
- защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий (АК-1, 2, АК-8, СЛК-4, ПК-2–ПК-3);
- защита выполненных лабораторных работ (АК-1, АК-3, АК-4, АК-8; ПК-16, ПК-19–ПК-21, ПК-28);
- защита расчетно-графической работы (АК-5, АК-8)
- сдача экзамена по дисциплине (АК-1, АК-4, АК-8, ПК-20, ПК-21, ПК-28).

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Основы неразрушающего контроля

Тема 1. Общие вопросы разработки и применения методов и средств НК.

Основные термины и определения. Взаимоотношение понятий «неразрушающий контроль», «техническая диагностика», «дефектоскопия». Классификация видов и методов неразрушающего контроля.

Тема 2. Методы и средства электрического НК.

Физические основы. Классификация методов электрического контроля. Конструкции преобразователей; измерение размеров; контроль свойств и состава диэлектрических материалов. Методы электрического контроля: электропотенциальный, электрического сопротивления, термоэлектрический, электроискровой, трибоэлектрический, электрографический, высокочастотной фотографии.

Тема 3. Методы и средства магнитного НК.

Общие положения магнитного контроля: развитие магнитного контроля, основные термины и определения. Первичные преобразователи магнитного поля и магнитные материалы. Методы и средства намагничивания: способы намагничивания, особенности намагничивания в постоянном, переменном и импульсном магнитных полях, размагничивание объекта контроля. Магнитные поля дефектов. Методы и средства магнитной дефектоскопии: магнитопорошковый, феррозондовый, индукционный, магнитографический методы. Магнитная толщинометрия и структуроскопия.

Тема 4. Методы и средства вихретокового НК.

Физические основы вихретокового НК. Классификация вихретоковых преобразователей. Сигналы вихретоковых преобразователей, годографы и способы вихретокового контроля. Средства вихретокового контроля: дефектоскопы, приборы для контроля размеров, толщиномеры.

Тема 5. Методы и средства акустического НК.

Физические основы акустического контроля: основные акустические величины, волновое уравнение, типы акустических волн, акустические свойства сред, отражение и преломление, дифракция. Первичные преобразователи: пьезоэффект и свойства пьезоматериалов, основные соотношения, определяющие работу преобразователей, основные параметры, характеризующие свойства преобразователей, акустическое поле преобразователя, виды преобразователей. Классификация методов акустического контроля: активные (прохождения, отражения, комбинированные), пассивные. Эхо-метод, амплитудный и временной теневые методы. Метод собственных частот (свободных и вынужденных колебаний). Методы акустико-топографический импедансный. Акустико-эмиссионный метод. Вибрационно-диагностический метод. Особенности контроля литья, поковок и сварных соединений. Контроль размеров и физико-механических характеристик материалов. Ультразвуковой контроль рельсового пути. Современные средства ультразвукового контроля материалов и конструкций.

Тема 6. Контроль проникающими веществами

6.1 Методы и средства капиллярного неразрушающего контроля.

Основные сведения. Геометрические характеристики поверхностных дефектов. Физические явления, лежащие в основе капиллярного контроля. Последовательность операций капиллярного контроля. Чувствительность капиллярного контроля. Технология капиллярного контроля. Материалы и технические средств-

ва, используемые при капиллярном контроле. Объекты капиллярного контроля, области применения методов капиллярного контроля

6.2 Методы и средства течеискания.

Основные сведения. Физико-химические основы течеискания, термины и определения. Методы испытания на герметичность: масс-спектрометрический, галогенный, катарометрический, электронно-захватный, манометрический; газо-гидравлический и гидравлические методы. Средства и устройства, обеспечивающие процесс течеискания.

Тема 7. Методы и средства теплового НК.

Физические основы теплового НК: основные характеристики, информационные параметры, уравнение переноса. Законы теплового излучения. Измерение температуры. Методы экспериментального определения теплофизических характеристик. Методы и средства теплового контроля на основе различных физических эффектов. Средства контроля температуры: термометры, пирометры, тепловизоры.

Тема 8. Методы и средства радиационного НК.

Общие сведения о радиационном контроле. Физические основы взаимодействия ионизирующего излучения и частиц с веществом. Радиография (основы радиографического метода). Методика и техника радиографического контроля Радиометрия (основы радиометрического метода). Методика и техника радиометрического контроля (радиометрические системы дефектоскопии и толщинометрия). Радиоскопия (основы радиоскопического метода). Особенности и основные характеристики систем радиоскопического контроля. Технология радиоскопического контроля. Охрана труда при радиационном контроле.

Тема 9. Методы и средства радиоволнового НК.

Физические основы радиоволнового НК. Элементная база радиоволнового НК: источники и приемники излучения, устройства передачи энергии. Классификация методов и средств радиоволнового НК. Радиоволновая дефектоскопия, толщинометрия и структуроскопия.

Тема 10. Методы и средства визуально-измерительного и оптического НК.

10.1 Методы и средства визуально-измерительного контроля

Физические основы ВиИНК, свойства зрения.

10.2 Методы и средства оптического НК

Физические основы ОНК: информационные параметры оптического излучения и объекта контроля. Основы оптической радиометрии: фотометрические величины (энергетические, световые). Структура и элементная база приборов оптического контроля: источники света, оптические системы и элементы, приемники излучения и преобразователи изображения. Методы и средства оптической дефектоскопии. Приборы контроля размеров, топографии и поверхностных дефектов. Методы и средства оптической структуроскопия: интроскопия, томография, спектральные методы.

Раздел 2. Источники и приемники излучения

Тема 11. Источники и приемники акустических колебаний.

Пьезоматериалы и их свойства. Принцип действия и устройство пьезоэлектрических преобразователей. Передаточные характеристики пьезопреобразовате-

лей. Акустическое поле прямого и наклонного пьезопреобразователей. Классификация пьезоакустических преобразователей. Фокусирующие пьезопреобразователи. Пьезопреобразователь в виде фазированной решетки. Бесконтактные акустические преобразователи: электромагнитно-акустический, лазерный. Методы расчета пьезоакустических преобразователей: метод эффективных четырехполюсников; метод волновых уравнений.

Тема 12. Источники оптического излучения.

Фотометрические единицы. Классификация источников излучения оптического диапазона. Лампы накаливания, галогенные, газоразрядные, люминесцентные, дуговые ртутные, металлогалогенные, ксеноновые, импульсные, тлеющего свечения, спектральные, электролюминесцентные панели. Источники света с радиоактивными изотопами. Основные параметры источников излучения оптического диапазона. Диаграмма направленности источников излучения. Квантовые источники оптического излучения: лазеры, светодиоды.

Тема 13. Приемники излучения.

Классификация приемников излучения. Параметры и характеристики приемников излучения. Физические представления о механизме проводимости и поглощения света в полупроводниках. Основные параметры полупроводника: рекомбинация, время жизни, диффузионная длина свободных носителей. Взаимодействие электромагнитного излучения с полупроводниками. Отражение и поглощение излучения в полупроводниках. Приемники излучения на внутреннем фотоэффекте. Фоторезисторы: принцип действия, параметры, характеристики, конструкция. Фотодиоды: принцип действия, параметры и характеристики. Многоцветные приемники излучения. Высокочастотные фотодиоды. Фотоприемники с внутренним усилением фототока. Фототранзисторы. Координатно-чувствительные приемники излучения: Фотопотенциометры. Функциональные фоторезисторы и фотодиоды. Инверсионные координатно-чувствительные фотодиоды. Координатно-чувствительные фотоприемники: многоэлементные (мозаичные); с радиальным электрическим полем. Фотогальванические приемники излучения: Вентильные фотоэлементы. Солнечные элементы. Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта: принцип действия и устройство вакуумных фотоэлементов. Фотоэлектронные умножители (ФЭУ): принцип работы, конструкция фотокатода, диодные системы. ФЭУ: статические параметры и характеристики, эксплуатационные параметры.

Тема 14. Пространственное и спектральное согласование источников и фотоприемников.

Расчет пространственных характеристик источников света. Пространственное согласование источников света и фотоприемников. Пересчет параметров фотоприемников. Спектральное согласование источников с линейчатым и непрерывным спектрами и фотоприемников при использовании световых фотометрических единиц. Спектральное согласование источников и фотоприемников при использовании энергетических фотометрических единиц.

Тема 15. Элементы и устройства оптических систем.

Характеристики оптических систем. Линзы, зеркала, призмы, светофильтры, диафрагмы, маски и шаблоны, фотометрические клинья, модуляторы, дефлек-

торы, фотоослабляющие устройства (характеристики и конструктивные особенности). Расчет элементов оптических систем.

Тема 16. Источники нагрева для теплового контроля.

Классификация источников теплового возбуждения. Тепловые нагреватели и их характеристики. ИК-излучатели для нагрева и измерительных целей. Полные излучатели. Материалы для ИК-техники.

Тема 17. Индикаторы и преобразователи теплового излучения.

Термоиндикаторы плавления; индикаторы, меняющие цвет; люминофоры. Первичные измерительные преобразователи тепловых величин: термометры расширения; манометрические термометры; термометры сопротивления; термоэлектрические термометры; пирометры излучения. Приемники ИК-излучения. Бесконтактные измерительные преобразователи: термоэлементы; болометры; оптико-акустические (пневматические) приемники излучения; пироэлектрические приемники излучения. Приборы с зарядовой связью. Электронно-оптические преобразователи.

Тема 18. Источники и приемники СВЧ-излучений.

Источники СВЧ-излучений: клистроны, магнетроны, лампы бегущей и обратной волны. Полупроводниковые генераторы СВЧ-излучений. Квантовые СВЧ-генераторы и усилители (мазеры). Индикаторы и приемники СВЧ-излучений. Элементы и устройства для передачи и преобразования СВЧ-сигналов.

Тема 19. Источники и приемники ионизирующих излучений.

Особенности работы ускорителей заряженных частиц, как источников ионизирующих излучений. Приемники ионизирующих излучений: полупроводниковые детекторы, радиационные электронно-оптические преобразователи, рентгеновские видиконы, газонаполненные и люминесцентные детекторы.

Тема 20. Преобразователи электрического, магнитного и вихретокового НК.

Первичные преобразователи магнитного поля: индукционные, феррозондовые, гальваномагнитные, магнитодоменные, магниторезистивные. Электрические преобразователи. Вихретоковые преобразователи: параметрические, трансформаторные, абсолютные, дифференциальные, проходные, накладные, комбинированные. Расчет преобразователей.

Характеристика расчетно-графической работы

По дисциплине «Методы и средства неразрушающего контроля» выполняется расчетно-графическая работа (РГР) по следующим темам:

- 1 Расчет параметров капиллярного контроля.
- 2 Расчет емкостных преобразователей
- 3 Расчет пьезоэлектрических преобразователей.
- 4 Расчет магнитных преобразователей.
- 5 Расчет фотометрических характеристик.
- 6 Расчет источников и приемников оптического излучения.

Содержание задания на РГР определяется преподавателем.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела темы	Количество аудиторных часов			Материальное обеспечение занятий (наглядные и методические пособия и др.)	Формы контроля знаний
		лекции	практические занятия	лабораторные занятия		
1	2	3	4	5	7	9
1	Раздел 1 Основы НК					
1.1	Тема 1 Общие вопросы разработки и применения методов и средств НК	4			Компьютерная презентация №1	
1.2	Тема 5. Методы и средства электрического НК	6	2	2	Компьютерная презентация №5	Защита отчета по лаб. р.
1.3	Тема 6 Методы и средства магнитного НК	20	2	8	Компьютерная презентация №6	Защита отчета по лаб. р.
1.4	Тема 7 Методы и средства вихретокового НК	6	2	4	Компьютерная презентация №7	Защита отчета по лаб. р.
1.5	Тема 10 Методы и средства акустического НК	24	–	16	Компьютерная презентация №10	Защита отчета по лаб. р.
1.6	Тема 2 Контроль проникающими веществами	16	2		Компьютерная презентация №2	РГР
1.7	Тема 3 Методы и средства теплового НК	10	–	4	Компьютерная презентация №3	Защита отчета по лаб. р.
1.8	Тема 8 Методы и средства радиационного НК	8	–	–	Компьютерная презентация №8	
1.9	Тема 9 Методы и средства радиоволнового НК	8	–	–	Компьютерная презентация №9	
1.10	Тема 4 Методы и средства оптического НК	10		2	Компьютерная презентация №4	Защита отчета по лаб. р.
2	Раздел 2. Источники и приёмники излучения		–	–		
2.1	Тема 11. Источники и приёмники акустических колебаний	12	4	–	Компьютерная презентация №12	РГР
2.2	Тема 12. Источники оптического излучения	12	8	–	Компьютерная презентация №13	РГР
2.3	Тема 13. Приёмники оптического излучения	10	–	–	Компьютерная презентация №14	РГР
2.4	Тема 14. Пространственное и спектральное согласование источников света и фотоприёмников	4	10	–	Компьютерная презентация №15	РГР
2.5	Тема 15 Элементы и устройства оптических систем	2	2	–	Компьютерная презентация №16	РГР
2.6	Тема 16 Источники нагрева для теплового контроля	2	–		Компьютерная презентация №17	

2.7	Тема 17 Индикаторы и преобразователи тепловых излучений		–		Компьютерная презентация №18	
2.8	Тема 18 Источники и приемники СВЧ-излучений	4	–		Компьютерная презентация №19	
2.9	Тема 19 Источники и приемники ионизирующих излучений	4	–		Компьютерная презентация №20	
2.10	Тема 20. Преобразователи для магнитного, вихретокового и электрического НК	4	–		Компьютерная презентация №21	Защита РГР
	Итого	172	32	42		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1 Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, А. В. Ковалев [и др.]; Под ред. В. В. Клюева – 2-е изд., исправ. и доп. М. : Машиностроение, 2003.

2 Криворудченко В. Ф., Ахмеджанов Р. А. Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта – М. : Маршрут. – 2005, 436 с.

Дополнительная литература

3 Прохоренко П. П., Мигун Н. П., Стойчева И. В. Физические основы и средства капиллярного контроля (контроль проникающими веществами): учеб. пособие. – Минск : БНТУ, 2007. – 263 с.

4 Холодилов О. В. Методы и средства неразрушающего контроля (электроискровой, магнитопорошковый, феррозондовый, вихретоковый): Лабораторный практикум. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 71 с

Перечень лабораторных работ

- 1 Обнаружение дефектов электроискровым методом.
- 2 Изучение технических средств магнитопорошкового НК.
- 3 Обнаружение дефектов магнитопорошковым методом.
- 4 Изучение технических средств феррозондового НК.
- 5 Обнаружение дефектов феррозондовым методом.
- 6 Изучение технических средств вихретокового НК.
- 7 Обнаружение дефектов вихретоковым методом.
- 8 Изучение функциональных блоков и органов управления УЗ-толщинометра. УЗ-толщинометрия.
- 9 Изучение функциональных блоков и органов управления УЗ-дефектоскопа УД2-12
- 10 Изучение стандартных образцов.
- 11 Определение точности настройки координат при УЗ-контроле
- 12 Определение основных параметров, характеризующих достоверность УЗ-контроля по СО.
- 13 Проверка «мертвой» зоны.

- 14 Определение разрешающей способности глубиномера.
- 15 Настройка автоматического сигнализатора дефектов.
- 16 Настройка скорости развертки и зоны контроля.
- 17 Настройка временной регулировки чувствительности.
- 18 Настройка системы измерения координат дефектов.
- 19 Изучение АРД-диаграмм
- 20 Изучение способов измерения скорости УЗ-волн
- 21 Измерение коэффициента затухания УЗ-волн
- 22 Построение диаграммы направленности ПЭП
- 23 Измерение толщины объектов эхо-импульсным методом
- 24 Изучение функциональных блоков и органов управления УЗ-дефектоскопа УД2-102 «Пеленг».
- 25 УЗ-дефектоскопия сварных соединений: стыковые нахлесточные швы.
- 26 Изучение принципа работы ИК-пирометра
- 27 Тепловой метод контроля температуры нагретого тела с использованием ИК-пирометра.
- 28 Визуально-оптический метод обнаружения дефектов с использованием эндоскопа.
- 29 Технические средства вибрационного НК: измеритель состояния подшипников, виброколлектор. Дефектоскопия подшипников качения.
- 30 Акустико-эмиссионная дефектоскопия.

Перечень тем практических занятий

- 1 Расчет параметров НК проникающими веществами.
- 2 Расчет преобразователей и параметров электрического НК.
- 3 Расчет преобразователей и параметров магнитного НК.
- 4 Расчет преобразователей и параметров вихретокового НК.
- 5 Расчет излучающих пьезопреобразователей, нагруженных на полубесконечную среду и пьезопреобразователей с переходными слоями.
- 6 Расчет коэффициентов передачи. пьезопреобразователей.
- 7 Расчет фотометрических спектральных характеристик источников оптического излучения.
- 8 Расчет фотометрических спектральные характеристик излучения равновесных (тепловых) и неравновесных источников.

Характеристика (описание) инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины.

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- мультимедийные и информационные технологии;
- пособия, средства неразрушающего контроля, плакаты, альбомы дефектов и другие наглядные материалы, как элементы учебно-исследовательской деятельности на лабораторных занятиях.

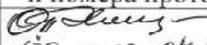
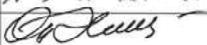
Критерии оценок результатов учебной деятельности студентов

Баллы	Показатели оценки
1	2
1 (один)	Отсутствие приращения знаний и компетентности в вопросах НК, отказ от ответа.
2 (два)	Фрагментарные знания в вопросах НК в целом; знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины; неумение использовать научную терминологию в области НК, наличие в ответе грубых и логических ошибок; пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.
3 (три)	Недостаточно полный объем знаний в вопросах НК, физических основ отдельных методов; знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными ошибками; слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач; неумение ориентироваться в выборе методов и средств НК, в вопросах расчетов режимов контроля; пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.
4 (четыре)	Достаточный объем знаний в вопросах НК, физических основ отдельных методов; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач под руководством преподавателя; умение ориентироваться в выборе методов и средств НК, вопросах расчетов режимов контроля; работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.
5 (пять)	Достаточные знания в вопросах НК, физических основ отдельных методов, знание основных видов и типов дефектов и методах их обнаружения; знание областей использования и границ применимости различных видов и методов НК, направлений развития методов НК, особенностей зарубежных средств НК; использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в выборе методов и средств НК, вопросах расчетов режимов контроля; самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, фрагментарное участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.
6 (шесть)	Достаточные полные и систематизированные знания в вопросах НК, физических основ отдельных методов, знание основных видов и типов дефектов и методах их обнаружения; знание областей использования и границ применимости различных видов и методов НК, направлений развития методов НК, особенностей зарубежных средств НК; использование необходимой научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые

	решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в выборе методов и средств НК, вопросах расчетов режимов контроля и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточно высокий уровень культуры исполнения заданий.
7 (семь)	Систематизированные, глубокие и полные знания в вопросах НК, физических основ отдельных методов, знание основных видов и типов дефектов и методах их обнаружения; знание областей использования и границ применимости различных видов и методов НК, направлений развития методов НК, особенностей зарубежных средств НК; использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; свободное владение типовыми решениями в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в методах и средствах НК, вопросах расчетов режимов контроля и давать им аналитическую оценку; умение разрабатывать методики НК; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.
8 (восемь)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в вопросах НК, физических основ отдельных методов, знание основных видов и типов дефектов и методах их обнаружения; знание областей использования и границ применимости различных видов и методов НК, направлений развития методов НК, особенностей зарубежных средств НК; использование научной терминологии, грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины (в том числе техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в методах и средствах НК, вопросах расчетов режимов контроля и давать им аналитическую оценку; умение разрабатывать методики НК; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.
9 (девять)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам НК, физических основ отдельных методов, знание основных видов и типов дефектов и методах их обнаружения; знание областей использования и границ применимости различных видов и методов НК, направлений развития методов НК, особенностей зарубежных средств НК; точное использование научной терминологии, грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы; полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в методах и средствах НК, вопросах расчетов режимов контроля и давать им аналитическую оценку; умение разрабатывать методики

	НК, осуществлять выбор первичных преобразователей; систематическая активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.
10 (десять)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам НК, физических основ отдельных методов, знание основных видов и типов дефектов и методах их обнаружения; знание областей использования и границ применимости различных видов и методов НК, направлений развития методов НК, особенностей зарубежных средств НК; а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; точное использование научной терминологии, грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы; полное и глубокое усвоение основной и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы; полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы по изучаемой учебной дисциплине; умение свободно ориентироваться в методах и средствах НК, в вопросах расчетов режимов контроля и давать им аналитическую оценку; умение разрабатывать методики НК осуществлять выбор первичных преобразователей; использовать научные достижения других дисциплин; творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

ПРОТОКОЛ
согласования учебной программы по дисциплине «Методы и средства
неразрушающего контроля» с другими дисциплинами специальности

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Неразрушающий контроль в производстве	НК и ТД		 N° 5 от 22.04.2015
Техническая диагностика	НК и ТД		 N° 5 от 22.04.2015