

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
**«Пермский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения Российской академии наук»
(ПФИЦ УрО РАН)**

Принято на заседании
Объединенного ученого совета
ПФИЦ УрО РАН
Протокол № 5
«23» октября 2023 г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор ПФИЦ УрО РАН
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.

О.А. Плехов

«23» октября 2023 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

«Тепловизионные методы неразрушающего контроля»

ПЕРМЬ, 2023

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Цель реализации программы.

Программа разработана в рамках реализации программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук». Целью программы является ознакомление слушателей с возможностями мультиспектральных пассивных и активных методов неразрушающего контроля и современными достижениями в области термографии.

Курс затрагивает ряд разделов физики, связанных со способами исследования дефектов материалов: основы волновой и квантовой оптики, представления о теплофизических параметрах тел и веществ, влияние электрических и магнитных полей на помещенные в них вещества и т.д. Предлагается подробное обсуждение физических основ таких методов неразрушающего контроля, как ультразвуковой контроль, радиографический контроль, капиллярный контроль, магнитный контроль, тепловой контроль, спектрометрия. В рамках изучения курса формируются представления о современных методах неразрушающего контроля и мировых достижениях в этой области. Акцент делается на тепловые методы, как одни из наиболее перспективных для технической диагностики состояния оборудования и качества продукции в таких отраслях как авиационно-космическая, автомобильная, машиностроительная, энергетическая, медицинская и др. промышленность.

1.2. Планируемые результаты обучения.

В результате освоения программы обучающийся качественно изменяет следующие компетенции:

Трудовая функция. Самостоятельное решение исследовательских задач в рамках реализации научного (научно-технического, инновационного) проекта, связанного с исследованием характеристик материалов и изделий методами неразрушающего контроля.

Трудовое действие.

Проведение исследований, направленных на решение отдельных исследовательских задач, в том числе:

- формализация, постановка и поиск пути решения исследовательских задач.
- определение информационных ресурсов, научной, опытно-экспериментальной и приборной базы, необходимых для решения исследовательских задач.
- интерпретация научных (научно-технических) результатов, полученных в ходе решения исследовательских задач.

В результате освоения программы слушатель должен:

Знать:

- основные методы неразрушающего контроля качества изделий и дефектоскопии;
- оптимальные области применения конкретных методов и границы их применимости;
- современные методы, приемы планирования эксперимента, обработки и интерпретации экспериментальных данных полученных при применении тех или иных методов неразрушающего контроля;
- Физические основы методов неразрушающего контроля.

Уметь:

- применять полученные знания при выполнении практических заданий, расчетов, осваивать вопросы, выносимые на самостоятельное изучение;
- анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач, генерировать новые идеи и оценивать потенциальные риски, связанные с их реализацией;

– подбирать методы неразрушающего контроля оптимальные для решения конкретных задач по контролю качества изделий.

Владеть:

- методами формализации задач и анализа имеющейся информации (результатов физических экспериментов);
- практическими навыками и знаниями использования результатов современных исследований в данной области;
- способностью приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии, излагать материал в ясной и доступной форме;
- навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов;
- навыками критической оценки эффективности различных методов неразрушающего контроля;

1.3. Категория слушателей

К освоению дополнительной профессиональной программы повышения квалификации допускаются лица, имеющие высшее образование - специалитет, магистратура, а также высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации (аспирантура и докторантура). Приоритет при реализации программы отдаётся специалистам, участвующим в создании и развитии научного центра мирового уровня «Сверхзвук».

1.4. Трудоемкость обучения

Срок освоения программы повышения квалификации составляет 36 ч.

1.5. Форма обучения

Форма обучения - очная.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план

№	Наименование разделов, дисциплин	Общая трудоемкость, ч	Всего ауд., ч	Аудиторные занятия, ч		Итоговая аттестация	СР, в т.ч. КСР, ч	Форма контроля
				Лекции и	Практические занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Введение.	1	1	1	-	-	-	-
1.	Классификация методов неразрушающего контроля.	2	1	1			1	
2.	Виды дефектов и способы их детектирования	4	2	2	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
3.	Физические основы методов	4	2	2	-	-	2	<i>текущий контроль</i>

	неразрушающего контроля.							
4.	Капиллярные методы дефектоскопии и течеискание	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
5.	Оптические и акустические методы неразрушающего контроля.	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
6.	Методы контроля качества с применением электрических и магнитных полей	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
7.	Приборы, реализующие различные методы контроля	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
8.	Тепловые методы неразрушающего контроля: тепловизионный контроль, контроль теплопроводности. Контроль температуры, контроль плотности тепловых потоков.	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
9.	Тепловизионные методы исследования в фундаментальной и прикладной науке	3	2	2	-	-	1	<i>текущий контроль</i>
10.	Комбинированные методы неразрушающего контроля, как способ повысить эффективность диагностики. Мультиспектральные методы.	3	1	1			2	<i>текущий контроль</i>
	Итоговая аттестация	4	-	-	-	4	-	<i>зачет</i>
	Итого:	36	14	14	-	4	18	

Учебно-тематический план

№	Наименование разделов, дисциплин, тем	Общая трудоемкость, ч	Всего ауд., ч	Аудиторные занятия, ч		Итоговая аттестация	СР, ч, в т.ч. КСР, ч	Форма контроля
				Лекции	Практические занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Введение.	1	1	1	-		-	-
1.	Классификация методов неразрушающего контроля.	2	1	1	-		1	<i>текущий контроль</i>
1.1	Общая характеристика методов неразрушающего контроля: Капиллярные, оптические, звуковые, радиографические, тепловые и т.д.	2	1	1	-	-	1	<i>текущий контроль</i>
2.	Виды дефектов и способы их детектирования	4	2	2	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
2.1	Дефекты в твердых телах (вакансии, поры, дислокации, микротрещины).	2	1	1	-	-	1	<i>текущий контроль</i>
2.2	Методы наиболее эффективные для распознавания дефектов разных типов в разных условиях и границы их применимости	2	1	1	-	-	1	<i>текущий контроль</i>
3.	Физические основы методов неразрушающего контроля.	4	2	2	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
3.1	Волновая и корпускулярная оптика. Интерференция волн. Излучение, поглощение и отражение света. Тепловое излучение. Абсолютно черное тело.	2	1	1	-	-	1	<i>текущий контроль</i>
3.2	Капиллярные явления. Звуковые волны. Строение атома и атомного ядра,	2	1	1	-	-	1	<i>текущий контроль</i>

	радиоактивность. Электрические и магнитные поля в вакууме и в веществе							
4.	Капиллярные методы дефектоскопии и течеискание	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
4.1	Поведение смачивающей и не смачивающей жидкости в трещине. Сорбция, диффузия. Цветной и люминесцентный методы капиллярного контроля. Течеискание, физические основы и принципы действия приборов.	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
5.	Оптические и акустические методы неразрушающего контроля.	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
5.1	Применение оптических устройств для контроля качества. Эндоскопы. Фотометрические методы. Интерференционные методы. Радиационные методы. Методика акустического контроля примеры акустического контроля.	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
6.	Методы контроля качества с применением электрических и магнитных полей	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
6.1	Технология проведения магнитного контроля. Регистрация дефектов при магнитопорошковом контроле. Токовихревой контроль. Технология проведения токовихревого контроля	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
7.	Приборы, реализующие различные методы контроля	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>

7.1	Схема работы эндоскопа, Вихретоковые преобразователи, конструкции ультразвуковых преобразователей, импульсный ультразвуковой дефектоскоп, импедансный дефектоскоп	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
8.	Тепловые методы неразрушающего контроля.	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
8.1	Тепловизионный контроль, контроль теплопроводности, контроль температуры, контроль плотности тепловых потоков.	3	1	1	-	-	2	<i>текущий контроль</i>
9.	Тепловизионные методы исследования в фундаментальной и прикладной науке	3	2	2	-	-	1	<i>текущий контроль</i>
9.1	Определение теплофизических параметров тел тепловизионными методами.	2	1	1	-	-	1	<i>текущий контроль</i>
9.2	Применение тепловизионных методов в научных исследованиях.	1	1	1	-	-	-	<i>текущий контроль</i>
10.	Комбинированные методы неразрушающего контроля, как способ повысить эффективность диагностики. Мультиспектральные методы.	2	1	1			1	<i>текущий контроль</i>
10.1	Комбинированные методы неразрушающего контроля, как способ повысить эффективность диагностики. Мультиспектральные методы.	2	1	1			1	<i>текущий контроль</i>
	Итоговая аттестация	4				4		<i>зачет</i>
	Итого:	36	14	14		4	18	

2.2.Календарный учебный график

№ п/п	День проведения занятия	Форма занятия	Кол-во часов	Тема занятия	Форма контроля
1.	1	очно	3	Введение. Тема 1, 2	Текущий контроль
2.	2	очно	3	Тема 2, 3	Текущий контроль
3.	3	очно	3	Тема 4, 5, 6	Текущий контроль
4.	4	очно	3	Тема 7, 8, 9	Текущий контроль
5.	5	очно	2	Тема 9,10	Текущий контроль
6.	6	очно	4	итоговая аттестация	Зачет

2.3.Рабочая учебная программа дисциплины «Тепловизионные методы неразрушающего контроля».

Введение.

Л – 1 ч.

Организация учебного процесса. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Задачи неразрушающего контроля в разных отраслях. История развития методов неразрушающего контроля.

Раздел 1.

Л – 13 ч., СР – 22 ч.

Тема 1. Критерии классификации методов неразрушающего контроля. Общая характеристика методов.

Тема 2. Дефекты в твердых телах (вакансии, поры, дислокации, микротрещины). Методы наиболее эффективные для распознавания дефектов разных типов в разных условиях и границы применимости методов.

Тема 3. Волновая и корпускулярная оптика. Интерференция волн. Излучение, поглощение и отражение света. Тепловое излучение. Абсолютно черное тело. Капиллярные явления. Звуковые волны. Строение атома и атомного ядра, радиоактивность. Электрические и магнитные поля в вакууме и в веществе

Тема 4. Поведение смачивающей и не смачивающей жидкости в трещине. Сорбция, диффузия. Цветной и люминесцентный методы капиллярного контроля. Течеискание, физические основы и принципы действия приборов.

Тема 5. Применение оптических устройств для контроля качества. Эндоскопы. Фотометрические методы. Интерференционные методы. Радиационные методы. Методика акустического контроля примеры акустического контроля.

Тема 6. Технология проведения магнитного контроля. Регистрация дефектов при магнитопорошковом контроле. Токовихревой контроль. Технология проведения токовихревого контроля.

Тема 7. Схема работы эндоскопа, Вихретоковые преобразователи, конструкции ультразвуковых преобразователей, импульсный ультразвуковой дефектоскоп, импедансный дефектоскоп.

Тема 8. Тепловизионный контроль, контроль теплопроводности, контроль температуры, контроль плотности тепловых потоков.

Тема 9. Определение теплофизических параметров тел тепловизионными методами. Применение тепловизионных методов в научных исследованиях.

Тема 10. Комбинированные методы неразрушающего контроля, как способ повысить эффективность диагностики. Мультиспектральные методы.

Перечень лабораторных работ и практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено.

3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций по образовательной программе.

В процессе изучения тем по данной образовательной программе используются современные образовательные технологии (критическое мышление, проблемное обучение и др.) и информационно-коммуникационные технологии как в проведении лекционных занятий, так и в самостоятельной работе слушателей. Применение технологий и их сочетание определяется преподавателями, ведущими обучение по темам программы, самостоятельно.

3.1. Учебно-методическое обеспечение программы

В учебном процессе используются

- электронные ресурсы:
 - каталог ГОСТ <http://www.internet-law.ru/gosts/>
 - официальный сайт журнала Дефектоскопия <http://defectoskopiya.ru/index>
 - электронная библиотека диссертаций РГБ <http://diss.rsl.ru>
 - научная электронная библиотека РИНЦ (Elibrary) <http://elibrary.ru>
 - научная электронная библиотека ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com/>
 - научная электронная библиотека Elsevier <https://www.elsevier.com>
 - университетская информационная система Россия <https://uisrussia.msu.ru/>
 - университетские библиотеки г. Перми:

<http://biblioclub.ru/>

<http://pspu.ru/university/biblioteka/jelektronnye-resursy-biblioteki>

<https://perm.hse.ru/library/>

<http://biblioteki.perm.ru/main/index.html?id=34>

- наукометрическая и реферативная база данных Scopus <https://www.scopus.com>

- национальная электронная библиотека <https://нэб.рф>

- учебные издания:

- Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учебник для вузов / Н. П. Алешин. Москва : Машиностроение, 2013. -574с

- Каневский И.Н., Сальникова Е.Н. Методы неразрушающего контроля/ Учебное пособие. Изд-во ДВГТУ, 2007.-242с.

- Нестерук Д.А., Вавилов В.П. Тепловой контроль и диагностика/ учебное пособие. Томский политехнический университет, 2010.

- Алешин Н.П., Бобров В.Т., Ланге Ю.В., Щербинский В.Г. Ультразвуковой контроль. Под общей редакцией академика РАН В.В. Клюева. Серия "ДИАГНОСТИКА БЕЗОПАСНОСТИ"/ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ. Издательский дом "Спектр" 2011. Издание: 1-е. - 224 стр.

- Туробов Б.В. Визуальный и измерительный контроль/ Под общей редакцией академика РАН В.В. Клюева. Серия "ДИАГНОСТИКА БЕЗОПАСНОСТИ"/ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ. Издательский дом "Спектр" - 2011. Издание: 1-е.- 224 стр.

- Герасимов В.Г.,Клюев В.В., Шатерников В.Е. Методы и приборы электромагнитного контроля. Под редакцией В.Е. Шатерникова. Изд. ООО "Издательский дом "Спектр", 2010. Издание: 1-е. 256 стр.

- Орлов А.Н. Введение в теорию дефектов в кристаллах. М. Высшая школа, 1983 с. 144

- Владимиров В.И. Физическая природа разрушения металлов. М.: Металлургия, 1984, 280 с.
http://stanok-online.ru/uploads/files/1348459818_physprirrazrush.zip

- Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 1. – С.-Пб.: Издательство «Лань», 2007 г.

- Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 2. – С.-Пб.: Издательство «Лань», 2007 г.

- Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 3. – С.-Пб.: Издательство «Лань», 2007 г.

- Харанжевский Е.В., Кривилёв М.Д. Физика лазеров, лазерные технологии и методы математического моделирования лазерного воздействия на вещество. Учебное пособие. Под общей редакцией П.К. Галенко. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2011. 187 с.
<https://core.ac.uk/download/pdf/235140077.pdf>

- Косевич А.М. Основы механики кристаллической решетки. Изд-во «Наука», М., 1972. 280с.

- периодические издания

- журнал «Вычислительная механика сплошных сред» <http://www2.icmm.ru/journal/cont.htm>
- журнал «Известия РАН. Механика твердого тела», <http://mtt.ipmnet.ru/ru>
- журнал «Известия РАН. Механика жидкости и газа», <http://mzg.ipmnet.ru/ru>
- вестник ПНИПУ. «Механика» журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет; Под ред. А. А. Ташкинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2012 г., <http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/>
- вестник ПГНИУ. «Физика» журнал / Пермский государственный национальный исследовательский университет; Под ред. В. А. Дёмина. - Пермь: Изд-во ПГНИУ, с 2016 г., <http://press.psu.ru/index.php/phys/index>

3.2. Материально-технические условия

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Лекционная мультимедийная аудитория	лекция	компьютер, мультимедийный проектор, экран, меловая (или маркерная) доска, набор фломастеров-маркеров

3.3. Кадровое обеспечение

Кадровое обеспечение ДПП повышения квалификации реализуется сотрудниками НЦМУ «Сверхзвук» ПФИЦ УрО РАН.

Состав итоговой аттестационной комиссии (ИАК) по программе формируется из числа педагогических и научных работников Центра, ведущих специалистов и практиков предприятия, а также лиц, приглашаемых из сторонних организаций: специалистов предприятий, учреждений и организаций по профилю осваиваемой слушателями программы.

4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

4.1. Формы аттестации

Контроль успеваемости обучающихся включает в себя целенаправленный систематический мониторинг освоения слушателями программы повышения квалификации в целях:

- получения необходимой информации о выполнении слушателями дополнительной профессиональной программы повышения квалификации,
- оценки уровня знаний, умений и приобретенных (усовершенствованных) слушателями компетенций;
- стимулирования самостоятельной работы слушателей.

Текущий контроль – устный опрос и защита отчета по творческому заданию.

Примерные вопросы **итоговой аттестации** приводятся в разделе «Оценочные материалы».

Итоговая аттестация для слушателей проводится итоговой аттестационной комиссией (ИАК) в соответствии с «Порядком проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации при освоении ДПП».

Освоение дополнительной профессиональной программы повышения квалификации завершается итоговым зачетом в форме собеседования и устных ответов на вопросы, согласно перечню контрольных вопросов по программе «Тепловизионные методы неразрушающего контроля». Оценка качества освоения программы осуществляется ИАК на основе двухбалльной системы оценок (зачтено/незачтено) по основным темам программы.

Лицам, успешно освоившим программу профессиональной переподготовки, получившим на итоговой аттестации оценку «зачтено», выдается документ о повышении квалификации – удостоверение о повышении квалификации. Лицам, не прошедшим итоговую аттестацию или получившим на итоговой аттестации оценку «незачтено», а также лицам, освоившим часть программы профессиональной переподготовки и (или) отчисленным в ходе освоения дополнительной профессиональной программы, выдается справка об обучении.

4.2. Оценочные материалы

Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на итоговом зачете по программе:

1. Современные представления о механизмах разрушения, роли дефектов, микро- и мезоскопическими механизмами развития поврежденности.
2. Дефекты в твердых телах (вакансии, поры, дислокации, микротрещины).
3. Классификация методов неразрушающего контроля.
4. Волновая оптика. Интерференция света.
5. Корпускулярная оптика. Тепловое излучение. Абсолютно черное тело.
6. Капиллярные явления.
7. Строение атома и атомного ядра, радиоактивность.
8. Электрические и магнитные поля в вакууме и в веществе.
9. Методы капиллярного контроля качества.
10. Применение оптических устройств для контроля качества. Эндоскопы. Фотометрические методы. Интерференционные методы.
11. Радиационные методы неразрушающего контроля.
12. Методика акустического контроля примеры акустического контроля.
13. Технология проведения магнитного контроля. Регистрация дефектов при магнитопорошковом контроле.
14. Токовихревой контроль. Технология проведения токовихревого контроля.
15. Схема работы эндоскопа. Вихретоковые преобразователи, конструкции ультразвуковых преобразователей, импульсный ультразвуковой дефектоскоп, импедансный дефектоскоп.
16. Тепловизионный контроль, контроль теплопроводности, контроль температуры, контроль плотности тепловых потоков.
17. Определение теплофизических параметров тел тепловизионными методами.
18. Комбинированные методы неразрушающего контроля, как способ повысить эффективность диагностики. Мультиспектральные методы.

Типовые контрольные вопросы для оценивания умений и владений на итоговом зачете по программе:

1. Для каких материалов возможно использование методов токовихревого контроля? Определите рабочую частоту при использовании накладного датчика диаметром 5 мм, расположенного на изделии из сплава серебра, для контроля электропроводности ($\sigma = 70 \cdot 10^6$ см*м, $\mu_r \approx 1$)

2. В металлической панели шириной $W = 250$ мм обнаружена сквозная поперечная трещина длиной $2a = 22$ мм. Панель нагружена растягивающей силой $P = 18$ кН. Вязкость разрушения материала равна $K_{IC} = 60$ МПа·м^{0,5}, а КИН определяется формулой

$$K = \frac{P}{Wt} \sqrt{a} \cdot Y$$
$$Y = 1,77 + 0,227 \left(\frac{2a}{W} \right)$$

Определить для какой ширины панели обнаруженная трещина является безопасной.

3. Как изменяется плотность вихревых токов с глубиной? Определите рабочую частоту при использовании внутреннего проходного датчика диаметром 5 мм для контроля электропроводности титанового патрубка (удельное электрическое сопротивление $0,42 \cdot 10^{-4}$ Ом*см, $\mu_r = 1,000161$).

4. Сопоставьте критерии эффективности магнитного и токовихревого МНК.

5. Запишите схему распада радиоактивного изотопа ${}^{226}_{88}\text{Ra}$.

6. Запишите аналитическое выражение для определения коэффициента прозрачности по амплитуде при нормальном падении звуковой волны через импедансы сред. Определите первый критический угол для границы вода – сталь. Скорости звука в углеродистой стали – продольная волна 5850 м/с, поперечная 3230 м/с.

7. Длинная железная труба внутренним диаметром $d = 30$ см, длиной 200 м и толщиной стенок $b = 0,5$ см расположена горизонтально. Концы трубы перекрыты. Труба заполнена водой, причем разность давлений воды и наружного воздуха равна $4,9 \cdot 10^6$ Па. Какой объем воды вытечет из трубы, если по верхней линии ее стенки образуется трещина?

8. Принцип действия счетчика Гейгера-Мюллера.

9. Площадь S , ограниченная графиком зависимости испускательной способности $r_{\lambda, T}$ абсолютно чёрного тела от длины волны, при переходе от термодинамической температуры T_1 к температуре T_2 увеличилась в 5 раз. Определите, как изменится при этом длина волны, соответствующая максимуму испускательной способности чёрного тела.

10. В капиллярной трубке радиусом 0,5 мм жидкость поднялась на высоту 11 мм. Оценить плотность данной жидкости, если ее коэффициент поверхностного натяжения равен 22 мН/м.

11. Образец радиоактивного радона ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ содержит 10^{10} радиоактивных ядер с периодом полураспада 3,825 суток. Сколько ядер распадается за сутки?

12. На стеклянный клин нормально к поверхности падает пучок света ($\lambda = 582$ нм). Угол клина равен $20''$. Какое число интерференционных полос приходится на единицу длины клина? Показатель преломления стекла равен 1,5.

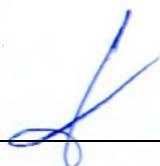
13. Кусок железа внесли в магнитное поле напряженностью $H=10^4$ А/м. Индукция поля равна 1.5 Тл. Определите магнитную проницаемость и магнитную восприимчивость.

Методические материалы и фонды оценочных средств представлены в приложении к дополнительной профессиональной программе повышения квалификации «Тепловизионные методы неразрушающего контроля».

5. СОСТАВИТЕЛИ ПРОГРАММЫ

Составитель программы:

м. н. с. «ИМСС УрО РАН»,
к. ф.-м. н.


_____ Р.Р. Саби́ров

Руководитель лаборатории «Прочность и интеллектуальные конструкции» НЦМУ «Сверхзвук»
академик РАН, д.т.н.


_____ В. П. Матвее́нко
подпись

Руководитель структурного подразделения:
Директор «ИМСС УрО РАН»
д.ф.-м.н.


_____ А.И. Мизе́в
подпись

