

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 06-2013 и учебного плана № G-31-142/уч от 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Ю.А. Данилович – доцент кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

Н.И. Поляк – доцент кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

Н.Н. Черенда – доцент кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТ:

О.В. Гусакова — доцент кафедры ядерной и радиационной безопасности Международного государственного экологического института им. А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики твердого тела физического факультета Белорусского государственного университета

(протокол №12 от 24 05 2022 г.);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 10 от 26 05 2022 г.);

Заведующий кафедрой 

В.В. Углов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Лаборатория специализации (Неразрушающий контроль и методы механических испытаний конструкционных материалов)» разработана для специальности 1-31 04 06 Ядерные физика и технологии в соответствии с требованиями образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 06-2013 специальности 1-31 04 06 Ядерные физика и технологии, введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 №88.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины — практическое ознакомление студентов с основными методами неразрушающего контроля и методами механических испытаний материалов.

Основные задачи учебной дисциплины — изучение основных методов неразрушающего контроля и методов механических испытаний конструкционных материалов, изучение основных методик определения их характеристик и свойств, формирование у студентов навыков самостоятельной работы на современном оборудовании. Данные задачи выполняются непосредственно при выполнении лабораторных работ, при самостоятельной работе с технической литературой, учебными пособиями, справочниками, ГОСТами.

Интенсивно развивающиеся отрасли науки и техники напрямую связаны с необходимостью контроля структуры и свойств материалов, работающих в экстремальных условиях, в том числе при высоких температурах, в агрессивных коррозионных средах, при радиационном воздействии, что позволяет определять оставшийся ресурс и надежность механизмов и узлов. Это задача особенно актуальна при воздействии на материалы сразу нескольких неблагоприятных факторов, например, для конструкционных материалов ядерных реакторов. Именно поэтому вопросам подготовки специалистов в этой области необходимо уделять пристальное внимание.

В учебной дисциплине выполняются лабораторные работы, позволяющие студентам освоить современные методы неразрушающего контроля и методы механических испытаний материалов. Основное внимание уделено особенностям, преимуществам и недостаткам того или иного метода, областям его применения, а также методикам расчета различных характеристик по первичным результатам. Кратко описаны соответствующие машины и приборы.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к **циклу** дисциплин специализаций компонента учреждения высшего образования.

Связь учебной дисциплины «Лаборатория специализации (Неразрушающий контроль и методы механических испытаний конструкционных материалов)» с учебными дисциплинами «Методы механических испытаний материалов», «Конструкционные материалы ядерных реакторов» и «Физика не-

разрушающего контроля (часть 2)» состоит в использовании и развитии теоретических знаний, изложенных в данных курсах, для их практического освоения при выполнении лабораторных работ. Знания, полученные при изучении учебной дисциплины «Лаборатория специализации (Неразрушающий контроль и методы механических испытаний конструкционных материалов)» будут использованы при выполнении курсовых и дипломных работ

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные положения и представления современной теории механических свойств;
- основные методы неразрушающего контроля материалов;
- основные методы механических испытаний материалов;
- методики определения характеристик материалов в методах неразрушающего контроля и методах механических испытаний;
- преимущества и недостатки методов испытаний;
- влияние условий испытаний на определяемые характеристики;

уметь:

- применять экспериментальные методы измерения характеристик физических и механических свойств материалов;
- осуществлять подбор наиболее эффективных методов исследования, в том числе и взаимодополняющих, при решении поставленных задач;
- работать самостоятельно и повышать свой профессиональный уровень;

владеть:

- методами измерения физических и механических свойств металлов;
- навыками использования приборов при измерении физических и механических свойств;
- навыками по подготовке образцов для измерения физических и механических свойств металлов.
- организовывать и проводить экспериментальные исследования используемых материалов;
- пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, научно-технической и патентной литературой;
- осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям и проектам;
- организовывать свой собственный труд и взаимодействие с другими исполнителями;
- взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Лаборатория специализации (Неразрушающий контроль и методы механических испытаний конструкционных материалов)» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций.

Академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-технические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

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

Социально-личностные компетенции:

СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-4. Владеть навыками здорового образа жизни.

Профессиональные компетенции:

ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ ядерной физики и ядерных технологий, ядерно-физических методов исследования, методов измерения физических величин, методов автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, научно-педагогической, производственно-технической, опытноконструкторской работы в области ядерно-физических технологий и атомной энергетики.

ПК-3. Пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.

ПК-5. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-технической работы.

ПК-9. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

ПК-10. Пользоваться государственными языками Республики Беларусь и иными иностранными языками как средством делового общения.

ПК-12. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиями, проектам и решениям.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 9 семестре дневной формы получения высшего образования. Всего на изучение учебной дисциплины «Лаборатория специализации (Неразрушающий контроль и методы механических испытаний конструкционных материалов)» отведено 124 часа, в том числе 80 аудиторных часов, из них: лабораторные занятия - 80 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3,5 зачетных единиц.

Форма итоговой аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Методы измерения твердости. Лабораторная работа № 1.

Работа заключается в освоении статических методов определения твердости по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу, ознакомлении с устройством и принципом работы прибора для измерения твердости HBRVU-187.5. Приобретаются навыки по измерению твердости.

Тема 2. Измерение микротвёрдости металлов и сплавов. Лабораторная работа № 2.

Работа заключается в изучении метода определения микротвёрдости по Виккерсу, ознакомлении с устройством и принципом работы прибора для измерения микротвердости DHV-1000. Приобретаются навыки по измерению микротвердости.

Тема 3. Определение физико-механических характеристик материалов при инструментальном индентировании. Лабораторная работа № 3.

Работа заключается в изучении метода инструментального индентирования, определении основных механических характеристик материалов этим методом, ознакомлении с устройством и принципом работы динамического ультрамикротвердомера SHIMADZU DUN 202. Приобретаются навыки по измерению механических характеристик методом инструментального индентирования.

Тема 4. Механизмы упрочнения металлов и сплавов. Лабораторная работа № 4.

Работа заключается в изучении механизмов упрочнения металлов и установлении взаимосвязи микротвердости и прочностных характеристик, ознакомлении с устройством и принципом работы микротвердомера MVD 402 Wilson Instrument. Изучаются зернограничное и твердостворные механизмы упрочнения. Определяются коэффициенты пропорциональности в зависимости микротвердости от предела текучести.

Тема 5. Микротвердость сплавов при старении. Лабораторная работа № 5.

Работа заключается в изучении процесса старения и влияния температуры и времени старения на микротвердость дюралюминия.

Тема 6. Определение коэффициента трения скольжения. Лабораторная работа № 6.

Работа заключается в изучении явления трения, изучении влияния твердости сталей на коэффициент трения скольжения, освоении методики и приобретении практических навыков определения коэффициента трения, ознакомлении с устройством и принципом работы трибометра ТАУ1М.

Тема 7. Определение параметров шероховатости поверхности. Лабораторная работа № 7.

Работа заключается в изучении параметров, характеризующих шероховатость поверхности, изучении влияния параметров шероховатости на коэффициент трения скольжения, освоении методики и приобретения практические

ских навыков определения параметров шероховатости поверхности, ознакомления с устройством и принципом работы профилометра MarSurf SD 26.

Тема 8. Оценка характеристик изнашивания. Лабораторная работа № 8.

Работа заключается в изучении основных видов изнашивания, освоении методики определения характеристик изнашивания и их оценке для различных материалов.

Тема 9. Магнитопорошковый контроль. Лабораторная работа № 9.

Работа заключается в изучении метода магнитопорошкового контроля элементов оборудования и сварных соединений, освоении принципов выбора методов намагничивания и проведения контроля, ознакомления с образцами оборудования и нормативными документами, регулирующими проведение данного вида контроля.

Тема 10. Радиографический контроль. Лабораторная работа № 10.

Работа заключается в освоении методики расшифровки пленок рентгеновского контроля сварных соединений и соотнесении радиографических изображений с реальными видами дефектов, изучении стандартов записи дефектов.

Тема 11. Ультразвуковая толщинометрия. Лабораторная работа № 11.

Работа заключается в изучении дефектов, образующихся на поверхности к которой ограничен доступ в процессе эксплуатации изделия с помощью ультразвуковой толщинометрии – обнаружение язвенной коррозии, утонение изделия.

Тема 12. Ультразвуковой контроль прямым преобразователем (контроль кубиков). Лабораторная работа № 12.

Работа заключается в изучении современного оборудования ультразвукового контроля и освоении принципов его настройки и эксплуатации, получении практических навыков поиска и идентификации дефектов эхо методом с использованием прямого преобразователя.

Тема 13. Ультразвуковой контроль наклонным преобразователем (контроль брусков). Лабораторная работа № 13.

Работа заключается в изучении современного оборудования ультразвукового контроля и освоении принципов его настройки и эксплуатации, получении практических навыков поиска и идентификации дефектов эхо методом с использованием наклонного преобразователя.

Тема 14. Контроль состояния поверхности основного металла и сварных соединений. Лабораторная работа № 14.

Работа заключается в изучении видов дефектов, образующихся на поверхности изделия в процессе обработки или сварки с использованием различных методов визуально-измерительного контроля: визуальный контроль

поверхности, контроль скрытых полостей или поверхностей с ограниченным доступом с использованием видеоэндоскопа.

Тема 15. Капиллярный контроль. Лабораторная работа № 15.

Работа заключается в обнаружении дефектов на поверхности изделий с помощью капиллярного контроля, освоении методики проведения контроля и предотвращения появления ошибочных результатов при нарушении технологии проведения контроля, ознакомлении с современными средствами контроля.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
 Дневная форма получения образования

Номер раздела	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Методы измерения твердости. Лабораторная работа № 1.				6		[1, 2, 3]	Отчет, устный опрос, дискуссия
2	Измерение микротвёрдости металлов и сплавов. Лабораторная работа № 2.				6		[1, 2, 3, 4]	Отчет, устный опрос, дискуссия
3	Определение физико-механических характеристик материалов при инструментальном индентировании. Лабораторная работа № 3.				6		[3, 5, 6]	Отчет, устный опрос, дискуссия
4	Механизмы упрочнения металлов и сплавов. Лабораторная работа № 4.				6		[2, 3, 7, 8]	Отчет, устный опрос, дискуссия
5	Микротвердость сплавов при старении. Лабораторная работа № 5.				6		[3, 9]	Отчет, устный опрос, дискуссия
6	Определение коэффициента трения скольжения. Лабораторная работа № 6.				6		[3, 9, 10]	Отчет, устный опрос, дискуссия
7	Определение параметров шероховатости поверхности. Лабораторная работа № 7.				6		[3, 11, 12]	Отчет, устный опрос, дискуссия
8	Оценка характеристик изнашивания. Лабораторная работа № 8.				6		[3, 9, 10]	Отчет, устный опрос, дискуссия
9	Магнитопорошковый контроль. Лабораторная работа № 9.				4		[13, 15, 16]	Отчет, устный опрос, дискуссия
10	Радиографический контроль. Лабораторная работа № 10.				4		[14, 18,	Отчет, устный

							23]	опрос, дискуссия
11	Ультразвуковая толщинометрия. Лабораторная работа № 11.				4		[15, 16]	Отчет, устный опрос, дискуссия
12	Ультразвуковой контроль прямым преобразователем (контроль кубиков). Лабораторная работа № 12.				6		[15, 16]	Отчет, устный опрос, дискуссия
13	Ультразвуковой контроль наклонным преобразователем (контроль брусков). Лабораторная работа № 13.				6		[15, 16]	Отчет, устный опрос, дискуссия
14	Контроль состояния поверхности основного металла и сварных соединений. Лабораторная работа № 14.				4		[20, 24]	Отчет, устный опрос, дискуссия
15	Капиллярный контроль. Лабораторная работа № 15.				4		[14, 19]	Отчет, устный опрос, дискуссия
	Всего Форма текущей аттестации				80			Зачет

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Григорович В.К. Твердость и микротвердость металлов. М. Наука 1976г. 232 с.
2. В.С. Золоторевский. Механические испытания и свойства металлов. Москва: металлургия. – 304 с.
3. Н.Н. Черенда, Н.И. Поляк, В.И. Шиманский. Методы механических испытаний материалов: пособие. Минск. БГУ. 2017.
4. ГОСТ 9450-76. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников.- Издательство стандартов, Москва. -1993. 34 с
5. Дуб С.Н. Испытания пленок на нанотвердость – Тонкие пленки в электронике, Харьков, 2003- 333-349 с.
6. ГОСТ Р 8.748-2011 Металлы и сплавы. Измерение твердости и других характеристик материалов при инструментальном индентировании. .- Стандартинформ, Москва. -2013. 28 с
7. М.Л. Бернштейн, В.А. Займовский. Механические свойства металлов. Москва: металлургия, 1979. – 496 с.
8. И.И. Чернов, В.В. Углов, Б.А. Калинин, М.С. Стальцов, А.В. Тенишев, Н.Н.Черенда. Конструкционные и функциональные материалы ядерных энергетических установок: учебное пособие. Минск: Вышэйшая школа, 2021
9. Алюминий и его сплавы: Учебное пособие / Сост. А.Р.Луц, А.А. Суслина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 81 с.:ил.
10. Балакин В.А. Основы прочности поверхностного слоя (Трение и износ). Уч.пособие.Гомельский государственный университет, 1974 г., 242 с.
11. Кирпиченко Ю.Е., Трофименко А.Ф. Основы трибологии: Теория. Лабораторный практикум. Упражнения.— Гомель.: Инфотрибо, 1995. —224 с.
12. Комбалов В.С. Влияние шероховатости твердых тел на трение и износ. М., «Наука», 1974, 112 с.
13. Табенкин А.Н., Тарасов СБ., Степанов СИ. Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт/ Под ред. канд. техн. наук Н.А. Табачниковой. СПб.: Изд-во Политехн, ун-та, 2007, 136 с.
14. Неразрушающий контроль. Справочник. В 8 т. Под общ. ред. В. В. Клюева. – М,: Машиностроение, 2003-2005.
15. Алешин Н. П., Бобров В. Т., Ланге Ю. В., Щербинский В. Г. Ультразвуковой контроль: учебное пособие/ под общ. ред. В. В. Клюева. М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 224 с.
16. Бакунов А. С., Горкунов Э. С., Щербинин В. Е. Магнитный контроль учебное пособие/ под общ. ред. В. В. Клюева. М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 192 с.

17. Шелихов Г. С., Глазков Ю. А. Магнитопорошковый контроль учебное пособие/ под общ. ред. В. В. Клюева. М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 183 с.
18. Артемьев Б.В., Буклей А.А. Радиационный контроль: учебное пособие/ под общ. ред. В. В. Клюева. М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 192 с.
19. Прохоренко П. П. Физические основы и средства капиллярной дефектоскопии: учебное пособие/ П. П. Прохоренко, Н. П. Мигун, И. В. Стойчева. Минск: БНТУ, 2007.- 263с.
20. Туробов Б.В. Визуальный и измерительный контроль: учебное пособие/ под общ. ред. В. В. Клюева. М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 224 с.
21. Герасимова А. Г. Контроль и диагностика тепломеханического оборудования ТЭС и АЭС: учебное пособие/ А. Г. Герасимова. – Минск: Выш. шк., 2011. – 272 с.
22. Лупачев, В.Г. Ручная дуговая сварка: учебник. — Минск: Вышэйшая школа, 2014. — 416 с.
23. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод. М. Изд. Стандартов, 1982, - 18 с.
24. Инструкция по визуальному и измерительному контролю (РД 03-606-03). Серия 03 . Выпуск 39 / Колл. авт. - М .: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004.

Перечень дополнительной литературы

1. ГОСТ 9012-59. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю.
2. ГОСТ 9013-59. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Роквеллу.
3. ГОСТ 2999-75. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу.
4. ГОСТ 9450-76. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников.
5. ГОСТ Р ИСО 4545-1-2015. Материалы металлические. Определение твердости по Кнупу. Ч. 1. Метод испытания.
6. ГОСТ Р 8.748-2011. Металлы и сплавы. Измерение твердости и других характеристик материалов при инструментальном индентировании.
7. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
8. ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения.
9. ГОСТ 23.002-78. Обеспечение износостойкости изделий. Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения.

10.ГОСТ 27640-88. Материалы конструкционные и смазочные. Методы экспериментальной оценки коэффициента трения.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования оценки текущей успеваемости

Формой текущей аттестации по дисциплине «Лаборатория специализации (Неразрушающий контроль и методы механических испытаний конструкционных материалов)» учебным планом предусмотрен зачет.

Текущий контроль знаний по дисциплине проводится во время лабораторных занятий.

Оценка текущей успеваемости по дисциплине в семестре находится как средневзвешенное из оценок, полученных за выполнение каждой из лабораторных работ.

В случае неявки на лабораторные работы по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить их в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой занятие может быть проведено повторно.

Отчеты по лабораторным работам проводятся в форме устного опроса. Вопросы формулируются в форме, подразумевающей не только краткий ответ, но и возможность краткого обоснования данного ответа. Каждая работа оценивается по десятибалльной системе.

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все лабораторные работы с представлением письменных отчетов и защитившие отчеты по лабораторным работам на удовлетворительные оценки.

Перечень рекомендуемых вопросов к отчету по лабораторным работам

1. Что называется твердостью материала?
2. Какие методы измерения твердости существуют?
3. Какие инденторы используются в основных методах измерения твердости?
4. Охарактеризуйте способы определения твердости:
5. - в зависимости от временного характера приложения нагрузки и измерения сопротивления вдавлению индентора;
6. - по принципу приложения нагрузки.
7. Каким методом определяют твердость сталей, черных и цветных металлов?
8. Как влияет шероховатость поверхности образцов на результаты измерения твердости различных материалов?
9. Что означает:
 - а) 250 HB 5/750; 575 HBW 2,5/187,5/30;
 - б) 90 HRA, 80 HRB, 55 HRC;

в) 220 HV 10/40?

10. Что называется микротвердостью материала?
11. В каких случаях применяется метод измерения микротвердости?
12. Какие факторы влияют на результаты измерения микротвердости?
13. Чем определяется выбор испытательной нагрузки на индентор?
14. Как проводится подготовка поверхности к проведению измерения микротвердости?
15. Как проводится измерение микротвердости?
16. В чем заключается метод инструментального индентирования?
17. Какие характеристики позволяет определить метод инструментального индентирования?
18. Какие факторы влияют на достоверность проведения испытаний в методе инструментального индентирования?
19. Что такое нулевая точка при инструментальном индентировании?
20. Как определяют величины H_M , H_{IT} ?
21. Как по $F-h$ -диаграмме можно оценить:
 22. - модуль упругости при индентировании E_{IT} ,
 23. - ползучесть при индентировании C_{IT} ,
 24. - пластическую и упругую составляющие работы при инструментальном индентировании?
25. Что означает:
 - а) $E_{IT} 0,5/10/20/30=220000 \text{ Н/мм}^2$;
 - б) $H_{IT} 0,5/10/20/30=11300$;
 - в) $C_{IT} 0,5/10/50=2,5 \%$?
26. Что понимается под упрочнением материала?
27. Какие существуют основные методы создания упрочненного состояния материалов?
28. Каким образом влияет размер зерна на величину упрочнения? Сформулируйте закон Холла-Петча.
29. За счет чего достигается упрочненное состояние при формировании твердых растворов? Какие параметры структуры твердого раствора оказывают влияние на величину упрочнения?
30. Что называется микротвердостью? Как осуществляется измерение микротвердости?
31. Как связаны микротвердость и предел текучести материалов?
32. В чем заключается процесс старения?
33. Чем отличается искусственное старение от естественного?
34. Как объяснить упрочнение сплавов при старении?
35. Какие фазы формируются в системе Al-Cu при закалке и последующем старении?
36. Объясните изменение микротвердости закаленного сплава при длительной выдержке при одной температуре отжига.
37. Объясните изменение микротвердости закаленного сплава при выдержке в течение одного времени отжига при разных температурах.
38. Что такое внешнее и внутреннее трение?

39. Какие виды силы трения существуют в зависимости от величины перемещения?
40. Какие формы принимает трение движения по кинематическому признаку?
41. Назовите основные виды трения скольжения по состоянию поверхности.
42. Какие факторы влияют на коэффициент трения?
43. Какие существуют основные виды нарушения фрикционных связей?
44. Назовите и обоснуйте критерии выбора условий проведения эксперимента по определению зависимости коэффициента трения материала от его твердости.
45. Выведите зависимость коэффициента трения материала от твердости при условии внедрения в материал абсолютно жесткого сферического выступа.
46. Расскажите принцип работы трибометра.
47. Какие бывают виды отклонений от идеальной геометрической формы поверхности?
48. Какими параметрами характеризуется шероховатость поверхности?
49. Как строится опорная кривая профиля поверхности?
50. Что такое безразмерный комплекс Δ ? Каковы причины его использования для описания шероховатости поверхности?
51. Какие типы приборов, применяются для изучения топографии поверхности?
52. Как зависит коэффициент трения от высотных параметров шероховатости?
53. Назовите основные характеристики изнашивания.
54. Какие стадии изнашивания можно выделить на зависимости износа от времени?
55. Назовите основные виды изнашивания.
56. Каковы причины и основные закономерности абразивного изнашивания, адгезионного изнашивания, усталостного изнашивания?
57. Какие процессы являются причиной коррозионно-механического изнашивания, эрозийного изнашивания?
58. Как зависит износ от твердости материала, прилагаемой нагрузки и скорости скольжения?
59. Назовите основные способы уменьшения интенсивности изнашивания.
60. Назовите виды акустических волн, распространяющихся в твердом теле.
61. В каком частотном диапазоне осуществляется ультразвуковой контроль металлов?
62. Как различаются ферромагнитные материалы по своим магнитным свойствам?
63. Какие материалы можно контролировать с помощью магнитопорошкового контроля?

64. Какими методами НК можно обнаружить дефекты, расположенные в объеме контролируемого изделия?
65. Какими методами осуществляется намагничивание контролируемого изделия?
66. Назовите два способа осуществления магнитопорошкового контроля и объясните в каких случаях используется один или другой способ.
67. Какие дефекты можно обнаружить с помощью капиллярного контроля?
68. Как называются реагенты, используемые для капиллярного контроля?
69. Какие методы капиллярного контроля Вы знаете?
70. Назовите этапы проведения капиллярного контроля.
71. Какие основные виды дефектов можно зарегистрировать с помощью радиографического контроля?
72. Перечислите источники, используемые при проведении радиографического контроля.
73. Назовите виды радиационного контроля.
74. Какие дефекты обнаруживаются с помощью визуального контроля.
75. Какие виды акустических преобразователей Вы знаете?
76. Какая волна распространяется в контролируемом объекте при использовании прямого преобразователя?
77. Какая волна распространяется в контролируемом объекте при использовании наклонного преобразователя?

Примерная тематика лабораторных занятий

Занятие 1. Методы измерения твердости.

Занятие 2. Измерение микротвёрдости металлов и сплавов.

Занятие 3. Определение физико-механических характеристик материалов при инструментальном индентировании.

Занятие 4. Механизмы упрочнения металлов и сплавов.

Занятие 5. Микротвердость сплавов при старении.

Занятие 6. Определение коэффициента трения скольжения.

Занятие 7. Определение параметров шероховатости поверхности.

Занятие 8. Оценка характеристик изнашивания

Занятие 9. Магнитопорошковый контроль.

Занятие 10. Радиографический контроль.

Занятие 11. Ультразвуковая толщинометрия.

Занятие 12. Ультразвуковой контроль прямым преобразователем (контроль кубиков)

Занятие 13. Ультразвуковой контроль наклонным преобразователем (контроль брусков).

Занятие 14. Контроль состояния поверхности основного металла и сварных соединений.

Занятие 15. Капиллярный контроль.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса *используются методы и приемы развития критического мышления*, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией. Формой реализации метода может выступать подготовка устных сообщений по вопросам, связанным с элементами симметрии кристаллических многогранников, простыми формами кристаллов, диаграммами состояния и их назначением, основными типами диаграмм состояния бинарных сплавов, теоретическое рассмотрение которых проходит в процессе лекционных занятий.

Применяется *метод учебной дискуссии*, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Реализацию метода рекомендуется осуществлять во время представления кратких сообщений студентов, организовав дискуссию обучающихся. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Основными направлениями самостоятельной работы студента являются:

- подробное ознакомление с программой учебной дисциплины;
- ознакомление со списком рекомендуемой литературы по дисциплине в целом и ее разделам;
- изучение специальной литературы, в частности, современных научных публикаций по изучаемым тематикам;
- подготовка к зачету.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

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)
Методы механических испытаний материалов	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 12 от 24.05.2022 г.
Конструкционные материалы ядерных реакторов	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 12 от 24.05.2022 г.
Физика неразрушающего контроля (часть 2)	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 12 от 24.05.2022 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____ / ____ учебный год

№ № ПП	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой
физики твердого тела
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.В. Углов

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
канд.ф.-м.н., доцент

_____ М.С.Тиванов