

Белорусский государственный университет



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям
О.Г. Прохоренко

«30» июня 2022 г.

Регистрационный № УД – 10869/уч.

МЕТОДЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности**

1-31 04 06 Ядерные физика и технологии

Минск, 2022

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

СОСТАВИТЕЛЬ:

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 «Методы механических испытаний 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 – формирование у студентов целостных представлений о современной теории механических свойств и основных методах механических испытаний материалов.

Основные задачи учебной дисциплины – изучение основных представлений современной теории механических свойств и методов механических испытаний, изучение основных методик определения характеристик механических свойств. Данные задачи выполняются непосредственно при прослушивании лекций, при самостоятельной работе с технической литературой, учебными пособиями, справочниками, стандартами и ГОСТами.

В настоящее время в Республике Беларусь активно развивается ядерная энергетика, ключевыми вопросами которой являются безопасность и надежность используемых материалов и оборудования. Механические свойства конструкционных материалов могут оказывать решающее влияние на ресурс эксплуатации механизмов и узлов атомных электрических станций. Именно поэтому вопросам контроля механических свойств материалов и подготовке специалистов в этой области необходимо уделять пристальное внимание.

В данном курсе описываются различные методы механических испытаний. Основное внимание уделено особенностям, преимуществам и недостаткам того или иного метода, областям его применения, а также методикам расчета свойств по первичным результатам. Кратко описаны соответствующие машины и приборы. Изложены основные представления современной теории механических свойств и проанализированы зависимости этих свойств от состава и структуры металлов и сплавов.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием:

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

Связи с другими учебными дисциплинами: дисциплина использует и развивает знания, изложенные в дисциплине «Конструкционные материалы ядерных реакторов». Знания, полученные при изучении учебной дисциплины «Методы механических испытаний материалов» будут использованы при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Лаборатория

специализации (Неразрушающий контроль и методы механических испытаний конструкционных материалов)», а также при выполнении курсовых и дипломных работ.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

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

уметь:

- определять характеристики механических свойств;
- грамотно выбирать метод испытаний для решения задач в области реакторного материаловедения;
- работать самостоятельно и повышать свой профессиональный уровень;
- реализовывать комплексный подход к решению проблем в области материаловедения;
- применять базовые научно-технические знания для решения научных и прикладных задач в области реакторного материаловедения;

владеть:

- организовывать и проводить экспериментальные исследования используемых материалов;
- уметь применять базовые научно-технические знания для решения научных и прикладных задач в области радиационного материаловедения;
- 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 «Методы механических испытаний 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.

АК-8. Иметь лингвистические навыки (устная и письменная коммуникация).

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, опытно-конструкторской 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 «Методы механических испытаний материалов» отведено 66 часов, в том числе 32 аудиторных часа, из них: лекции – 26 часов, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1,5 зачетных единиц.

Форма итоговой аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Общие понятия и определения.

Тема 1.1 Тензор напряжений. Тензор деформаций. Схемы напряженного и деформированного состояния при механических испытаниях различных видов. Классификация механических испытаний. Условия подобия механических испытаний. Статистическая обработка результатов механических испытаний.

Раздел 2. Упругие свойства.

Тема 2.1 Закон Гука и константы упругих свойств. Методы определения упругих свойств. Внутреннее трение.

Раздел 3. Пластическая деформация и деформационное упрочнение.

Тема 3.1 Низкотемпературная пластическая деформация металлов скольжением и деформационное упрочнение. Пластическая деформация металлов двойникованием.

Тема 3.2 Влияние различных факторов на пластическую деформацию металлов и их деформационное упрочнение. Влияние примесей и легирования на пластическую деформацию и упрочнение.

Раздел 4. Разрушение.

Тема 4.1 Виды разрушений металлов. Механизмы зарождения трещин. Развитие трещины с позиций механики разрушения. Вязкое разрушение. Хрупкое разрушение.

Раздел 5. Статические испытания.

Тема 5.1 Испытания на растяжение. Испытания на сжатие.

Тема 5.2 Испытания на изгиб. Испытания на кручение. Влияние легирования и структуры на механические свойства металлов при статических испытаниях.

Раздел 6. Динамические испытания.

Тема 6.1 Динамические испытания на изгиб образцов с надрезом. Особенности пластической деформации и разрушения при динамическом нагружении.

Раздел 7. Твердость.

Тема 7.1 Твердость по Бринеллю. Твердость по Виккерсу. Твердость по Роквеллу. Другие методы определения твердости.

Раздел 8. Жаропрочность.

Тема 8.1 Явление ползучести. Испытания на ползучесть. Особенности пластической деформации в условиях ползучести при высоких температурах. Третья стадия ползучести и разрушение.

Тема 8.2 Испытания на длительную прочность. Испытания на релаксацию напряжений. Влияние легирования и структуры на характеристики жаропрочности.

Раздел 9. Усталость и изнашивание.

Тема 9.1 Методика проведения усталостных испытаний. Природа усталостного разрушения. Влияние различных факторов на характеристики выносливости.

Тема 9.2 Изнашивание и износостойкость металлов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы занятия	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	Общие понятия и определения.	2						
1.1	Тензор напряжений. Тензор деформаций. Схемы напряженного и деформированного состояния при механических испытаниях различных видов. Классификация механических испытаний. Условия подобия механических испытаний. Статистическая обработка результатов механических испытаний.	2					[1] [2] [3]	Устный опрос, дискуссия
2	Упругие свойства.	2						
2.1	Закон Гука и константы упругих свойств. Методы определения упругих свойств. Внутреннее трение.	2					[1] [2] [3]	Устный опрос, дискуссия
3	Пластическая деформация и деформационное упрочнение.	4						
3.1	Низкотемпературная пластическая деформация металлов скольжением и деформационное упрочнение. Пластическая деформация металлов двойникованием.	2					[1] [2] [3]	Устный опрос, дискуссия
3.2	Влияние различных факторов на пластическую де-	2					[1]	Устный опрос,

	формацию металлов и их деформационное упрочнение. Влияние примесей и легирования на пластическую деформацию и упрочнение.						[2] [3]	дискуссия
4	Разрушение.	2				2		
4.1	Виды разрушений металлов. Механизмы зарождения трещин. Развитие трещины с позиций механики разрушения. Вязкое разрушение. Хрупкое разрушение.	2				2	[1] [2] [3]	Контрольная работа по разделам 1-4
5	Статические испытания.	4						
5.1	Испытания на растяжение. Испытания на сжатие.	2					[1] [2] [3] [4]	Устный опрос, дискуссия
5.2	Испытания на изгиб. Испытания на кручение. Влияние легирования и структуры на механические свойства металлов при статических испытаниях.	2					[1] [2] [3]	Устный опрос, дискуссия
6	Динамические испытания.	2						
6.1	Динамические испытания на изгиб образцов с надрезом. Особенности пластической деформации и разрушения при динамическом нагружении	2					[1] [2] [3]	Устный опрос, дискуссия
7	Твердость.	2						
7.1	Твердость по Бринеллю. Твердость по Виккерсу. Твердость по Роквеллу. Другие методы определения твердости.	2					[1] [2] [3] [4]	Устный опрос, дискуссия
8	Жаропрочность.	4						
8.1	Явление ползучести. Испытания на ползучесть. Особенности пластической деформации в условиях ползучести при высоких температурах. Третья стадия ползучести и разрушение	2					[1] [2] [3] [4]	Устный опрос, дискуссия

8.2	Испытания на длительную прочность. Испытания на релаксацию напряжений. Влияние легирования и структуры на характеристики жаропрочности.	2					[1] [2] [3]	Устный опрос, дискуссия
9.	Усталость и изнашивание.	4				4		
9.1	Методика проведения усталостных испытаний. Природа усталостного разрушения. Влияние различных факторов на характеристики выносливости.	2					[1] [2] [3]	Устный опрос, дискуссия
9.2	Изнашивание и износостойкость металлов.	2				4	[1] [2] [3]	Устный опрос, дискуссия Контрольная работа по разделам 5-9. Защита рефератов.
	Всего Форма текущей аттестации	26				6		Зачет

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. Механические свойства металлов. Учебник для вузов. Золоторевский В.С. М.: Металлургия. 1983
2. М.Л. Бернштейн, В.А. Займовский. Механические свойства металлов. М.: Металлургия, 1979.
3. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. М.: Машиностроение, 1974
4. Н.Н. Черенда, Н.И. Поляк, В.И. Шиманский. Методы механических испытаний материалов: пособие. Минск. БГУ. 2017.

Дополнительная

1. Терентьев В.Ф., Оксогоев А.А. Циклическая прочность металлических материалов: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001.
2. Гетман А.Ф. Ресурс эксплуатации сосудов и трубопроводов АЭС. М.: Энергоатомиздат. 2000
3. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах. Под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. М.: Машиностроение, 1988
4. С.А. Федосов, Л. Пешек. Определение механических свойств материалов микроиндентированием. М. МГУ, 2004.

Перечень используемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать устный опрос, дискуссия, контрольные работы, защита рефератов.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Методы механических испытаний материалов» учебным планом предусмотрен зачет.

При формировании оценки текущей успеваемости студента используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения.

Текущий контроль знаний по дисциплине проводится во время лекций и по итогам управляемой самостоятельной работы.

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать контрольные работы по отдельным разделам дисциплины. Оценка результатов контрольных работ проводится по десятибалльной шкале.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Рейтинговая оценка является средневзвешенной оценкой между оценками, полученными за выполнение двух контрольных работ по темам курса, и оценки, полученной за подготовку и представление реферата.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. На выполнение каждой контрольной работы отводится 90 мин. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие контрольные работы на удовлетворительные оценки.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

В рамках управляемой самостоятельной работы (6 ч) студент выполняет контрольные работы по разделам 1-9. Контрольные работы проводятся в письменном виде и включают 2 вопроса. По согласованию с преподавателем при подготовке ответа могут использоваться справочные материалы.

Примерный перечень вопросов контрольной работы:

1. Общие понятия и определения.
2. Упругие свойства.
3. Пластическая деформация и деформационное упрочнение.
4. Разрушение.
5. Статические испытания.
6. Динамические испытания.
7. Твердость.
8. Жаропрочность.
9. Усталость и изнашивание.

Примерный перечень рефератов

1. Статические испытания образцов с надрезом (схема напряжений, схемы диаграмм растяжения).
2. Статические испытания на вязкость разрушения (на сопротивление распространению трещины).
3. Статические испытания на замедленное разрушение
4. Микротвердость сплавов при старении.

5. Метод динамического вдавливания шарового или конического индентора.
6. Наноиндентирование.
7. Механизмы упрочнения металлов и сплавов
8. Коэффициент трения скольжения и факторы на него влияющие
9. Коэффициент трения качения и факторы на него влияющие
10. Склерометрия.
11. Виды изнашивания.
12. Испытания на износ.
13. Шероховатость поверхности и ее влияние на результаты трибологических испытаний.
14. Стандарты и нормативные документы по статическим методам механических испытаний материалов (испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение).
15. Стандарты и нормативные документы по измерению твердости и микротвердости.
16. Стандарты и нормативные документы по определению коэффициента трения и характеристик изнашивания.

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; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления. Формой реализации метода может выступать подготовка устных сообщений по вопросам, связанным с экспериментальными методами исследования физических свойств кристаллов и их связью с симметрией структуры, теоретическое рассмотрение которых проходит в процессе лекционных занятий.

При организации образовательного процесса используется *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, а также в ходе самих лекций. 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 и расширение лекционного материала преподавателя за счет специальной литературы, в частности, современных научных публикаций по изучаемым тематикам;
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к зачету.

Примерный перечень вопросов к зачету

Билет на зачете включает два вопроса, на подготовку которых отводится не менее 45 минут. При подготовке к устному ответу допускается использование учебной и научной литературы. Вопросы в состав билетов выбираются из следующего примерного перечня:

1. Тензор напряжений.
2. Тензор деформаций.
3. Схемы напряженного и деформированного состояния при механических испытаниях различных видов.
4. Классификация механических испытаний.
5. Условия подобия механических испытаний.
6. Статистическая обработка результатов механических испытаний.
7. Закон Гука и константы упругих свойств.
8. Методы определения упругих свойств.
9. Внутреннее трение.
10. Низкотемпературная пластическая деформация металлов скольжением и деформационное упрочнение.
11. Пластическая деформация металлов двойникованием.
12. Влияние различных факторов на пластическую деформацию металлов и их деформационное упрочнение.
13. Влияние примесей и легирования на пластическую деформацию и упрочнение.
14. Виды разрушений металлов.
15. Механизмы зарождения трещин.
16. Развитие трещины с позиций механики разрушения.
17. Вязкое разрушение.
18. Хрупкое разрушение.
19. Испытания на растяжение.
20. Испытания на сжатие.
21. Испытания на изгиб.

22. Испытания на кручение.
23. Влияние легирования и структуры на механические свойства металлов при статических испытаниях.
24. Динамические испытания на изгиб образцов с надрезом.
25. Особенности пластической деформации и разрушения при динамическом нагружении
26. Твердость по Бринеллю.
27. Твердость по Виккерсу.
28. Твердость по Роквеллу.
29. Другие методы определения твердости.
30. Явление ползучести.
31. Испытания на ползучесть.
32. Особенности пластической деформации в условиях ползучести при высоких температурах.
33. Третья стадия ползучести и разрушение.
34. Испытания на длительную прочность.
35. Испытания на релаксацию напряжений.
36. Влияние легирования и структуры на характеристики жаропрочности.
37. Методика проведения усталостных испытаний.
38. Природа усталостного разрушения.
39. Влияние различных факторов на характеристики выносливости.
40. Изнашивание и износостойкость металлов.

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)
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.)
Лаборатория специализации «Неразрушающий контроль и методы механических испытаний конструкционных 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.)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____ / ____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
физики твердого тела
(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