

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ  
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИМАШ УрО РАН)

Утверждаю  
Директор ИМАШ УрО РАН  
Э.С. Горкунов  
« 03 » / *Август* 2014 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «Механические свойства материалов и методы их определения» для обучающихся по направлению подготовки 22.06.01 – Технологии материалов по направленности (профилю) подготовки – Материаловедение (по отраслям)  
(уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Форма обучения очная

Екатеринбург 2014

## Оглавление

1. Общие положения
2. Цели изучения дисциплины
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины
4. Содержание дисциплины
  - 4.1 Объем дисциплины и количество учебных часов
  - 4.2 Содержание лекционных занятий
  - 4.3 Практические занятия
  - 4.4 Другие виды учебной работы
  - 4.5 Самостоятельная работа аспиранта
5. Перечень контрольных мероприятий
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 6.1 Основная литература
  - 6.2 Дополнительная литература
7. Материально-техническое обеспечение

## 1. Общие положения

Программа разработана на основании Федеральных государственных требований к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования для обучающихся в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденных Приказом Минобрнауки РФ от 16.03.2011 г. № 1365, с изменениями от 29.08.2011 г.; Положении о подготовке научно-педагогических и научных кадров в системе послевузовского профессионального образования в Российской Федерации, утвержденного Приказом Минобрнауки России от 27.03.1998 № 814 с изменениями, внесенными приказами от 16.03.2000 № 780, от 27.11.2000 № 3410, от 17.02.2004 № 696; Инструктивного письма Минобрнауки РФ № ИБ-733/12 от 22.06.2011 г. «О формировании основных образовательных программ послевузовского профессионального образования», Приказом Министерства образования и науки РФ от 19.11.2013 г. №1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования, программами подготовки научно- педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)», Приказом Министерства образования и науки РФ от 30.04.2015 г. № 464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)».

## 2. Цели и задачи изучения дисциплины

**Цель изучения дисциплины** – формирование у аспиранта (соискателя) инженерного мышления в области механики; формирование знаний, умений и навыков по исследованию механических свойств материалов; на основе теоретических представлений о дефектах кристаллов научить связывать механические свойства металлов с атомным механизмом фазовых превращений, деформации, упрочнения и разрушения; научить анализировать и прогнозировать зависимость процессов деформации и разрушения и механических свойств сплавов и соединений от их микроструктуры, фазового состояния и состава.

### **Задачи дисциплины:**

- знакомство с важнейшими понятиями материаловедения;
- изучение теоретических основ, приемов и методов механики сплошной среды;
- рассмотрение закономерностей формирования структуры и свойств материалов, механизма разрушения в различных условиях;
- ознакомление с методами и критериями оценки механических свойств материалов;

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Аспиранты (соискатели), завершившие изучение данной дисциплины, должны **должен обладать следующими универсальными компетенциями:**

способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях(УК-1);

способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки(УК-2);

готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно – образовательных программ (УК-3);

способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

**Выпускник, освоивший программу дисциплины, должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями:**

**проектно-конструкторская деятельность:**

способностью и готовностью теоретически обосновывать и оптимизировать технологические процессы получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии (ОПК-1);

способностью и готовностью разрабатывать и выпускать технологическую документацию на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции (ОПК-2);

способностью и готовностью выполнять нормативные требования, обеспечивающие безопасность производственной и эксплуатационной деятельности (ОПК-4);

способностью и готовностью использовать на практике интегрированные знания естественнонаучных, общих профессионально-ориентирующих и специальных дисциплин для понимания проблем развития материаловедения, умение выдвигать и реализовывать на практике новые высокоэффективные технологии (ОПК-5);

**научно-исследовательская деятельность:**

способностью и готовностью обрабатывать результаты научно-исследовательской работы, оформлять научно-технические отчеты, готовить к публикации научные статьи и доклады (ОПК-8);

способностью и готовностью разрабатывать технические задания и программы проведения расчетно-теоретических и экспериментальных работ (ОПК-9);

способностью выбирать приборы, датчики и оборудование для проведения экспериментов и регистрации их результатов (ОПК-10);

**производственно-технологическая:**

способностью и готовностью разрабатывать технологический процесс, технологическую оснастку, рабочую документацию, маршрутные и операционные технологические карты для изготовления новых изделий из перспективных материалов (ОПК-11);

способностью и готовностью участвовать в проведении технологических экспериментов, осуществлять технологический контроль при производстве материалов и изделий (ОПК-12);

способностью и готовностью участвовать в сертификации материалов, полуфабрикатов, изделий и технологических процессов их изготовления (ОПК-13);

способностью и готовностью оценивать инвестиционные риски при реализации инновационных материаловедческих и конструкторско-технологических проектов и внедрении перспективных материалов и технологий (ОПК-14);

**организационно-управленческая:**

способностью и готовностью организовывать работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, их элементов, разрабатывать проекты стандартов и сертификатов, проводить сертификацию материалов, технологических процессов и оборудования, участвовать в мероприятиях по созданию системы качества (ОПК-16);

способностью и готовностью вести авторский надзор при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий (ОПК-18);

готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-19).

**Выпускник, освоивший программудисциплины, должен обладать следующими профессиональными компетенциями:**

готовностью к выявлению проблематики, способностью, с использованием научного подхода к ее решению и внедрению результатов исследования в области материаловедения(ПК-2);

способностью к критическому анализу, оценке и синтезу новых идей в области материаловедения(ПК-3);

способностью осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию информации по теме исследования, выбор материалов и средств решения задач исследований(ПК-4);

способностью и готовностью представлять результаты своей научно-исследовательской деятельности научно-техническому сообществу(ПК-5);

#### Связь с предшествующими дисциплинами

Дисциплина «Механические свойства материалов и методы их определения» относится к завершающим дисциплинам базовой части основной образовательной программы. Для изучения дисциплины аспирант должен обладать базовыми знаниями в области математики, физики, химии, информационных технологий, а так же в основах научных исследований, организации и планировании эксперимента.

#### Связь с последующими дисциплинами

Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке и написании диссертации по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроение).

### 4. Содержание дисциплины

#### 4.1 Объем дисциплины и количество учебных часов

Форма обучения (виды отчетности) 3 год аспирантуры; вид отчетности - экзамен

Вид учебной работы	Объем часов/ зачетных единиц
<b>Трудоемкость изучения дисциплины</b>	<b>72/2</b>
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b>	<b>16</b>
в том числе:	
Лекции	8
Практические занятия	8
<b>Самостоятельная работа аспиранта (всего)</b>	<b>56</b>
в том числе:	
Самостоятельное изучение теоретического материала	56
<b>Вид отчетности</b>	<b>зачет</b>

#### Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Название раздела дисциплины	Объем часов / зачетных единиц		
		лекции	практические занятия	самостоятельная работа
1	<i>Схемы напряженного и деформированного состояний материалов</i>	1	1	6
2	<i>Упругие свойства материалов</i>	1	-	7
3	<i>Пластическая деформация и деформационное упрочнение</i>	1	-	7
4	<i>Разрушение материалов</i>	1	1	6
5	<i>Механические свойства материалов и методы их определения</i>	2	4	18

6	<i>Поведение материалов под нагрузкой при охлаждении и нагреве</i>	1	1	6
7	<i>Воздействие внешней среды</i>	1	1	6
	<b>Итого:</b>	8	8	56

#### 4.2 Содержание лекционных занятий

##### *1. Схемы напряженного и деформированного состояний материалов.*

Плоское и объемное напряженные состояния. Плоская деформация. Концентрация напряжений. Остаточные напряжения, определение, классификация.

##### *2. Упругие свойства материалов.*

Модуль упругости и его зависимость от кристаллической структуры материала. Упругое последствие, упругий гистерезис, внутреннее трение.

##### *3. Пластическая деформация и деформационное упрочнение.*

Процессы скольжения и двойникования. Краевые, винтовые и смешанные дислокации. Вектор Бюргера. Скольжение и переползание дислокаций. Взаимодействие дислокаций между собой и с примесями. Особенности деформации монокристаллов и поликристаллов. Влияние границ зерен на пластическую деформацию поликристаллов. Дисклинации. Сверхпластичность. Влияние пластической деформации на структуру и свойства материалов. Механизм упрочнения. Деформационное упрочнение. Упрочнение твердых растворов при взаимодействии дислокаций с примесями внедрения. Дисперсионное твердение.

##### *4. Разрушение материалов.*

Виды разрушения материалов. Механизмы зарождения трещин. Силовые, деформационные и энергетические критерии локального разрушения. Трещиностойкость. Подходы механики разрушения к выбору конструкционных материалов, расчету размера допустимого дефекта и прогнозированию долговечности. Фрактография как метод количественной оценки механизма разрушения.

##### *5. Механические свойства материалов и методы их определения.*

Классификация методов механических испытаний. Значение механических характеристик в материаловедении. Механические свойства, определяемые при статическом нагружении. Испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение, трещиностойкость. Влияние легирования, структуры концентраторов напряжений и масштабного фактора на характеристики механических свойств. Механические свойства, определяемые при динамическом нагружении. Влияние скорости деформирования на характеристики прочности и пластичности. Динамические испытания на изгиб образцов. Ударная вязкость. Методы определения ударной вязкости и ее составляющих. Механические свойства, определяемые при циклическом нагружении. Усталость, диаграммы усталости, предел выносливости. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Природа усталостного разрушения. Влияние различных факторов на сопротивление усталости. Испытания на твердость вдавливанием и царапанием. Триботехнические испытания.

##### *6. Поведение материалов под нагрузкой при охлаждении и нагреве.*

Поведение материалов под нагрузкой при охлаждении от комнатных температур до криогенных. Хладостойкость и критическая температура хрупкости, методы определения. Поведение материалов под нагрузкой при нагреве от комнатных температур до температуры рекристаллизации и выше. Синеломкость и тепловая хрупкость. Жаростойкость и жаропрочность. Ползучесть, диаграммы ползучести, предел ползучести. Теория рекристаллизационной ползучести. Длительная прочность, диаграммы длительной прочности, предел длительной прочности. Механизм хрупкого разрушения при ползучести. Релаксация напряжений, диаграммы релаксации, релаксационная стойкость. Влияние легирования и структуры на характеристики жаропрочности материалов.

##### *7. Воздействие внешней среды.*

Адсорбционные процессы при деформации и разрушении металлов. Эффект Ребиндера. Влияние поверхностноактивных сред на прочность металлов и сплавов. Закономерности

окисления металлов. Коррозия металлов и сплавов под напряжением. Коррозионное растрескивание. Межкристаллитная коррозия. Сопrotивляемость материалов кавитационному и эрозийному разрушению. Влияние радиационного облучения на строение и свойства материалов.

#### 4.3 Практические занятия

Практические занятия— метод репродуктивного обучения, обеспечивающий связь теории и практики, содействующий выработке у студентов умений и навыков применения знаний, полученных на лекции и в ходе самостоятельной работы. Практические занятия представляют собой занятия по решению различных прикладных задач, образцы которых были даны на лекциях. В итоге у каждого обучающегося должен быть выработан определенный профессиональный подход к решению каждой задачи и интуиция. Лекция является первым шагом подготовки студентов к практическим занятиям. Далее следует самостоятельная подготовка. Проблемы, поставленные в лекции и при самостоятельном изучении раздела дисциплины, на практическом занятии приобретают конкретное выражение и решение. Каждое практическое занятие, является развивающим и закрепляющим, а так же помогает аспирантам в возникших вопросах при самостоятельном обучении.

#### Практические занятия

Номер и название раздела (темы)	Наименование практических занятий
Схемы напряженного и деформированного состояний материалов	<b>Работа 1.</b> Основные понятия.
Разрушение материалов	<b>Работа 2.</b> Механизмы зарождения трещин. Трещиностойкость.
Механические свойства материалов и методы их определения	<b>Работа 3.</b> Классификация методов механических испытаний. <b>Работа 4.</b> Механические свойства, определяемые при статическом нагружении. <b>Работа 5.</b> Механические свойства, определяемые при динамическом нагружении.
Поведение материалов под нагрузкой при охлаждении и нагреве	<b>Работа 6.</b> Поведение материалов под нагрузкой: синеломкость, тепловая хрупкость, жаростойкость, жаропрочность, ползучесть, диаграммы ползучести, длительная прочность, релаксация напряжений.
Воздействие внешней среды	<b>Работа 7.</b> Коррозия металлов и сплавов

#### 4.4 Другие виды учебной работы

Другие виды учебной работы не предусмотрены учебным планом.

#### 4.5 Самостоятельная работа аспиранта

Характеристика всех видов и форм самостоятельной работы студентов, включая текущую и творческую/исследовательскую деятельность студентов:

**Текущая самостоятельная работа аспиранта**, направленная на углубление и закрепление знаний, развитие практических умений заключается в следующем:

- работа с лекционным материалом, поиск литературы и электронных источников информации по проблеме курса,

- опережающая самостоятельная работа,
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку,
- подготовка к практическим занятиям,
- подготовка к зачету.

**Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа**, ориентированная на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала аспиранта включает:

- поиск, анализ, структурирование информации,
- обработку экспериментальных данных,
- подготовку презентаций по темам практических занятий.

## 5. Перечень контрольных мероприятий

По завершении изучения данной дисциплины обучаемые обязаны сдать зачет. Основная цель зачета - выявить степень владения знаниями о механических свойствах материалов и методах их определения. В содержание зачета входит беседа с экзаменаторами по информации из лекционных курсов. В результате ставится ЗАЧЕТ/ НЕЗАЧЕТ.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Основная литература

1. Механические свойства металлов: учебное пособие/ М. Л. Берштейн, В. А. Займовский. – М., 1979. – 495 с.
2. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов – М., 1983. – 352 с.
3. Лившиц Б. Г., Крапошин В. С., Линецкий Я. Л. Физические свойства металлов и сплавов: учебник / Под ред. Б. Г. Лившица. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Металлургия, 1980. – 314 с.
4. Бушманов Б.Н., Хромов Ю.А. Физика твердого тела: учебное пособие – М, 1971. – 224 с.
5. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. – М., 2000. – 494с.
6. Физика твердого тела. / Под ред. И.К. Верещагина – М., 2001. – 237с.

### 6.2 Дополнительная литература

7. Золоторевский В.С. Механические испытания и свойства металлов. – М., 1974.
8. Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов. – М., 1972.
9. Тимошук Л.Т. Механические испытания металлов. – М., 1971.
10. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов: в 2 ч – М., 1974.
11. Физика твердого тела. Лабораторный практикум. / Под ред. А.Ф. Хохлова. Том II. Физические свойства твердых тел. – М., 2001. – 484с.
12. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела: Пер. с англ. / Ч. Киттель. – М., 1978. – 791с.
13. Лифшиц И. М, Азбель М. Я., Каганов М. И. Электронная теория металлов. – М.: Наука, 1971. – 416 с.

Программное обеспечение и *Internet*-ресурсы:

- <http://www.materialscience.ru/>
- <http://elibrary.ru/>
- <http://portal.tpu.ru/SHARED/m/MSV>



## 7. Материально-техническое обеспечение

ИМАШ УрО РАН обладает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы.

Материально-техническая база представлена четырьмя научно-техническими лабораториями, оснащенными следующим оборудованием.

– *Оборудование для механических и трибологических испытаний:*

сервогидравлическая испытательная система “Instron 8801”, копер маятниковый “IT 542”, универсальная испытательная машина “Zwick Z2.5”, система для измерения микротвердости “Fisherscope HM2000 XYm”, микротвердомер “ПМТ-3”, микротвердомер “Leica VMHT AUTO”, прецизионный высокотемпературный твердомер “AVK-HF”, многофункциональный комплекс “TriboIndenter TI 950”, машина для испытания материалов на трение и износ “2070 СМТ-1”.


– *Технологическое оборудование:*

прокатный стан “Дуо/Кварто”, мини станы для волочения проволоки, ультразвуковая установка для упрочняюще-чистой обработки “Ил-4/1-2.0”, вакуумная электропечь “СНВЭ-9/18”, электропечи термические и сушильный шкаф, стенд для исследования термоциклических долговечности и ползучести материалов в газовых средах.

ИМАШ УрО РАН располагает достаточным количеством компьютеров, обеспечивающих учебный процесс. Институт имеет локальную сеть с выходом в Интернет. Поддерживается собственный сайт [http:// http://www.imach.uran.ru//](http://www.imach.uran.ru), электронная почта.

Рабочая программа по дисциплине «Механические свойства материалов и методы их определения» для обучающихся по направлению подготовки 22.06.01 – Технологии материалов по направленности (профилю) подготовки – Материаловедение (по отраслям) рассмотрена ученым советом ИМАШ УрО РАН «3» июля 2014 г., протокол № 5 и рекомендована к утверждению.

Составители рабочей программы

Зав. лаборатории конструкционного материаловедения, д.т.н.  Макаров А.В.

Зав. лаборатории микромеханики материалов, д.т.н.  Смирнов С.В.

Зав. аспирантурой, к.т.н.



Субачев Ю.В.