МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ имени М.Н. Михеева
Уральского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
академик РАН

_____Н.В. Мушников

«_____» _____ 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **«Физические основы разрушения материалов»**
специальность **05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении»**

Всего учебных часов / зач. ед. – 252 / 7
Всего аудиторных занятий, час. – 120
Всего часов на самостоятельную работу аспиранта, час. – 132

Екатеринбург 2019

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 15.06.01 Машиностроение (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №881), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»; программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении», утвержденной приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 № 274; паспорта специальности научных работников 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении»; учебного плана аспирантуры ИФМ.

Составители рабочей программы:
член-корреспондент РАН В.В. Сагарадзе
профессор, д.ф-м.н. Б.А. Гринберг
д.т.н. Т.И. Табатчикова

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИФМ.
Протокол № 9 от 29.05.2019 г.

Председатель Ученого совета ИФМ, академик РАН

«____»_____2019 г. _____ В.В. Устинов

Согласовано:

зам. директора по научной работе, д.ф.-м.н.

«____»_____2019 г. _____ М.А. Коротин

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В курсе «Физические основы разрушения материалов» изучаются вопросы, рассматривающие те задачи, которые стоят перед научными работниками в настоящее время. Круг рассматриваемых тем выходит далеко за рамки конкретной тематики аспиранта, заставляет его шире взглянуть на интересы всего мирового научного сообщества, заставляет аспиранта знакомиться с последними публикациями в научной периодике.

Рабочая программа составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 15.06.01 Машиностроение (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №881), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении»;
- паспорта специальности научных работников специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении»;
- учебного плана ИФМ по основной образовательной программе послевузовского профессионального образования (аспирантура) по специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении».

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Распределение часов учебных.

Вид занятий	Количество часов
Лекции	120
Самостоятельная работа	132
ИТОГО	252

2.2. Содержание дисциплины

2.2.1. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий

Темы лекционных занятий	Содержание	Объем в часах
Раздел 1. Введение	Проблема разрушения материалов. Задачи физики прочности и пластичности. История развития проблемы прочности	12
Раздел 2.	Основные типы связи в твердых телах. Классификация	18

Межатомное взаимодействие.	твердых тел. Типы связи. Энергия связи. Молекулярные кристаллы. Силы Ван-дер-Ваальса. Дисперсионное, ориентационное, индукционное взаимодействие. Ионные кристаллы. Ковалентные кристаллы. Металлы.	
Раздел 3. Механические свойства твердых тел	Напряженное и деформированное состояние твердых тел. Тензор напряжений и деформаций. Упругость. Закон Гука для изотропных твердых тел. Связь между модулями Юнга, объемной деформации и сдвига. Коэффициент Пуассона. Закон Гука для анизотропных твердых тел. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Кристаллографическая природа пластической деформации.Закон Шмида и Боаса. Теоретическая и реальная прочность кристалла. Хрупкое разрушение. Теория Гриффитса. Временная прочность твердых тел. Пути повышения прочности твердых тел.Изготовление бездефектных кристаллов. Максимальное искажение внутренней структуры.Теория упрочнения металлов.	18
Раздел 4. Ползучесть металлов и сплавов	Теория ползучести. Три стадии ползучести. Анализ кривых ползучести. Структурные изменения в процессе ползучести. Энергия активации стадии установившейся ползучести. Значение энергии активации при ползучести. Теории ползучести. Механизм Наборро-Херринга. Теория возврата. Теория ползучести Виртмана. Третья стадия ползучести –начало разрушения. Ползучесть сплавов. Способы повышения сопротивления ползучести. Сверхпластичность.	18
Раздел 5. Усталость материала	Основные понятия и кинетика усталостных явлений. Соотношение Гудмэна и зависимость Гербера.Напряжения при циклическом нагружении. Диаграмма усталости Велера. Малоцикловая усталость. Зависимость Мансона. Структурные изменения в процессе усталости. Полосы скольжения. Экструзия и интрузия. Микротрещины. Теория зарождения усталостных трещин. Физические параметры усталости. S-N кривые при усталости. Распространение усталостных трещин.Усталостные процессы на практике.	18
Раздел 6. Внутреннее трение материала	Методы измерения внутреннего трения. Связь между различными мерами. Основные экспериментальные результаты исследований внутреннего трения. Амплитудная зависимость. Зависимость от времени. Частотная зависимость. Температурная зависимость.Макроскопическая теория внутреннего трения. Теория реологических явлений (модель Максвелла, модель Фогта, модель Зинера, модель Алфрея-Кобеко). Термодинамическая теория. Линейные колебания. Резонансные потери. Релаксационная и	18

	гистерезисная потери.Внутреннее трение, обусловленное точечными дефектами структуры. Диффузия одиночных вакансий.Эффекты, обусловленные атомами внедрения и замещения.Внутреннее трение, обусловленное протяженными дефектами. Модель колеблющейся струны. Внутреннее трение, связанное с переползанием дислокаций. Возврат внутреннего трения. Внутреннее трение при фазовых превращениях. Аллотропические превращения и распад пересыщенных твердых растворов. Упорядочение сплавов. Внутреннее трение, обусловленное электронными и ионными процессами. Потери, связанные с фононами и электронами. Внутреннее трение сегнетоэлектрических материалов и полупроводников. Возможности метода внутреннего трения. Энергия активации процесса. Коэффициенты диффузии. Пределы растворимости атомов. Границы зерен и блоков. Зародыши новой фазы, активационные объемы.	
Раздел 7. Практические вопросы прочности и пластичности	Старение металлических сплавов. Основные современные представления о процессах старения металлических сплавов. Гомогенный и спинодальный механизмы распада. Роль дефектов кристаллического строения в процессе старения. Некоторые основные закономерности изменения структуры и свойств при старении сплавов. Динамическое старение металлических сплавов.	18
	ИТОГО	120

2.2.2. Практические занятия, их наименование, содержание, объем в часах
Практические занятия не предусмотрены учебным планом

2.2.3. Самостоятельная работа аспирантов

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень заданий для самостоятельной работы (рефераты, доклады, переводы, расчеты, планирование эксперимента и т.п.)	Трудоемкость Час.
Раздел 1. Введение	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Подготовка доклада.	12
Раздел 2. Межатомное взаимодействие	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Подготовка доклада.	20
Раздел 3. Механические свойства твердых тел	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников	20

	с учетом содержания дисциплины Подготовка доклада.	
Раздел 4. Ползучесть металлов и сплавов	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Технический перевод зарубежных первоисточников. Подготовка доклада.	20
Раздел 5. Усталость материала	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Технический перевод зарубежных первоисточников. Подготовка доклада.	20
Раздел 6. Внутреннее трение материала	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Технический перевод зарубежных первоисточников. Подготовка доклада.	20
Раздел 7. Практические вопросы прочности и пластичности	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Технический перевод зарубежных первоисточников. Подготовка доклада.	20
ИТОГО		132

2.3 Учебно-методические материалы по дисциплине

2.3.1. Основная и дополнительная литература

Основная литература

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела: Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2000.
2. Горелик С.С., Скаков Ю.А, Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ.: Учеб. Пособие для вузов. – 4-е изд. доп. и перераб. М.: МИСИС, 2002.
3. Физика металлов. Раздел: Физические свойства металлов и сплавов. Лабораторный практикум // МИСиС. Москва, 2000.
4. Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П. Основы физики твердого тела: Учеб. пособие для вузов. М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001.
5. Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов/пер. с англ. Под ред. д. ф.-м. н. Любова Б.Я. М.: Мир, 1972.
6. Криштал М.А., Головин С.А. Внутреннее трение и структура металлов. М.: Металлургия, 1986
7. Владимиров В. И. Физическая природа разрушения металлов. М.: Металлургия, 1984.
8. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. М.: Металлургия, 1983.
9. Полухин П. И., Горелик С. С., Воронцов В. И. Физические основы пластической деформации. М.: Металлургия, 1982. - 584 с.

10. Фавстов Ю.К. Металловедение высокодемпфирующих сплавов/ Под ред. А.Г. Рахштадта. -М.: Металлургия, 1980.
11. Кацнельсон. А. Введение в физику твердого тела. МГУ, 1984.
12. Лившиц Б.Г. и др. Физические свойства металлов и сплавов. Под. ред. Лившица Б.Г. – М.: Металлургия, 1980.
13. Постников В.С. Внутреннее трение в металлах. М.: Металлургия, 1974.
14. Герцрикен Д.С., Мазанко В.Ф., Фальденко В.М. Импульсная обработка и массоперенос в металлах при низких температурах. Киев: Наукова Думка, 1991.

Дополнительная литература

1. Уэрт Ч., Томсон Р.. Физика твердого тела. М.: Мир,1991.
2. 3.Кан Р.У. Физическое металловедение. М.: Мир, 1967.
3. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. М.: Металлургия, 1989.
4. Лариков Л.Н. Физические основы прочности и пластичности металлов. М.: Металлургиздат, 1963.
5. Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах М.: Мир, 1967.
6. Бунин К.П., Баранов А.А. Металлография. М.: Металлургия, 1970.
7. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1982.
8. Бернштейн М.Л. Термомеханическая обработка металлов и сплавов. Т.1. М.: Металлургия, 1968.
9. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термообработка цветных металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1981.
10. Рахштад А.Г., Погодин-Алексеев Г.И. и др. Металловедение: Учебное пособие для машиностроит. вузов. –2-е перераб. изд. М.: Оборонгиз, 1956.
11. Шульце Г. Металлофизика/Пер. с нем. Натансона А.К. под ред. Уманского Я.С. М.: Мир, 1971.
12. Шур Я.С., Глазер А.А. Физика металлов и материаловедения, 1955.
13. Богомолова Н.А. Практическая металлография. М.: Высшая школа, 1978.
14. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1977.
15. Физика твердого тела: Спецпрактикум/ Ю.И. Авксентьев, З.К. Золина, В.В. Зубенко и др.; Под общ. ред. А.А. Кацнельсона и Г.С. Кринчика. -М.: МГУ, 1982.
16. Розенберг В.М. Ползучесть металлов. М.: Металлургия, 1967.