

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



Утверждаю
 Зам. директора ИМАШ УрО РАН
 _____ С.В. Буров
 «12» _____ марта _____ 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «**Материаловедение в машиностроение**»
 послевузовское профессиональное образование по специальности
05.16.09 – Материаловедение (по отраслям)

Виды учебной работы*	Объём, ч		
	в з.е.	в ак. ч	в ак. ч
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану			
Аудиторные занятия:			84
Лекции			26
Практические занятия			48
Лабораторные занятия			10
Самостоятельная работа			96
Контроль			36
Вид контроля: экзамен			

Форма обучения очная

Настоящая Рабочая программа специальной дисциплины «Материаловедение в машиностроение» - модуль основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (ОПОП ППО) разработана на основании законодательства Российской Федерации в системе послевузовского профессионального образования, в том числе: Федерального закона РФ от 22.08.1996 № 125-ФЗ «О высшем и послевузовском профессиональном образовании», Положения о подготовке научно-педагогических и научных кадров в системе послевузовского профессионального образования в Российской Федерации, утвержденного приказом Министерства общего и профессионального образования РФ от 27.03.1998 № 814 (в действующей редакции); составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к разработке, на основании Приказа Минобрнауки России №1365 от 16.03.2011г. «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура)» и инструктивного письма Минобрнауки России от 22.06.2011 г. № ИБ-733/12.

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ АСПИРАНТА, ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины – формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний навыков и компетенций в направлении материаловедения, ориентированного на отрасль «Машиностроение».

Задачи дисциплины:

- сформировать у аспирантов представление о конструкционных материалах различной природы, способных работать в условиях напряженно-деформированного состояния;
- о методах исследования структуры материалов, базирующихся на самых совершенных физических принципах, имеющих широкий диапазон разрешения (мезо-, микро- и наноразмер);
- о методах исследования физико-механических характеристик конструкционных материалов;
- четкие научные представления о взаимосвязи структура — свойства материалов и о возможности планирования их соотношения с целью получать материалы с заданным комплексом свойств;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при осуществлении конкретного материаловедческого исследования.

1.2 ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ПОДГОТОВКИ АСПИРАНТА, ЗАВЕРШИВШЕГО ИЗУЧЕНИЕ ДАННОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины аспирант 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).

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 экономически оценивать производственные и непроизводственные затраты на создание новых материалов и изделий, проводить работу по снижению их стоимости и повышению качества (ОПК-3);

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 выполнять расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в качестве ведущего исполнителя с применением компьютерных технологий (ОПК-6);

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

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

производственно-технологическая:

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);

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

Профессиональными компетенциями:

способностью и готовностью демонстрировать системное понимание современного состояния и проблематики в области приборов и методов контроля природной среды, веществ, материалов и изделий(ПК-1);

готовностью к выявлению проблематики, способностью, с использованием научного подхода к ее решению и внедрению результатов исследования в области приборов и методов контроля природной среды, веществ, материалов и изделий(ПК-2);

способностью к критическому анализу, оценке и синтезу новых идей в области приборов и методов контроля природной среды, веществ, материалов и изделий(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);

способностью и готовностью к педагогической деятельности в области профессиональной подготовки в образовательных учреждениях высшего образования,

дополнительного профессионального образования, профессиональных образовательных организация(ПК-6).

1.3 СВЯЗЬ С ПРЕДШЕСТВУЮЩИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний, полученных в процессе инженерной или магистерской подготовки в курсах: высшая математика; физика; материаловедение; металловедение и термическая обработка

1.4 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.

2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ (В ЧАСАХ И ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ)

Форма обучения (вид отчетности) – 3 годы аспирантуры; вид отчетности – экзамен кандидатского минимума.

Вид учебной работы	Всего часов	Учебные семестры	
		2	3
Аудиторные занятия (всего)	84	42	42
В том числе:			
Лекции	26	13	13
Практические занятия (ПЗ)	48	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	10	5	5
Самостоятельная работа (всего)	132	66	66
В том числе:			
Работа с литературой	96	66	30
Вид аттестации (экзамен)	36		36
Общая трудоёмкость, час	216	108	108
Общая трудоёмкость, з.е.	6	3	3

2.2 РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ ЗАНЯТИЙ

№, п/п	Название раздела дисциплины	Объем часов / зачетных единиц				
		Лекции	ПЗ	ЛР	Самостоятельная работа	Контроль
1	Теоретические основы материаловедения	4	8		22	6
2	Методы исследования структуры и физических свойств материалов	4	8	2	22	6
3	Механические свойства материалов и методы их исследования при плоском и объемном напряженно-деформированном состоянии	4	8	2	22	6
4	Разрушение материалов, виды разрушения. Трещиностойкость и прогнозирование долговечности материалов	4	8	2	22	6

5	Технология, химико-термической термомеханической обработки и поверхностного упрочнения материалов	5	8	4	22	6
6	Металлы и сплавы в машиностроении	5	8		22	6
ИТОГО		26	48		132	36

2.3 ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

Тема 1. Теоретические основы материаловедения

1.1. Строение и свойства материалов.

Строение атома и периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Электронная структура. Типы межатомных связей в кристаллах. Кристаллическое строение твердых тел. Типы кристаллических решеток металлов и их характеристика. Реальное строение металлических и неметаллических кристаллов. Анизотропия свойств кристаллов. Дефекты кристаллического строения: точечные, линейные, поверхностные и объемные. Дислокационная структура и прочность металлов.

Фуллерены и нанотрубки. Наноструктурное строение веществ.

1.2. Основы электронной теории твердых тел.

Зонная теория твердых тел. Связь физических свойств с поведением электронов. Теплопроводность, электропроводность и электронная теплоемкость металлов. Термоэлектронная эмиссия. Сверхпроводимость. Электронное строение полупроводников и диэлектриков. Магнитные свойства материалов. Диамагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм.

1.3. Формирование структуры металла при кристаллизации.

Агрегатные состояния веществ. Энергетические условия и термодинамика процесса кристаллизации. Самопроизвольная и несамопроизвольная кристаллизация. Форма кристаллических образований. Строение слитка. Полиморфизм. Магнитные превращения. Аморфное состояние металлов. Аморфные сплавы.

1.4. Строение пластически деформированных металлов.

Структурные изменения в металлах в условиях холодной и горячей пластической деформации. Температура рекристаллизации. Строение металлов после возврата и рекристаллизации. Механизм и стадии процесса рекристаллизации. Условия реализации направленной кристаллизации.

1.5. Основы теории сплавов и термической обработки.

Условия термодинамического равновесия. Определение системы, фазы, структуры. Смеси, химические соединения, твердые растворы, промежуточные фазы. Правило фаз.

Основные типы диаграмм состояния двойных сплавов и методы их построения. Эвтектическое и перитектическое превращения. Виды ликвации. Фазовые и структурные превращения в твердом состоянии. Эвтектоидное превращение. Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния.

Фазовые превращения в стали при нагреве и охлаждении. Процесс образования аустенита при нагреве. Механизм превращений переохлажденного аустенита. Изотермические и термокинетические диаграммы. Влияние состава стали на процесс распада аустенита. Критическая скорость охлаждения при закалке. Мартенситное превращение, механизм и кинетика. Структура и свойства мартенсита. Влияние деформации на мартенситное превращение. Превращения при отпуске стали. Термодинамика и процесс коагуляции. Изменение структуры и свойств при отпуске.

Тема 2. Методы исследования структуры и физических свойств материалов

Методы исследования структуры и фазового состава. Металлографические и фрактографические методы исследования, оптическая и электронная, в том числе

дифракционная микроскопия (просвечивающий и сканирующий электронные микроскопы). Рентгеновские методы исследования: структурный и спектральный методы анализа.

Методы исследования физических свойств и фазовых превращений в металлах и сплавах. Магнитный и электрический методы анализа фазовых и структурных превращений. Метод термо- Э.Д.С. Метод ядерного магнитного резонанса. Метод ядерного гаммарезонанса.

Физические методы неразрушающего контроля дефектов материалов. Ультразвуковая дефектоскопия. Рентгеновская и гамма-дефектоскопия. Метод вихревых токов. Магнитная и тепловая дефектоскопия.

Тема 3. Механические свойства материалов и методы их исследования при плоском и объемном напряженно-деформированном состоянии

Плоское и объемное напряженные состояния. Плоская деформация. Концентрация напряжений. Остаточные напряжения. Модуль упругости и его зависимость от структуры материала. Внутреннее трение. Взаимодействие дислокаций между собой и с примесями. Дисклинации. Сверхпластичность. Механизм упрочнения. Дисперсионное твердение.

Тема 4. Разрушение материалов, виды разрушения. Трещиностойкость и прогнозирование долговечности материалов

Виды разрушения материалов. Механизмы зарождения трещин. Силовые, деформационные и энергетические критерии локального разрушения. Трещиностойкость. Фрактурграфия как метод количественной оценки механизма разрушения.

Тема 5. Технология химико-термической термомеханической обработки и поверхностного упрочнения материалов

Термическая обработка стали. Основные виды термической обработки стали. Выбор вида термической обработки в зависимости от назначения изделия и условий его эксплуатации. Влияние термической обработки на свойства конструкционных сталей и сварных соединений.

Химико-термическая обработка. Общие закономерности. Цементация с последующей термической обработкой. Азотирование. Влияние легирующих компонентов на толщину, твердость и износостойкость азотированного слоя. Структура и свойства азотированной стали. Нитроцементация стали. Диффузионная металлизация: алитирование, хромирование, силицирование и т.п. Многокомпонентные покрытия. Диффузионное насыщение в ионизированных газовых средах.

Термомеханическая обработка. Основные виды: предварительная высокотемпературная, низкотемпературная. Структура и свойства материалов после термомеханической обработки.

Поверхностное упрочнение металлов и сплавов путем воздействия концентрированных потоков энергии. Поверхностное легирование и термическая обработка при лазерном и электронно-лучевом нагреве. Поверхностное упрочнение металлов и сплавов путем воздействия пластической деформации. Физическая сущность процесса. Роль остаточных напряжений. Области применения.

Деформация изделий при их обработке и способы ее предупреждения.

Тема 6. Металлы и сплавы в машиностроении

Конструкционная прочность материалов. Критерии прочности, надежности, долговечности и износостойкости. Методы повышения конструкционной прочности.

Конструкционные углеродистые и легированные стали. Требования, предъявляемые к конструкционным сталям. Металлургическое качество сталей Классификация углеродистых сталей по качеству, структуре и областям применения. Влияние углерода и примесей на свойства углеродистых сталей. Углеродистые качественные стали. Автоматные стали. Углеродистые инструментальные стали.

Легированные стали. Влияние легирующих компонентов и примесей на дислокационную структуру и свойства сталей. Классификация и маркировка легированных сталей. Цементуемые (нитроцементуемые) легированные стали. Улучшаемые легированные стали. Пружинные стали общего назначения. Шарикоподшипниковые стали. Износостойкие стали.

Высокопрочные мартенситностареющие стали. Принципы легирования. Мартенситное превращение. Влияние легирующих элементов на кинетику фазовых превращений и особенности термической обработки. Экономнолегированные мартенситностареющие стали. Свойства мартенситностареющих сталей и области применения.

Конструкционные и коррозионностойкие стали. Общие принципы легирования и структура коррозионностойких сталей. Хромистые, хромоникелевые, хромомарганцевоникелевые и хромозотистые аустенитные стали. Высоколегированные кислотостойкие стали. Жаростойкие и окалиностойкие стали.

Инструментальные стали. Классификация инструментальных сталей по теплостойкости, структуре и областям применения. Быстрорежущая сталь и особенности ее термической обработки. Штамповые стали для деформирования в горячем и холодном состоянии. Стали для форм литья под давлением и прессования.

Цветные металлы и сплавы.

Алюминий и его сплавы. Медь и ее сплавы. Титан и его сплавы..

2.4 ПРАКТИЧЕСКИЕ (СЕМИНАРСКИЕ) И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ.

Тема 1: Дефекты кристаллического строения материалов. Дислокационная структура и прочность металлов. Фуллерены и нанотрубки.

Тема 2. Дефекты структуры материалов и их роль в формировании эксплуатационных характеристик.

Тема 3. Основные типы диаграмм состояния двойных и тройных систем. Фазовые и структурные превращения в материалах.

Тема 4. Термическая обработка материалов и её связь с формированием свойств и структуры конструкционных материалов.

Тема 5. Современные методы исследования структуры и физических свойств материалов.

Тема 6. Механические свойства материалов и методы их исследования при плоском и объемном напряженно-деформированном состоянии.

Тема 7. Разрушение материалов, виды разрушения. Трещиностойкость и прогнозирование долговечности материалов.

Тема 8. Технология химико-термической термомеханической обработки и поверхностного упрочнения материалов

Тема 9. Металлы и сплавы в машиностроении.

2.5 ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ.

Лабораторные занятия являются видом занятий, обеспечивающих практическую подготовку аспирантов. Они проводятся на современном приборном оборудовании с использованием макетов и натуральных образцов.

№	Номер и название раздела (темы)	Наименование лабораторной работы	Кол-во часов
1	Раздел 2. Методы исследования структуры и физических свойств материалов	Изучение структуры с применением РЭМ	2
2	Раздел 3. Механические свойства материалов и методы их исследования при плоском и объемном напряженно-	Определение механических свойств материалов	2

	деформированном состоянии контроля материалов и изделий		
3	Раздел 4. Разрушение материалов, виды разрушения. Трещиностойкость и прогнозирование долговечности материалов	Особенности определения скорости распространения трещины металлических материалах	2
4	Раздел 5. Технология, химико-термической термомеханической обработки и поверхностного упрочнения материалов	Технология, химико-термической термомеханической обработки и поверхностного упрочнения материалов	4

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕКУЩЕГО И ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

3.1 КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ – не предусмотрены.

3.2 СПИСОК ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ – не предусмотрено.

3.3 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Изучение учебного материала, перенесенного с аудиторных занятий на самостоятельную проработку.

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 экзамену.

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.

Выявление информационных ресурсов в научных библиотеках и сети Internet по следующим направлениям:

- библиография по проблемам материаловедения; основные открытия, существенно изменившие представления о структуре материалов;
- публикации (в том числе электронные) источников по материаловедению, определяющих связь между структурой и свойствами конструкционных материалов;
- научно-исследовательская литература по актуальным проблемам материаловедения, связанным с диссертационной работой аспиранта (соискателя).

3.3.1 Поддержка самостоятельной работы:

ИМАШ УрО РАН обеспечивает каждого аспиранта основной учебной и учебно-методической литературой, методическими пособиями, необходимыми для организации образовательного процесса по всем дисциплинам лицензируемых образовательных программ, в соответствии с требованиями к основной образовательной программе послевузовского профессионального образования и паспортом специальностей ВАК. Для всех аспирантов обеспечивается свободный доступ к библиотечным фондам Центральной научной библиотеки Уральского отделения Российской академии наук (ЦНБ УрО РАН)

Программное обеспечение и *Internet*-ресурсы:

<http://www.materialscience.ru/>

<http://elibrary.ru/>

3.3.2 Тематика рефератов – не предусмотрены.

Итоговый контроль проводится в виде экзамена кандидатского минимума.

4 АКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ (ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ, НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ) не предусмотрены.

5 МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (*Современные приборы, установки (стенды), необходимость специализированных лабораторий и классов*)

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”.

– *Оборудование для определения состава, микроструктуры, шероховатости и состояния поверхности материала:*

сканирующий электронный микроскоп “Tescan Vega II XMU”, рентгеновские микроанализаторы “INCA”, атомно-силовой микроскоп “NT206”, сканирующий зондовый микроскоп и нанотвердомер “NanoScan”, оптический эмиссионный спектрометр “SPECTROMAXx”, оптический профилометр “Wyko NT 1100”, оптический микроскоп “Neophot-21”.

– *Технологическое оборудование:*

прокатный стан “Дуо/Кварто”, мини станы для волочения проволоки, ультразвуковая установка для упрочняюще-чистовой 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.

– *Оборудование для пробоподготовки:*

автоматическая установка “LectroPol-5” для электролитического травления и полирования металлографических образцов, шлифовально-полировальный станок “LaboPol-2”.

ИМАШ УрО РАН располагает достаточным количеством компьютеров, обеспечивающих учебный процесс, а также принтеры, сканеры и ксероксы. Институт имеет локальную сеть с выходом в Интернет. Поддерживается собственный сайт <http://www.imach.uran.ru/>, электронную почту.

6 ЛИТЕРАТУРА

6.1 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Материаловедение / Б.Н.Арзамасов, В.И.Макарова, Г.Г.Мухин и др. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.

2. Абраимов Н.В., Елисеев В.С., Крылов В.В. Авиационное материаловедение и технология обработки металлов / Под ред. Н.В. Абраимова. М.: Высш. школа, 1998.

3. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. М.: Металлургия, 1989.

Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1990.

4. Материаловедение и технология металлов / Г.П.Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др.; Под ред. Г.П. Фетисова М.: Высш. школа, 2001.

5. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки. М.: Металлургия, 1990.

6. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. М.: Аспект Пресс, 1997.

6.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

7. Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров. М.: Высш. школа, 1988.

8. Лифшиц Б.Г. Металлография. М.: Металлургия, 1990.

9. Партон В.З. Механика разрушения. От теории к практике. М.: Наука, 1990.

10. Синергетика и фракталы в материаловедении / В.С.Иванова, А.С. Баланкин, И.Ж. Бунин, А.А. Оксогов. М.: Наука, 1994.

11. Шмитт-Томас К.Г. Металловедение для машиностроения. М.: Металлургия, 1995.

12. Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: Изд-во МИСИС, 1999.

13. Сталь на рубеже веков / Под ред. Ю.С. Карабасова. М.: Изд-во МИСИС, 2001.

14. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. М.:

Составители рабочей программы:

Вед. н. с., д.т.н.



Пугачева Н.Б.

Зав. аспирантурой, к.т.н.



Субачев Ю. В.

Рабочая программа рассмотрена ученым советом ИМАШ УрО РАН «03» марта 2015 г., протокол № 2 и рекомендована к утверждению.

Ученый секретарь, с.н.с., к.т.н.



Поволоцкая А.М.

Лист регистрации изменений в рабочей программе дисциплины

Номер изменения	Номер пункта (подпункта)			Дата внесения изменения	Изменение	Подпись ответственного за внесение изменений
	Измененного	Нового	Изъятого			

