

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор

по учебно-методической работе

А. А. Панфилов

« 14 » декабря 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»

Профиль подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоем- кость, зач. ед. (час.)	Лек- ций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежу- точного контроля (экс./зачет)
IV	3 (108)	18	18	18	54	Зачет
Итого	3 (108)	18	18	18	54	Зачет

Владимир, 2015

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины «Материаловедение и технология материалов» являются обучение студентов научным основам выбора материала с учетом его состава, структуры, термической обработки и достигающихся при этом эксплуатационных и технологических свойств, необходимых для приборостроения и других отраслей промышленности, а также получение знаний об основных технологических методах получения деталей из конструкционных материалов.

В результате освоения данной дисциплины у студентов формируются основные профессиональные компетенции, отвечающие требованиям ФГОС ВО, к результатам освоения ОПОП ВО по направлению 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии».

Таблица 1. Требования к результатам освоения программы бакалавриата

Код	Требования к результатам освоения программы бакалавриата
ПК-5	способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина «Материаловедение и технология материалов» относится к вариативной части блока 1 ОПОП ВО. Данную дисциплину студенты изучают во 4-м семестре.

Для успешного усвоения студентами курса «Материаловедение и технология материалов» необходимо знание основных курсов высшей математики, химии, физики. Из курса высшей математики используются элементы дифференциального и интегрального исчисления. Курс химии обеспечивает сведениями о типах связи в твердых телах, энергетике и кинематике химических процессов, строении полимеров, теории коррозии металлов. Из курса физики при изучении данной дисциплины используются следующие разделы: физика твердого тела, физика элементарных частиц, молекулярная физика, термодинамика, законы диффузии и электропроводности.

Знания и навыки, полученные при изучении данного курса, широко применяются студентами при изучении других дисциплин блока 1: основы нанотехнологий; лазерная технология; оптические материалы и технологии; при прохождении практик и выполнении научно-исследовательской работы.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

**знать:** основные группы и классы современных материалов, их свойства и области применения; основы обработки материалов (ПК-5);

**уметь:** обобщать и анализировать информацию; анализировать фазовые превращения при нагревании и охлаждении сплавов, пользуясь диаграммами состояния двойных систем; работать на световом микроскопе; выявлять на шлифах типичные структурные составляющие; определять твердость при статических испытаниях; анализировать результаты испытаний для сравнительной оценки сплавов и неметаллических материалов; принимать технически обоснованные решения по выбору материалов (ПК-5);

**владеть:** практическими навыками исследования, испытания и контроля материалов (ПК-5).

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий:

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Таблица 2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)								Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Консультации	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы, коллоквиумы	СРС	КП / КР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Раздел 1	4	1-2	2						3			
2	Раздел 2	4	3-4	2			4	4		5		3/30	
3	Раздел 3	4	3-4	-				2		3		0,5/25	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4	Раздел 4	4	3-4							4		-	
5	Раздел 5	4	5-6	2			4			4		1/17	Рейтинг 1
6	Раздел 6	4	7-10	4			2	4		5		4/40	
7	Раздел 7	4	11-12	1,5			2	2		5		1,5/27	Рейтинг 2
8	Раздел 8	4	11-13	1						3		0,5/50	
9	Раздел 9	4	13-14	0,25						10		0,25/100	
10	Раздел 10	4	13-14	0,25						2		0,25/100	
11	Раздел 11	4	13-18	5			6	6		10		3,5/21	Рейтинг 3
	Всего	4	18	18			18	18	1 к.р	54		14,5/27	Зачет

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

*Раздел 1. Введение. Классификация материалов. Кристаллическое строение металлов.*

Тема 1.1. Значение, цель и задачи курса «Материаловедение и технология материалов». Классификация материалов.

Тема 1.2. Кристаллическое строение металлов. Дефекты кристаллов и их влияние на свойства. Краевые и винтовые дислокации. Теоретическая и реальная прочность.

*Раздел 2. Критерии оценки материалов.*

Тема 2.1. Механические свойства. Кривая деформации (для растяжения). Прочностные характеристики. Методы измерения твердости (методы Бринелля, Роквелла, Виккерса, микротвердость, Польди, Шора, Мооса).

Тема 2.2. Структура. Микроструктурный анализ. Макроструктурный анализ.

Тема 2.3. Рентгеноструктурное исследование металлов. Возникновение рентгеновских лучей. Оборудование, используемое при рентгеноструктурном анализе.

*Раздел 3. Пластическая деформация и рекристаллизация металлов.*

Тема 3.1. Влияние наклепа на свойства металлов. Использование наклепа в машиностроении. Разрушение металла. Сверхпластичность материалов.

Тема 3.2. Влияние температуры на структуру и свойства деформированного металла.

*Раздел 4. Законы кристаллизации металлов.*

Тема 4.1. Законы кристаллизации металлов. Свободная энергия и энтропия. Скрытая теплота кристаллизации. Аморфные металлы.

Тема 4.2. Управление размером зерна.

*Раздел 5. Основы теории сплавов.*

Тема 5.1. Виды сплавов. Правило фаз. Построение диаграмм состояния.

Тема 5.2. Диаграммы состояния двойных сплавов.

Тема 5.3. Правило Курнакова. Связь между типом диаграммы состояния двойных сплавов и свойствами сплавов.

*Раздел 6. Сплавы на основе железа.*

Тема 6.1. Железо. Полиморфизм железа. Диаграмма состояния сплавов железа с углеродом. Углеродистые стали. Чугуны.

Тема 6.2. Теория и практика термической обработки углеродистых сталей.

Тема 6.3. Основы легирования стали. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства стали. Классификация легированных сталей. Особенности термообработки легированных сталей.

Тема 6.4. Стали и сплавы с особыми свойствами. Нержавеющие, жаропрочные. Стали и сплавы с особыми тепловыми свойствами. Электротехнические стали и сплавы. Магнитные стали и сплавы. Сверхпроводимость и сверхпроводящие материалы.

*Раздел 7. Цветные металлы и сплавы.*

Тема 7.1. Медь, ее свойства и область применения. Медно-никелевые сплавы. Бронзы. Латуни. Применение медных сплавов.

Тема 7.2. Алюминий, его свойства и область применения. Литейные и деформируемые алюминиевые сплавы. Дуралюмины и их термообработка. Применение алюминиевых сплавов.

Тема 7.3. Титан, его свойства и область применения. Классификация титановых сплавов и их применение.

*Раздел 8. Композиционные материалы.*

Тема 8.1. Общая характеристика и классификация. Строение, свойства и применение композиционных материалов.

*Раздел 9. Наноструктурные материалы. Неметаллические материалы.*

Тема 9.1. Наноструктурные материалы. Общая характеристика, свойства и применение наноструктурных материалов.

Тема 9.2. Пластмассы, их особенности и области применения в качестве конструкционного материала. Состав пластмасс. Наполнители пластмасс. Классификация пластмасс. Свойства и область применения термопластических и термореактивных пластмасс.

Тема 9.3. Резины, их особенности и области применения. Вулканизация. Состав резины. Классификация резиновых материалов.

Тема 9.4. Керамические материалы.

Тема 9.5. Материалы, применяемые в приборостроении.

*Раздел 10. Выбор материалов.*

Тема 10.1. Общие рекомендации по выбору материалы.

*Раздел 11. Основы обработки материалов.*

Тема 11.1. Сущность обработки металлов давлением. Виды обработки металлов давлением.

Тема 11.2. Сущность литейного производства.

Тема 11.3. Свариваемость сталей. Сущность сварки. Типы сварных швов и соединений. Припой. Сущность и схема пайки.

Тема 11.4. Формообразование поверхностей деталей резанием. Обработка поверхностей деталей абразивным инструментом.

Тема 11.5. Основы обработки металлов лазером: классификация технологических лазеров и их устройство; вопросы лазерной резки, сварки и лазерной обработки поверхностей.

Заключение.

#### 4.3. Лекционный курс

Объем лекционной нагрузки составляет 33,3 % от общего объема аудиторной нагрузки.

Таблица 3. Распределение лекционной нагрузки по формам проведения

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем нагрузки (в часах)	
		Лекции в традиционной форме	Лекции-консультации в активной форме
1	Раздел 1. Введение. Классификация материалов. Кристаллическое строение металлов.	2	-
2	Раздел 2. Критерии оценки материалов.	0,5	1,5
3	Раздел 5. Основы теории сплавов.	1,5	0,5
4	Раздел 6. Сплавы на основе железа.	2	2
5	Раздел 7. Цветные металлы и сплавы.	1	0,5
6	Раздел 8. Композиционные материалы.	0,5	0,5
7	Раздел 9. Наноструктурные материалы. Неметаллические материалы.	-	0,25
8	Раздел 10. Выбор материалов.	-	0,25
9	Раздел 11. Основы обработки материалов.	3,5	1,5
Итого		11	7
Всего лекционной нагрузки		18	

#### 4.4. Практические занятия

Практические занятия являются формой групповой аудиторной работы в небольших группах для освоения практических навыков с целью формирования основных профессиональных компетенций (ПК-5), необходимых для освоения основной образовательной программы.

Таблица 4. Перечень тем практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Продолжительность
1.	Раздел 2	Рентгеноструктурный анализ	4
2.	Раздел 5	Диаграммы состояния двойных сплавов	4
3.	Раздел 6	Диаграмма состояния железо-углерод	2
4.	Раздел 10	Выбор материалов (с разбором конкретной ситуации)	2
5.	Раздел 11	Технология изготовления поковок	2
6.	Раздел 11	Изучение геометрии токарных резцов	4
Всего:			18

#### 4.5. Лабораторный практикум

Лабораторные работы также являются формой групповой аудиторной работы в небольших группах для освоения практических навыков с целью (ПК-5), необходимых для освоения основной образовательной программы.

Таблица 5. Перечень работ лабораторного практикума

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Продолжительность
1.	Раздел 2	Методы измерения твердости	2
2.	Раздел 2	Микроструктурный анализ металлов и сплавов	2
3.	Раздел 3	Пластическая деформация и рекристаллизация металлов и сплавов	2
4.	Раздел 6	Микроструктурный анализ углеродистых сталей в равновесном состоянии	2
5.	Раздел 6	Термическая обработка углеродистых сталей	2
6.	Раздел 7	Микроструктурный анализ цветных сплавов	2
7.	Раздел 11	Технология изготовления отливок по выплавляемым моделям	4
8.	Раздел 13	Лазерная резка, лазерная сварка, поверхностная лазерная обработка	2
		Всего:	18

#### 4.6. Контрольная работа

Разработанным учебным планом предусмотрено выполнение контрольной работы по предложенному преподавателем варианту. Выполнение контрольной работы направлено на формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов (ПК-5).

#### 4.7. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов является важнейшим компонентом образовательного процесса, развивающим их способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Цель самостоятельной работы - самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные технологии, обобщать, оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы, а также критически анализировать полученные знания и аргументировано отстаивать свои предложения (ПК-5).

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя.

Самостоятельная работа направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, она включает в себя следующие виды работы студентов: опережающая самостоятельная работа, подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам, подготовка к зачету.

Дополнительно к этому преподаватель предлагает студенту выполнить реферативную работу. При этом студентом может быть предложена и своя тематика.

Студенты готовят реферат, делают по нему презентацию и докладываются перед студентами группы. Лучшие доклады представляются на вузовской студенческой конференции.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Большая часть лекционного материала оформлена в виде презентации с использованием стандартной программы в PowerPoint. Для демонстрации данного наглядно-иллюстрированного материала лекций используется соответствующая аппаратура (ноутбук, проектор).

Однако в рамках проведения практических занятий и лабораторного практикума запланирован разбор конкретных ситуаций с целью формирования и развития профессиональных компетенций у обучающихся.

С целью активизации самостоятельной работы студентов целесообразно использование опережающей самостоятельной работы. Студенты самостоятельно изучают отдельные темы, отдельные вопросы, дополнительную литературу до изучения теоретического материала, что позволяет преподавателю опереться на изученный студентами материал. При этом вырабатываются значительный багаж знаний, навыков и умений, способность анализировать, осмысливать и оценивать современные события, решать профессиональные задачи на основе единства теории и практики, что гарантирует успешное освоение профессии.

Обсуждение студенческих докладов проходит в диалоговом режиме. Такая интерактивная технология развивает у студентов способность анализировать и синтезировать изучаемый материал, оформлять, представлять и докладывать его аудитории, умение вести дискуссию, аргументировано отстаивать свою точку зрения.



## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

В соответствии с Положением о рейтинговой системе комплексной оценки знаний студентов на основе набранных баллов, успеваемость студентов оценивается следующим образом:

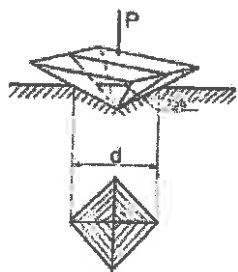
Максимальная сумма баллов, набираемая студентом по дисциплине, закрываемой семестровой аттестацией, равна 100. В конце семестра по данной дисциплине предусмотрена сдача зачета; по результатам работы в семестре студент может получить оценку:

- «Зачтено» - от 61 и более баллов;
- «Не зачтено» - менее 60 баллов.

### Задания для рейтинг-контроля (тестовые задания, примерный вариант)

#### Рейтинг-контроль I

1. Для гранецентрированной кубической решетки координационное число:  
а) К12;                      б) К8;                      в) Г12;                      г) К6;
2. Для гранецентрированной решетки число атомов (базис), принадлежащих одной кристаллической решетке, равно...  
а) 1;                      б) 2;                      в) 4;                      г) 6;
3. К точечным дефектам относят...  
а) вакансии;                      б) краевые дислокации;  
в) границы раздела;                      г) винтовые дислокации;
4. К линейным дефектам относят...  
а) вакансии;                      б) дислокационные атомы;  
в) границы раздела;                      г) дислокации;
5. Предел прочности (временное сопротивление) определяют на...  
а) твердомере;                      б) прессе;  
в) разрывной машине;                      г) маятниковом копре;
6. На рисунке показана схема измерения твердости по методу:



- а) Виккерса,
- б) Бринелля,
- в) Роквелла,
- г) Шора

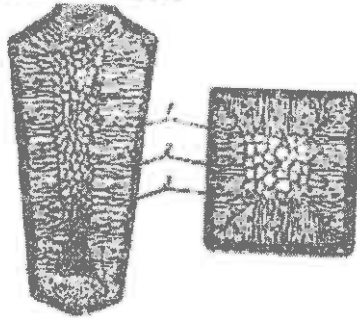
7. Метод \_\_\_\_\_ относится к группе методов измерения твердости царапанием.

- а) Бринелля; б) Полюди; в) Мооса; г) Шора;

8. В центре кристаллического слитка при нормальных условиях охлаждения образуются:

- а) столбчатые кристаллы; б) мелкозернистые кристаллы;  
в) кристаллы различной формы; г) равноосные кристаллы;

9. Цифрой 2 отмечена зона ...



- а) мелкозернистых кристаллов,  
б) столбчатых кристаллов,  
в) равновесных кристаллов,  
г) равноосных кристаллов;

10. Имеющиеся надписи на окуляре микроскопа обозначают ...

- а) увеличение; б) фокусное расстояние и числовую апертуру;  
в) фокусное расстояние; г) числовую апертуру;

11. а шлифованных образцах видны ...

- а) поры; б) риски; в) зерна; г) неметаллические включения;

12. Упрочнение металла в процессе пластической деформации объясняется ...

- а) повышением пластичности;  
б) увеличением числа дефектов кристаллического строения;  
в) снижением сопротивления деформации;  
г) затруднённым движением дислокаций;

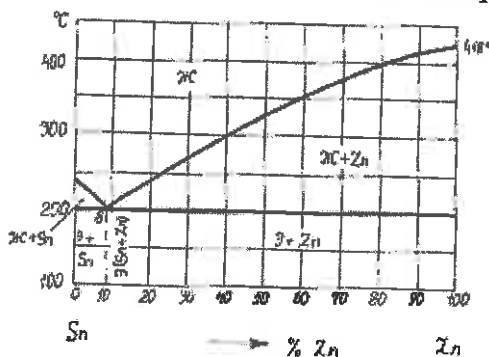
13. Образование равноосных зерен из деформированных кристаллов наблюдается при...

- а) полигонизации; б) возврате; в) закалке; г) рекристаллизации;

14. Температура рекристаллизации для свинца технической чистоты составляет:

- а)  $87^{\circ}\text{C}$ , б)  $20^{\circ}\text{C}$ ; в)  $-33^{\circ}\text{C}$ , г)  $600^{\circ}\text{C}$ ;

15. Фазовый состав сплава, содержащего 95% Sn и 5% Zn, при температуре  $210^{\circ}\text{C}$ :

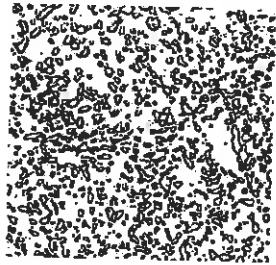


- а) жидкая фаза,  
б) жидкая фаза и кристаллы Zn,  
в) жидкая фаза и кристаллы Sn,  
г) механическая смесь кристаллов Zn и Sn.

## Рейтинг-контроль II

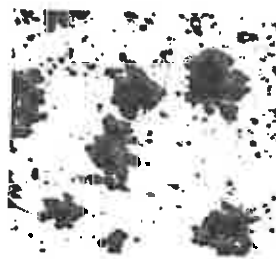
1. Структура, представляющая собой смесь феррита и цементита, называется...  
а) аустенитом; б) перлитом; в) мартенситом; г) ледебуритом;

2. Представленная микроструктура стали является ....



- а) пластинчатым перлитом;
- б) ферритом;
- в) зернистым перлитом;
- г) аустенитом;

3. Такую микроструктуру имеет...



- а) серый чугун;
- б) белый чугун;
- в) высокопрочный чугун;
- г) ковкий чугун;

4. Представленная микроструктура является ....



- а) доэвтектическим белым чугуном;
- б) серым чугуном на феррито-перлитной основе;
- в) ковким чугуном на ферритной основе;
- г) углеродистой сталью;

5. Приемлемая сталь для изготовления молотка – это...

- а) У12; б) У7; в) Р9; г) Х12М;

6. Из нижеприведенных высококачественной конструкционной сталью является сталь...

- а) У12; б) Р18; в) 30ХГСНА; г) 60С2;

7. Из нижеприведенных качественной конструкционной сталью является сталь...

- а) У12; б) СтЗкп; в) А40; г) 60;

8. Структура стали 45 после полного отжига...

- а) феррит + перлит; б) цементит + перлит;
- в) бейнит; г) мартенсит;

9. Диффузионный отжиг (гомогенизация)...

а) проводится при температурах на 30 – 50°C превышающих температуру солидус сплава;

б) это термическая обработка, заключающаяся в нагреве стали выше линии GSE и последующим охлаждении на воздухе;

в) протекает значительно быстрее в слитках и отливках большого сечения;

г) это термическая обработка, проводимая с целью устранения дендритной ликвации при температуре 1100-1200°C;

10. Эвтектический чугун содержит углерод в количестве...
- а) 4,0%;
  - б) 2,14%;
  - в) 3,0%;
  - г) 4,3%;
11. Сплав марки СЧ25 представляет собой...
- а) серый чугун с минимальным значением предела прочности при растяжении 250 МПа;
  - б) серый чугун с минимальным относительным удлинением 25%;
  - в) серый чугун с содержанием углерода 2,5%;
  - г) сталь углеродистую, содержащую 0,25% углерода;
12. Марка инструментальной легированной стали состава 0,9% С, 0,8% Cr, 0,8% W, 1,0% Mn – это...
- а) 09ХВГ;
  - б) 90ХВГ;
  - в) 9ХВГ;
  - г) 9ХГ;
13. Сплав Р6М5 представляет собой...
- а) конструкционную сталь, содержащую около 6 % С и около 5 % Мо;
  - б) конструкционную сталь, содержащую около 0,6 % С и около 5 % Mn;
  - в) быстрорежущую сталь, содержащую около 6% W и около 5 % Мо;
  - г) инструментальную сталь, содержащую около 0,6 % С и около 5% Мо;
14. Сплав системы медь – цинк называется...
- а) бронзой;
  - б) мельхиором;
  - в) нейзильбером;
  - г) латунию;
15. Основные характеристики алюминия – это...
- а) высокая плотность, высокая теплопроводность, высокая коррозионная стойкость;
  - б) малая плотность, низкая теплопроводность, низкая коррозионная стойкость;
  - в) малая плотность, высокая теплопроводность, высокая коррозионная стойкость;
  - г) малая плотность, высокая теплопроводность, низкая коррозионная стойкость.

### Рейтинг-контроль III

1. Полимеры, обратимо затвердевающие при охлаждении без протекания химических реакций, называют...
- а) термопластичными;
  - б) аморфными;
  - в) термореактивными;
  - г) кристаллическими;
2. Недостатком пластмасс является...
- а) плохая технологичность;
  - б) высокая стоимость;
  - в) склонность к старению;
  - г) высокая плотность;
3. Для вулканизации каучуков широко используют...
- а) антиоксиданты;
  - б) серу;
  - в) парафин;
  - г) тальк.
4. Объекты с размером 1–10 нм в последнее время называют ....
- а) наночастицами;
  - б) кластерами;
  - в) нано-(ультрадисперсными) порошками;
  - г) гранулами;

5. Свойство литейных сплавов уменьшать объем при затвердевании и охлаждении называется...
- а) жидкотекучестью;
  - б) усадкой;
  - в) рекристаллизацией;
  - г) кристаллизацией;
6. Для контроля уровня металла, заливаемого в литейную полость формы, предназначен следующий элемент литниковой системы -
- а) выпор;
  - б) шлакоуловитель;
  - в) стояк;
  - г) питатель;
7. Приспособлением, при помощи которого в литейной форме получают полость, близкую по форме и размерам к конфигурации отливки является...
- а) модель;
  - б) стержень;
  - в) опока;
  - г) стояк;
8. Обработка металлов давлением основана на механическом свойстве...
- а) прочности;
  - б) твердости;
  - в) пластичности;
  - г) хрупкости;
9. Технологические процессы изменения формы и размеров заготовок под действием внешних сил, вызывающих пластическую деформацию, называются...
- а) сваркой;
  - б) термической обработкой;
  - в) литьем;
  - г) обработкой металлов давлением;
10. Основными инструментами при прокатке являются...
- а) штампы;
  - б) молоты;
  - в) матрицы;
  - г) валки;
11. Способность металла образовывать качественное сварное соединение называется...
- а) пластичностью;
  - б) закаливаемостью;
  - в) свариваемостью;
  - г) прокаливаемостью;
12. Какой материал обладает лучшей свариваемостью?...
- а) чугун;
  - б) низкоуглеродистая сталь;
  - в) медные сплавы;
  - г) низколегированная сталь;
13. Ручную дуговую сварку целесообразно применять для ...
- а) увеличения производительности сварки;
  - б) выполнения швов произвольной формы;
  - в) улучшения качества сварных швов;
  - г) сварки изделий из алюминиевых и медных сплавов;
14. Для обтачивания наружной цилиндрической поверхности при обработке на токарно-винторезных станках используют
- а) подрезной резец;
  - б) расточной резец;
  - в) проходной упорный;
  - г) фасонный резец;
15. Операция по увеличению отверстия, проводимая на сверлильном станке, называется...
- а) фрезерованием;
  - б) шлифованием;
  - в) точением;
  - г) рассверливанием.

## Задания на контрольную работу

Задание на контрольную работу выдаются индивидуально каждому студенту. Оно включает задачи по основным разделам курса.

### Вариант № 1

1. Детали машин из стали 40 закалены: одни - с температуры  $760^{\circ}\text{C}$ , другие - с температуры  $840^{\circ}\text{C}$ . Укажите правильный режим закалки, используя диаграмму железо-цементит. Какие из данных деталей имеют более высокую твердость и лучшие эксплуатационные характеристики. Предложите вид отпуска применимый для данной стали.

2. Для изготовления ряда деталей самолета выбран сплав Д16. Опишите состав сплава, режим упрочняющей термической обработки и получаемую микроструктуру. Опишите процессы, протекающие при термообработке.

### Вариант № 2

1. При проведении термической обработки вала, изготовленного из стали 45, была выполнена закалка с  $760^{\circ}\text{C}$ . Правильно ли была выбрана температура закалки? Обоснуйте свое решение. Какова структура вала после данной термообработки.

2. Для изготовления постоянных магнитов используется сплав ЮНДК40Т8А: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данный сплав по назначению; б) объясните влияние легирования на свойства сплава; в) укажите основные свойства и требования, предъявляемые к сплаву.

### Вариант № 3

1. Метчики из стали У10А закалены: одни - с температуры  $760^{\circ}\text{C}$ , другие - с температуры  $840^{\circ}\text{C}$ . Используя диаграмму железо-цементит, укажите правильный режим закалки. Какой из этих инструментов будет иметь более высокую твердость и износостойкость, а соответственно лучшие эксплуатационные характеристики, предложите вид отпуска для данной стали.

2. Для обшивки самолетов используется сплав ВТ6. Приведите химический состав сплава, режим упрочняющей термической обработки и получаемую при этом структуру. Опишите процессы, протекающие при термической обработке.

### Вариант № 4

1. Объясните причины возникновения напряжений при закалке. Какие дефекты могут возникнуть при этом? Каким образом можно предотвратить образование закалочных трещин?

2. Для изготовления деталей, применяемых в судостроении, выбран сплав БрАМц10-2: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данный сплав; б) укажите основные свойства и требования, предъявляемые к сплаву.

### Вариант № 5

1. В процессе горячейковки стальная деталь хрупко разрушилась. В чем возможная причина разрушения? Как предотвратить этот вид брака?

2. В качестве материала для изготовления мембран выбран сплав БрБ2: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данный сплав; б) назначьте термическую обработку; в) опишите микроструктуру и свойства сплава.

#### Вариант № 6

1. Опишите механизмы бейнитного превращения. Сравните микроструктуру верхнего и нижнего бейнитов.

2. Для изготовления деталей в авиастроении используется сплав МЛ5: а) расшифруйте состав сплава; б) укажите способ изготовления деталей из данного сплава; в) укажите возможную термообработку; г) опишите механические свойства сплава.

#### Вариант № 7

1. Стальной рычаг у экскаватора сломался в морозную погоду. В чем может быть причина поломки?

2. Кратко изложите основы термической обработки алюминиевых сплавов в применении к промышленному сплаву дюралюмин. Укажите состав упрочняющих фаз, образующихся при старении дюралюмина. Сравните результаты, получаемые после естественного и искусственного старения, отметив преимущества и недостатки каждой из этих обработок.

#### Вариант № 8

1. Сталь 60 подвергалась закалке с температуры  $760^{\circ}\text{C}$  и  $840^{\circ}\text{C}$ . Опишите превращения, происходящие при данных режимах закалки. Укажите, какие образуются структуры, и объясните причины получения этих структур. Какой режим закалки следует применить к данной стали? Какой вид отпуска следует рекомендовать для получения высоких упругих характеристик?

2. Для изготовления деталей, получаемых глубокой штамповкой, выбран сплав Л70: а) расшифруйте состав и укажите механические свойства; б) определите, к какой группе относиться.

#### Вариант № 9

1. В результате термической обработки некоторые детали машин должны иметь твердый износоустойчивый поверхностный слой при вязкой сердцеvine. Какой обработкой можно достичь данного результата? Опишите данную обработку.

2. Назначьте марку алюминиевой бронзы для изготовления мелких ответственных деталей, например втулок: а) расшифруйте состав и укажите механические свойства сплава; б) опишите структуру сплава и возможную термическую обработку.

#### Вариант № 10

1. Опишите, в чем заключается низкотемпературная термомеханическая обработка конструкционной стали. Объясните с позиции теории дислокаций, почему этот процесс приводит к получению высокой прочности стали. Какими преимуществами и недостатками обладает вариант низкотемпературной термомеханической обработки по сравнению с высокотемпературной термомеханической обработкой?

2. Для изготовления некоторых деталей двигателя внутреннего сгорания выбран сплав АК4: а) расшифруйте состав и укажите способ изготовления деталей из

этого сплава; б) опишите возможную термическую обработку; в) приведите механические свойства данного сплава.

#### Вариант № 11

1. Сущность и особенности мартенситного превращения. Природа твердости и хрупкости мартенсита в стали. Как влияет содержание углерода на свойства закаленного сплава?

2. В конструкциях авиационных реактивных двигателей для изготовления лопаток компрессора выбран сплав ВТ14: а) приведите химический состав сплава и укажите механические свойства; б) определите, к какой группе относится данный сплав; в) опишите режим возможной термообработки и получаемую при этом структуру. Опишите процессы, протекающие при термической обработке.

#### Вариант № 12

1. Микроанализом обнаружено крупное зерно у отпущенной стали. Как оно влияет на свойства стали? В чем возможная причина? Как избежать этого? Как исправить структуру? В каких сталях это встречается? Какие из перечисленных сталей не склонны к этому браку: 40Х, 40ХН, 45, 30ХМ, 40, 40ХГС, 40ХНМА (обоснуйте свое решение)?

2. Для изготовления деталей самолета выбран сплав АМц2: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данный сплав; б) опишите способ упрочнения этого сплава и объясните природу упрочнения.

#### Вариант № 13

1. Сравните влияние нормализации и улучшения на структуру и свойства стали. В чем причина различия механических свойств получаемых при этом структур?

2. Для изготовления конденсаторных труб, используемых в морском судостроении, выбран сплав Л062-1: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данный сплав; б) опишите структуру и свойства сплава; в) укажите основные свойства и требования, предъявляемые к сплавам этой группы.

#### Вариант № 14

1. Какой термической обработкой и у каких чугунов можно повысить прочность, твердость и пластичность? Как уменьшить литейные напряжения в сложных чугунных конструкциях?

2. Сравните влияние отпуска углеродистой стали и старения дюралюмина на свойства закаленного сплава.

#### Вариант № 15

1. Нарисуйте схематические структуры закалки (мартенсита, троостита, сорбита) и одноименные структуры отпуска (мартенсита отпуска, троостита отпуска, сорбита отпуска). Объясните различие их механических свойств.

2. Для изготовления радиаторных трубок выбран сплав Л90: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данный сплав; б) опишите структуру сплава; в) приведите характеристики механических свойств сплава.



### Вариант № 16

1. Опишите азотирование сталей, укажите температуры, при которых производится процесс прочностного азотирования, используя диаграмму состояния железо-азот, объясните, почему азотирование не производится при температуре ниже  $500^{\circ}\text{C}$  и выше  $700^{\circ}\text{C}$ . Назовите марки сталей, применяемых для азотирования и опишите полный цикл их термической и химико-термической обработки.

2. Для изготовления ряда деталей, используемых в судостроении, выбран сплав БрКМц3-1: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данный сплав; б) укажите основные свойства и требования, предъявляемые к сплавам этой группы.

### Вариант № 17

1. Вал, изготовленный из стали 35, после проведения термообработки по правильным режимам обладает недостаточной прочностью. Как подобрать подходящую марку и режимы ее термообработки? Обоснуйте свое решение.

2. Для изготовления деталей простой конфигурации, работающих при ударных нагрузках, выбран сплав ЛМц58-2: а) расшифруйте состав и определите к какой группе относится данный сплав; б) опишите структуру сплава; в) объясните назначение легирующих элементов; г) приведите характеристики механических свойств.

### Вариант № 18

1. В чем заключается обработка стали холодом и в каких условиях она применяется?

2. Для обшивки некоторых элементов конструкций самолетов используется сплав МА11: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данный сплав; б) опишите структуру и его механические характеристики.

### Вариант № 19

1. В стали состава: 0,86 % С, 4,2 % Cr, 6,2 % W, 1,8 % V и 5,2 % Mo после закалки осталось много аустенита. Назовите марку стали. Как влияет остаточный аустенит на ее свойства? Что надо сделать, что бы избавиться от остаточного аустенита?

2. Для изготовления ряда деталей, работающих при повышенных температурах ( $300^{\circ}\text{C}$ ) с высокими вибрационными нагрузками (детали фюзеляжа, крыла, системы управления самолетом и др.), используется сплав АЛ19: а) расшифруйте состав сплава и укажите способ изготовления деталей из данного сплава; б) укажите основные свойства и требования, предъявляемые к сплаву; в) опишите природу упрочнения при модифицировании.

### Вариант № 20

1. Для изготовления конструкции, изготовление которой требует сварки и сложной гибки, выбрана сталь 10кп: а) расшифруйте химический состав и определите, к какой группе относится данная сталь по назначению; б) назначьте режим термической обработки, приведите его подробное обоснование; в) опишите структуру и свойства стали после термической обработки. Подберите варианты возможной замены данной стали.

2. Подберите медно-никелевый сплав для изготовления проводов, тензодатчиков, обладающих высоким сопротивлением: а) расшифруйте состав; б) опишите мик-

роструктуру сплава; в) укажите основные свойства и требования, предъявляемые к сплаву.

#### Вариант № 21

1. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривые режима ступенчатой и изотермической закалок. Опишите сущность превращений и какая структура получится при этом. В чем отличие обычной закалки от данных обработок?

2. Подберите легкий сплав для изготовления обшивки самолетов: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данный сплав; б) укажите основные свойства и требования, предъявляемые к сплаву.

#### Вариант № 22

1. В процессе термической обработки стали могут возникать различного рода дефекты. Какие из этих дефектов присущи углеродистым, а какие - легированным сталям? Как следует вести закалку детали из среднеуглеродистой стали, чтобы уменьшить вероятность коробления и закалочных трещин?

2. Подберите медно-никелевый сплав для изготовления посуды: а) расшифруйте состав и определите к какой группе относится данный сплав; б) укажите основные свойства и требования, предъявляемые к сплаву.

#### Вариант № 23

1. Выбрать сталь для изготовления для изготовления кожухов электродвигателей методом глубокой вытяжки. Опишите исходную структуру и механические свойства, назначьте режим возможной термической обработки, опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

2. Подберите марку припоя для изготовления (припаивания) выводов транзисторов в радиосхеме. Укажите ориентировочно температуру плавления и механические свойства, а так же требования, предъявляемые к этому припою.

#### Вариант № 24

1. Подберите сталь для изготовления пружины. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и свойства до и после термической обработки. Каким образом можно повысить усталостную прочность пружины?

2. Для изготовления крыльчаток вентиляторов для компрессоров реактивных двигателей использован сплав АК6: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данный сплав; б) опишите возможную упрочняющую обработку; в) укажите основные свойства и требования, предъявляемые к сплаву.

#### Вариант № 25

1. Как и в какой стали могли возникнуть такие структуры: феррит + мартенсит; мартенсит отпуска + феррит; троостит отпуска? Охарактеризуйте качество получаемых структур.

2. Подберите легкоплавкий сплав для подшипника скольжения: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данный сплав; б) опишите микроструктуру сплава; в) укажите основные свойства и требования, предъявляемые к сплаву.

## Вопросы на зачет

1. Классификация материалов. Основные типы кристаллических решеток металлов. Дефекты кристаллической решетки.
2. Методы анализа структуры металлов и сплавов. Макроструктура. Назначение макроструктурного анализа. Макроанализ изломов металлов. Строение слитка. Определение ликвации серы - метод отпечатков (метод Баумана).
3. Микроструктура. Приготовление микрошлифов. Область применения микроструктурного анализа.
4. Механические свойства. Твердость. Классификация методов измерения твердости. Метод Бринелля. Метод Роквелла. Метод Виккерса. Метод Польди. Микротвердость. Метод Шора.
5. Упругая и пластическая деформация. Наклеп. Рекристаллизация.
6. Кристаллизация. Строение кристаллического слитка.
7. Металлические сплавы. Типы сплавов.
8. Правило фаз. Диаграмма состояния двойного сплава с полной нерастворимостью.
9. Диаграммы состояния двойного сплава: с полной растворимостью, с ограниченной постоянной растворимостью и с ограниченной переменной растворимостью.
10. Диаграммы состояния двойного сплава: с полиморфными превращениями и химического соединения. Связь между свойствами сплавов и типом диаграмм состояния.
11. Свойства металлов и сплавов. Химические свойства. Физические свойства. Механические свойства.
12. Технологические свойства. Эксплуатационные свойства.
13. Железо и его сплавы. Полиморфизм железа. Диаграмма состояния железо – углерод. Углеродистые стали. Влияние легирующих элементов на свойства стали.
14. Чугуны. Получение ковкого чугуна.
15. Фазовые превращения в сталях при нагреве и охлаждении. Виды термической обработки сталей.
16. Химико-термическая обработка.
17. Свойства и применение меди. Сплавы на основе меди. Медно-никелевые сплавы. Бронзы и латуни.
18. Свойства и применение алюминия. Сплавы на основе алюминия. Литейные и деформируемые алюминиевые сплавы. Дюралюмины и их термообработка.
19. Свойства и применения титана. Классификация титановых сплавов и их применение.
20. Свойства и применения магния. Классификация магниевых сплавов и их применение.

21. Композиционные материалы. Классификация и основные понятия. Область применения.
22. Неметаллические материалы. Полимерные материалы. Пластмассы. Структура. Классификация. Достоинства и недостатки.
23. Керамические материалы.
24. Резины. Вулканизация. Состав резины. Классификация резиновых материалов.
25. Наноструктурные материалы. Основные понятия.
26. Основы выбора материалов.
27. Основные методы получения твердых тел. Классификация методов получения заготовок.
28. Сущность обработки металлов давлением. Виды обработки металлов давлением: сущность процессов, применяемый инструмент.
29. Литейные свойства сплавов. Проявления усадки.
30. Сущность литейного производства. Способы изготовления отливок в разовые и постоянные формы.
31. Физико-химические основы получения сварочного соединения. Свариваемость сталей. Сущность сварки.
32. Типы сварных швов и соединений. Способы сварки.
33. Припой. Сущность и схема пайки.
34. Формообразование поверхностей деталей резанием. Элементы токарного проходного резца. Геометрия инструмента.
35. Технологические методы обработки заготовок.

Кроме вышеперечисленных вопросов при сдаче зачета проводится контроль условных обозначений углеродистых и легированных сталей, чугунов и цветных сплавов. При этом студенту выдается следующее задание:

**РАСШИФРОВАТЬ УГЛЕРОДИСТЫЕ И ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ, ЧУГУНЫ, ЦВЕТНЫЕ СПЛАВЫ (например: 12Х2Н4А, А20, КЧ30-6, ЛО59-1 и др.).**

### **Темы для самостоятельной работы**

#### *Раздел 2. Критерии оценки материалов.*

Тема 2.1. Механические свойства. Кривая деформации (для растяжения). Прочностные характеристики. Методы измерения твердости (методы Бринелля, Роквелла, Виккерса, микротвердость, Польша, Шора, Мооса).

Тема 2.2. Макроструктурный анализ.

#### *Раздел 3. Пластическая деформация и рекристаллизация металлов.*

Тема 3.1. Влияние наклепа на свойства металлов. Использование наклепа в машиностроении. Разрушение металла. Сверхпластичность материалов.

Тема 3.2. Влияние температуры на структуру и свойства деформированного металла.

*Раздел 4. Законы кристаллизации металлов.*

Тема 4.1. Законы кристаллизации металлов. Свободная энергия и энтропия. Скрытая теплота кристаллизации. Аморфные металлы.

Тема 4.2. Управление размером зерна.

*Раздел 5. Основы теории сплавов.*

Тема 5.2. Диаграммы состояния двойных сплавов.

Тема 5.3. Правило Курнакова. Связь между типом диаграммы состояния двойных сплавов и свойствами сплавов.

*Раздел 6. Сплавы на основе железа.*

Тема 6.2. Теория и практика термической обработки углеродистых сталей.

Тема 6.3. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства стали. Особенности термообработки легированных сталей.

Тема 6.4. Стали и сплавы с особыми свойствами. Нержавеющие, жаропрочные. Стали и сплавы с особыми тепловыми свойствами. Электротехнические стали и сплавы. Магнитные стали и сплавы. Сверхпроводимость и сверхпроводящие материалы.

*Раздел 7. Цветные металлы и сплавы.*

Тема 7.1. Медь, ее свойства и область применения.

Тема 7.2. Алюминий, его свойства и область применения.

Тема 7.3. Титан, его свойства и область применения.

*Раздел 8. Композиционные материалы.*

Тема 8.1. Общая характеристика и классификация. Строение, свойства и применение композиционных материалов.

*Раздел 9. Наноструктурные материалы. Неметаллические материалы.*

Тема 9.1. Наноструктурные материалы. Общая характеристика, свойства и применение наноструктурных материалов.

Тема 9.2. Пластмассы, их особенности и области применения в качестве конструкционного материала. Состав пластмасс. Наполнители пластмасс. Классификация пластмасс. Свойства и область применения термопластических и терморезистивных пластмасс.

Тема 9.3. Резины, их особенности и области применения. Вулканизация. Состав резины. Классификация резиновых материалов.

Тема 9.4. Керамические материалы. Стекло.

Тема 9.5. Материалы, применяемые в приборостроении.

*Раздел 11. Основы обработки материалов.*

Тема 11.1. Виды обработки металлов давлением.

Тема 11.2. Методы получения отливок.

Тема 11.3. Типы сварных швов и соединений. Припой. Сущность и схема пайки.

Тема 11.4. Формообразование поверхностей деталей резанием. Обработка поверхностей деталей абразивным инструментом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Основная литература:*

1. Картонова Л. В. Основы материаловедения металлических и неметаллических веществ / Л. В. Картонова, В. А. Кечин. – Владимир: Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых (ВлГУ), 2014. – 176 с. Издание на др. носителе: Основы материаловедения металлических и неметаллических веществ [Электронный ресурс], ISBN 978-5-9984-0503-7.
2. Материаловедение и технология материалов: Учебное пособие / К.А. Батышев, В.И. Беспалько; Под ред. А.И. Батышева, А.А. Смолькина. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013 - 288 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-004821-5 <http://znanium.com/bookread2.php?book=397679>
3. Материаловедение и технология материалов: Учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-006899-2, <http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

### *Дополнительная литература:*

1. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебное иллюстрированное пособие / Е.Г. Зарембо. – М.: УМЦ ЖДТ, 2009. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9755999400475.html>
2. Материаловедение. Применение и выбор материалов [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Солнцев Ю.П., Борзенко Е.И., Вологжанина С.А. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2007. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081406.html>
3. Лабораторный практикум по материаловедению / Л. В. Картонова, А. В. Костин, В. Б. Цветаева; Владимирский государственный университет (ВлГУ); под ред. А. В. Костина, В. А. Кечина. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Владимир: Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2007. – 68 с.: ил. – Имеется электронная версия. – Библиогр.: с. 67. Издание на др. носителе: Лабораторный практикум по материаловедению [Электронный ресурс] / Л. В. Картонова, А. В. Костин, В. Б. Цветаева; Владимирский государственный университет (ВлГУ); под ред. А. В. Костина, В. А. Кечина. – Владимир, 2007. – ISBN 5-89368-780-9.

### *Периодические издания:*

Журналы «Вопросы материаловедения», «Материаловедение», «Металловедение и термическая обработка металлов», «Вестник машиностроения», «Литейное производство», «Литейщик России», «Цветная металлургия»

### *Программное и коммуникационное обеспечение*

Операционная система Windows, стандартные офисные программы.

*Электронные версии* пособий и методических разработок и указаний:

1. Картонова Л. В. Мини-словарь толкования основных терминов по дисциплине «Материаловедение» [Электронный ресурс] / Л. В. Картонова; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра литейных процессов и конструкционных материалов. – Электронные текстовые данные (1 файл: 227 Кб). – Владимир: Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2011. – 32 с. – Заглавие с титула экрана. – Библиогр.: с. 32. – Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки. – Microsoft Office Word. – <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2825/1/00209.doc>>.

2. Картонова Л. В. Лабораторный практикум по дисциплине "Материаловедение" для технических направлений подготовки [Электронный ресурс]/ Л. В. Картонова; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, Кафедра литейных процессов и конструкционных материалов. – Электронные текстовые данные (1 файл: 2,48 Мб). – Владимир: Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, 2013. – 84 с. : ил. – Заглавие с титула экрана. – Библиогр.: с. 83. – Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки. – Adobe Acrobat Reader. – <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2673/1/00254.pdf>>.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Специализированная аудитория, оборудованная металлографическими микроскопами. Наборы микрошлифов, альбомы микро- и макроструктур.

2. Специализированная аудитория, оборудованная твердомерами, печами для термообработки.

3. Специализированная аудитория, оборудованная токарным, сверлильным станками; печью сопротивления; сварочным оборудованием.

4. Лекционные аудитории, оборудованные проекторами. Ноутбук.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»

Рабочую программу составила  
доцент кафедры ТФ и КМ, к.т.н. Л.В. Картонова

Рецензент главный технолог ООО «Казанское  
литейно-инновационное объединение» \_\_\_\_\_ Е.В.Середа

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТФ и КМ  
протокол № 1 от 12.10 2015 года

Заведующий кафедрой ТФ и КМ \_\_\_\_\_ В.А. Кечин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической  
комиссии направления 12.03.05 «Лазерная техника и лазерная технология»  
протокол № 2а от 13.10 2015 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян

Программа переутверждена:

на \_\_\_\_\_ учебный год, протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой ТФ и КМ \_\_\_\_\_

на \_\_\_\_\_ учебный год, протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой ТФ и КМ \_\_\_\_\_

на \_\_\_\_\_ учебный год, протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой ТФ и КМ \_\_\_\_\_

на \_\_\_\_\_ учебный год, протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой ТФ и КМ \_\_\_\_\_

на \_\_\_\_\_ учебный год, протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой ТФ и КМ \_\_\_\_\_

