

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по ОД  
А.А.Панфилов  
« 31 » 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА**  
**ПОРОШКОВЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки **22.03.01 Материаловедение и технологии материалов**

Профиль/программа подготовки -

Уровень высшего образования **Бакалавриат**

Форма обучения **Очная**

Семестр	Трудоемкость зач. ед. / час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРП, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
VII	5 / 180	18	-	18	18	90	Экзамен – 36
Итого	5 / 180	18	-	18	18	90	Экзамен – 36

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Технологические основы производства порошковых и композиционных материалов» по ОПОП направления 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» является формирование у студентов знаний и компетенций в области технологических процессов получения порошковых и композиционных материалов и изделий из них.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Технологические основы производства порошковых и композиционных материалов» входит в вариативную часть блока 1 и является дисциплиной по выбору при освоении ОПОП бакалавриата по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов». Для успешного изучения дисциплины студенты должны быть знакомы с основными положениями высшей математики и теории вероятностей, курсов теоретической механики и сопротивления материалов, освоить материал дисциплин «Общее материаловедение и технологии материалов», «Механика материалов и основы конструирования» и «Физико-химические основы синтеза и получения сплавов».

Важную роль в подготовке к изучению дисциплины «Технологические основы производства порошковых и композиционных материалов» играют производственные практики, при прохождении которых студенты знакомятся с оборудованием, используемым для получения порошковых и композиционных материалов и их анализа в условиях действующих промышленных предприятий.

Компетенции, приобретённые студентами в курсе «Технологические основы производства порошковых и композиционных материалов», используются при выполнении бакалаврских выпускных квалификационных работ и в процессе дальнейшей профессиональной деятельности по профилю подготовки.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО:

- способность использовать на практике современные представления о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями (ПК-6);
- способность применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов (ПК-11).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **знать:**

- современные представления о влиянии микро- и наноструктуры на свойства порошковых и композиционных материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями (ПК-6);
- основные классы современных порошковых и композиционных материалов, их свойства и области применения (ПК-11);
- принципы выбора порошковых и композиционных материалов для заданных условий эксплуатации (ПК-11);

**уметь:**

- выбирать порошковые и композиционные материалы для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности изделий (ПК-11);
- разрабатывать технологические процессы производства порошковых и композиционных материалов и изделий из них (ПК-6, ПК-11);
- применять на практике фундаментальные закономерности взаимодействия компонентов порошковых и композиционных материалов с учетом достижения заданных эксплуатационных свойств изделий (ПК-6);

**владеть:**

- навыками определения основных свойств и характеристик порошковых и композиционных материалов (ПК-11);
- методами и средствами контроля качества порошковых и композиционных материалов и изделий из них, а также методами анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции (ПК-6, ПК-11).

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел (тема) 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	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРП	СРС	КП / КР		
1	Процессы порошковой металлургии	7	1-6	6	-	6	-	6	30	-	6 / 33	1 РК
2	Физико-химические основы технологии композиционных материалов	7	6-12	6	-	6	-	6	30	-	6 / 33	2 РК
3	Технологические процессы получения композиционных материалов	7	12-17	6	-	6	-	6	30	-	6 / 33	3 РК
Всего		-	-	18	-	18	-	18	90	-	18 / 33	Экзамен

**Содержание разделов дисциплины****Раздел №1. Процессы порошковой металлургии.****Тема №1. Свойства порошков и методы их определения (2 часа).**

Введение. Цель и задачи курса. Химический состав. Форма и размер частиц. Гранулометрический состав порошка. Ситовый анализ. Микроскопический анализ. Статистические распределения, используемые для описания дисперсного состава. Кондуктометрический анализ. Лазерный и рентгеновский методы. Удельная поверхность.

Методы измерения проницаемости порошка. Адсорбционные методы. Плотность. Микротвердость. Химические свойства порошков. Газосодержание порошков. Воспламеняемость и взрываемость.

### **Тема №2. Методы получения порошков (2 часа).**

Механические методы. Измельчение твердых металлов. Теория и практика размолла в шаровых, вихревых, молотковых, планетарных мельницах, щековых и валковых дробилках. Ультразвуковое измельчение в жидких средах. Измельчение материалов в аппаратах магнитного индукционного вращателя. Диспергирование расплавов. Центробежное и высокоскоростное распыление. Грануляция. Получение металлических порошков методом восстановления химических соединений. Физико-химические основы восстановления. Получение порошков электролизом растворов и расплавов. Получение металлических порошков цементацией, автоклавным осаждением и методом межкристаллитной коррозии. Термическая диссоциация карбониллов. Метод конденсации металлов.

### **Тема №3. Процессы получения изделий из порошков (2 часа).**

Процессы, происходящие при прессовании. Зависимость плотности брикета от давления прессования. Основные уравнения прессования. Боковое давление. Трение при прессовании. Давление выталкивания и упругое последствие. Прочность прессовок. Брак при прессовании. Подготовка порошков к формованию. Классификация методов формования. Холодное изостатическое прессование. Горячее изостатическое (газостатическое) прессование. Шликерное формование. Непрерывное формование. Технология мундштучного прессования. Инжекционное формование. Вибрационное формование. Высокоскоростные методы формования. Твердофазное спекание материалов.

### **Раздел №2. Физико-химические основы технологии композиционных материалов.**

#### **Тема №4. Общая характеристика композиционных материалов (2 часа).**

Основные понятия и определения. Классификация композиционных материалов по морфологии армирующих фаз, по схеме армирования, температурным интервалам работы и в зависимости от материала матрицы. Матричные материалы, используемые при производстве композиционных материалов. Дисперсно-упрочненные, волокнистые, слоистые композиты. Металломатричные композиционные материалы. Требования, предъявляемые к компонентам композиционных материалов. Основные научные школы в области композиционных материалов в России и за рубежом.

#### **Тема №5. Взаимодействие металлических расплавов с армирующими наполнителями (2 часа).**

Проблема совместимости металлической матрицы и армирующего наполнителя. Термодинамическая и кинетическая совместимость. Типы связей между компонентами. Поверхности раздела. Термическая и механическая стабильность поверхности раздела. Физико-химические процессы на межфазных границах. Формирование межфазного контакта. Смачивание и растекание жидких металлов по поверхности твердых материалов. Основные условия смачивания в равновесных и неравновесных материалах. Смачивание различных типов материалов. Современные подходы к оценке процессов взаимодействия между компонентами композиционных сплавов. Подавление образования нежелательных фаз.

#### **Тема №6. Формирование физико-механических и эксплуатационных свойств композиционных материалов (2 часа).**

Факторы, определяющие свойства композитов. Влияние поверхности раздела на механические свойства композиционных материалов. Теории прочности и разрушения композитов. Методы определения механических свойств композиционных материалов.

Расчет физико-механических характеристик композиционных материалов по свойствам исходных компонентов. Уравнение аддитивности. Закон Гука для изотропных материалов. Упругие деформации. Анизотропия прочности. Модули упругости композиционных материалов. Температурные коэффициенты линейного расширения. Коэффициенты теплопроводности. Удельная электропроводность.

### **Раздел №3. Технологические процессы получения композиционных материалов.**

#### **Тема №7. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы (2 часа).**

Классификация дисперсно-упрочненных композитов. Основные принципы выбора армирующих частиц. Получение композитов методами порошковой металлургии. Статическое и динамическое компактирование. Псевдосплавы. Жидкофазные методы экзогенного и эндогенного армирования. Метод механического замешивания частиц в расплав. Метод реакционного синтеза. Свойства и применение дисперсно-упрочненных композиционных материалов.

#### **Тема №8. Волокнистые композиционные материалы (2 часа).**

Непрерывные и дискретные волокна и нитевидные монокристаллы, применяемые для армирования волокнистых композитов. Металлические волокна. Стеклые и кварцевые волокна. Органические волокна. Волокна тугоплавких соединений. Поликристаллические и монокристаллические керамические волокна. Структура и свойства керамических волокон. Технологические схемы получения композитов и применяемое оборудование. Самопроизвольная и принудительная пропитка каркасов из волокон. Метод непрерывного литья. Метод пластической деформации. Диффузионная сварка.

#### **Тема №9. Слоистые композиционные материалы (2 часа).**

Преимущества слоистых материалов и их свойства. Анизотропия свойств в слоистых композитах. Структура переходной зоны. Квази-изотропные слоистые композиты. Физические основы торможения разрушения в слоистых композиционных материалах. Получение слоистых композитов. Прокатка. Экструзия. Литье органосуспензии на движущуюся ленту-подложку. Напыление. Применение слоистых композитов. Металлополимерные композиции. Алюмокомпозиты.

#### **Темы лабораторных работ**

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (з.е. / часы)
1	Изучение основных свойств металлических порошков	0,08 / 3
2	Исследование взаимодействия порошковых реагентов в условиях СВС-процесса	0,08 / 3
3	Получение композиционных материалов методом механического замешивания	0,08 / 3
4	Получение композиционных материалов методом жидкофазного реакционного синтеза	0,08 / 3
5	Получение градиентных композиционных материалов методом центробежного литья	0,08 / 3
6	Изучение литейных свойств композиционных материалов	0,08 / 3

#### **Самостоятельная работа студента под руководством преподавателя (СРП)**

Самостоятельная работа студента под руководством преподавателя логически взаимосвязана с другими видами учебных занятий по дисциплине и ориентирована на расширение содержательной части образовательного материала для формирования запланированных профессиональных компетенций по итогам освоения дисциплины в полном объеме. Демонстрация овладения предложенным учебным материалом для

предстоящей учебной и профессиональной деятельности осуществляется студентами на занятиях СРП в форме докладов с презентациями (РРТ) по заданным темам в выделенные учебные часы.

Материал, подлежащий изучению на самостоятельных занятиях в режиме СРП, представлен в таблице:

№ п/п	Наименование и содержание самостоятельной работы под руководством преподавателя	Трудоемкость (з.е. / часы)
1	<b>СРП 1. Технологические свойства порошков.</b> Насыпная плотность при свободной засыпке и плотность утряски. Текучесть порошка. Уплотняемость, прессуемость и формуемость. Спекаемость.	0,06 / 2
2	<b>СРП 2. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.</b> Общая характеристика процессов СВС. Принципы управления структурой и свойствами СВС-продуктов. СВС-технология механоактивированных порошковых смесей. Выбор химической схемы синтеза.	0,06 / 2
3	<b>СРП 3. Спекание в присутствии жидкой фазы.</b> Особенности и стадии процессов жидкофазного спекания. Спекание с жидкой фазой, присутствующей до конца спекания в процессе изотермической выдержки. Спекание порошковых тел с жидкой фазой, исчезающей в процессе спекания. Объемный рост порошкового тела.	0,06 / 2
4	<b>СРП 4. Металломатричные нанокомпозиты.</b> Размерные эффекты в наноматериалах. Изменение межатомных расстояний в структуре наночастиц. Структурные и фазовые превращения в наночастицах. Особенности структуры и свойств нанокомпозитов. Методы получения нанокомпозитов.	0,06 / 2
5	<b>СРП 5. Поверхности раздела в металломатричных композитах.</b> Типы связи и структур поверхностей раздела в композиционных материалах. Требования к поверхности раздела. Механические аспекты поверхности раздела. Физическая химия поверхности раздела. Влияние поверхности раздела на характер разрушения материалов.	0,06 / 2
6	<b>СРП 6. Деформация и разрушение металломатричных композитов.</b> Микромеханические теории прочности. Статистические аспекты разрушения. Усталостное повреждение. Концентрация напряжений. Вектор напряжений. Напряжение на поверхности раздела. Длительная прочность матрицы.	0,06 / 2
7	<b>СРП 7. Дисперсные системы: структурообразование и свойства.</b> Дисперсная фаза и дисперсионная среда. Монодисперсные и полидисперсные системы. Характеристики типичных свободнодисперсных систем: аэрозоли, порошки, суспензии, эмульсии, пены. взаимодействия между частицами дисперсных фаз. Структурно-механические свойства дисперсных систем	0,06 / 2
8	<b>СРП 8. Направленно-закристаллизованные эвтектики как класс волокнистых композитов.</b> Подходы к выбору систем. Двойные, псевдобинарные и тройные эвтектики. Многовариантные и многокомпонентные эвтектики. Метод Бриджмена. Зонная плавка. Направленная кристаллизация методом литья в оболочковую форму. Полунепрерывное литье. Анизотропия механических свойств.	0,06 / 2

9	<b>СРП 9. Градиентные композиционные материалы.</b> Теория функционального армирования. Центробежное литье как метод получения градиентных композитов. Установки для получения градиентных композитов. Гравитационный коэффициент. Толщина градиентного слоя. Распределение армирующих частиц в центробежном поле.	0,06 / 2
---	---	----------

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Более 30% времени аудиторных занятий отведено на интерактивные формы обучения, предусматривающие проведение занятий в диалоговом режиме с применением специализированных технологий обучения, что способствует развитию общекультурного уровня и интеллектуальной инициативы студентов. В условиях интерактивного взаимодействия преподавателя и студентов предусмотрены дискуссии, разбор и обсуждение конкретных практико-ориентированных ситуаций, направленные на формирование основных профессиональных компетенций посредством решения практических проблем на основе опережающей теоретико-аналитической работы.

Специфика сочетания методов и форм организации обучения показана в матрице:

Методы	ФОО	Лабораторные работы	СРС
IT-методы		+	+
Командная работа		+	-
Опережающая самостоятельная работа		-	+
Индивидуальное обучение		+	+
Проектный метод		+	+
Поисковый метод		+	+

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

### ВОПРОСЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

#### Рейтинг-контроль №1

1. Каковы методы определения гранулометрического состава порошков?
2. Что такое насыпная плотность и плотность утряски?
3. Что такое текучесть порошка?
4. Каковы основные методы определения формуемости порошка?
5. Каким образом текучесть зависит от характеристик порошка?
6. Взаимосвязь формы частиц с технологией их получения.
7. Какие факторы определяют эффективность помола материалов в шаровой мельнице?
8. Сущность метода центробежного распыления расплавов.
9. Основные методы получения порошков железа.
10. Карбонильный метод получения порошков.
11. Способы получения многокомпонентных порошков сплавов.
12. Основные схемы прессования порошковых заготовок.
13. Жидкофазное спекание порошков.

14. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.
15. Основные виды брака при прессовании и спекании порошковых изделий.

### Рейтинг-контроль №2

1. Общие принципы классификации композиционных материалов.
2. Какие требования предъявляются к компонентам композиционных материалов?
3. Что понимается под термодинамической совместимостью компонентов композиционных материалов?
4. Механическая совместимость компонентов композиционных материалов.
5. Смачивание армирующих компонентов матричным расплавом.
6. Физико-химические принципы выбора компонентов композиционных материалов.
7. Термодинамическая оценка взаимодействия компонентов композиционных материалов.
8. Кинетика межфазного взаимодействия в композиционных материалах.
9. Методы улучшения смачиваемости армирующих компонентов матричными расплавами.
10. Механизмы упрочнения различных классов композиционных материалов.
11. Расчет упругих характеристик композиционных материалов по свойствам компонентов.
12. Расчет физических свойств композиционных материалов по свойствам компонентов.
13. Расчет прочности композиционных материалов по свойствам компонентов.
14. Вязкость разрушения композиционных материалов.
15. Применение программного пакета MathCAD в расчетах композиционных материалов и конструкций.

### Рейтинг-контроль №3

1. В чем состоит назначение и какова область применения способа механического замешивания порошкообразных частиц в расплав?
2. От каких факторов зависят свойства литых композиционных материалов, полученных путем механического замешивания?
3. Как скорость вращения импеллера влияет на структуру и свойства получаемых композиционных материалов?
4. Каковы основные этапы технологии получения композиционных материалов способом механического замешивания?
5. Каковы преимущества и недостатки способа механического замешивания?
6. Какие технологические приемы могут быть использованы для реализации жидкофазного реакционного синтеза?
7. Как осуществляется выбор исходных компонентов для получения композиционных материалов методом жидкофазного реакционного синтеза?
8. Какие факторы влияют на процессы структурообразования при получении композиционных материалов методом жидкофазного реакционного синтеза?
9. Литейные свойства композиционных материалов.
10. Технологические схемы получения волокнистых композиционных материалов.
11. Получение армирующих волокон и нитевидных кристаллов.
12. Непрерывное литье волокнистых композиционных материалов.
13. Каковы основные методы получения наноструктурированных композиционных материалов?
14. Получение слоистых металлополимерных композиционных материалов.
15. Применение композиционных материалов в промышленности.



## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Методы получения металлических порошков.
2. Физические свойства порошков.
3. Технологические свойства порошков.
4. Взаимосвязь формы частиц с технологией их получения.
5. Подготовка порошков к формованию.
6. Закономерности уплотнения порошковых тел при прессовании.
7. Горячее прессование.
8. Жидкофазное спекание.
9. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.
10. Основные виды брака при прессовании и спекании порошковых изделий.
11. Общие принципы классификации композиционных материалов.
12. Матричные материалы.
13. Роль матрицы и армирующей фазы в композиционных материалах.
14. Поверхностные явления на межфазных границах.
15. Стадии взаимодействия между компонентами композитов.
16. Смачивание и растекание жидких металлов по поверхности твердых материалов.
17. Методы расчета физико-механических свойств композиционных материалов.
18. Классификация методов получения композиционных материалов.
19. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы.
20. Основные принципы выбора армирующих частиц.
21. Эвтектические композиционные материалы.
22. Наноструктурированные композиционные материалы.
23. Волокнистые композиционные материалы.
24. Нитевидные кристаллы и короткие волокна.
25. Получение волокнистых композиционных материалов методом пропитки.
26. Слоистые композиционные материалы.
27. Метод механического замешивания частиц в расплав.
28. Основные конструкции установок механического замешивания.
29. Жидкофазный реакционный синтез.
30. Металлополимерные композиционные материалы: получение, свойства и области применения.

### СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

№ п/п	Содержание самостоятельной работы студентов	Трудо- емкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма отчетности студента
1	Составление реферативного конспекта и выполнение индивидуального расчетного задания по разделу №1 «Процессы порошковой металлургии». Расчет и конструирование пресс-форм для производства порошковых изделий. Классификация пресс-форм. Материалы для изготовления пресс-форм. Способы прессования. Шероховатость поверхности и нормы точности пресс-форм. Типовые	30	ПК-6 ПК-11	Отчет о выполнении индивидуального задания по разделу №1 в соответствии с ГОСТ 7.32-2003

	конструкции пресс-форм. Расчет пресс-формы по заданию преподавателя.			
2	Составление реферативного конспекта и выполнение индивидуального расчетного задания по разделу №2 «Физико-химические основы технологии композиционных материалов». Вычисление термодинамических характеристик взаимодействия компонентов композиции с использованием пакета MathCAD.	30	ПК-6 ПК-11	Отчет о выполнении индивидуального задания по разделу №2 в соответствии с ГОСТ 7.32-2003
3	Составление реферативного конспекта и выполнение индивидуального расчетного задания по разделу №3 «Технологические процессы получения композиционных материалов». Разработка технологического процесса получения композиционного материала с заданными свойствами по заданию преподавателя.	30	ПК-6 ПК-11	Отчет о выполнении индивидуального задания по разделу №3 в соответствии с ГОСТ 7.32-2003

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### *а) основная литература:*

1. Технологические основы производства порошковых и композиционных материалов : лабораторный практикум / Е.С. Прусов, А.А. Панфилов. – Владимир : Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2015. – 73 с. – ISBN 978-5-9984-0630-0.
2. Нано- и биокompозиты / Аверус Люк [и др.].— Электрон. текстовые данные. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 392 с. ISBN 978-5-9963-2914-4. (ЭБС IPRbooks).
3. Капитонов А.М. Физико-механические свойства композиционных материалов. Упругие свойства / А.М. Капитонов, В.Е. Редькин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 532 с. – ISBN 978-5-7638-2750-7. (ЭБС znanium.com)

### *б) дополнительная литература:*

1. Композиционные материалы на основе силикатов и алюмосиликатов / С.М. Азаров [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Белорусская наука, 2014. – 176 с. ISBN 978-985-08-1732-7. (ЭБС IPRbooks).
2. Лепешев А.А. Плазмохимический синтез нанодисперсных порошков и полимерных нанокомпозитов / А.А. Лепешев, А.В. Ушаков, И.В. Карпов. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 328 с. – ISBN 978-5-7638-2502-2. (ЭБС znanium.com).
3. Рудской А.И. Технологические основы получения ультрамелкозернистых металлов: учебное пособие / Рудской А.И., Коджаспиров Г.Е. – СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2011. – 247 с. ISBN 978-5-7422-3342-8. (ЭБС IPRbooks).

4. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы: учебное пособие / Михайлин Ю.А. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 822 с. ISBN 978-5-91703-003-6. (ЭБС IPRbooks).

5. Анчаров А.И. Механокомпозиты - прекурсоры для создания материалов с новыми свойствами / Анчаров А.И., Аульченко В.М., Барина А.П. — Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2010. — 424 с. ISBN 978-5-7692-1108-9. (ЭБС IPRbooks).

в) *периодические издания*: научные журналы «Конструкции из композиционных материалов», «Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия», «Материаловедение».

г) *интернет-ресурсы*:

1. [www.de.vlsu.ru:81/umk](http://www.de.vlsu.ru:81/umk) : электронная информационно-образовательная среда ВлГУ на базе системы управления обучением LMS Moodle.

2. <http://www.emtc.ru> : научно-образовательный центр «Композиты России».

3. <http://www.compositesportal.com> : Интернет-портал по мировой индустрии композиционных материалов.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Для реализации образовательного процесса по дисциплине используются аудитории кафедры «Технологии функциональных и конструкционных материалов», оснащенные мультимедийным и проекционным оборудованием. Кафедра располагает компьютерным классом с современным лицензионным и свободным программным обеспечением (MS Excel, MathCAD, GNURegression, GNUPlot и др.), локальной вычислительной сетью и доступом в Интернет. Практические и лабораторные работы проводятся в форме индивидуально-групповых занятий с использованием электронно-вычислительных средств обучения и современной экспериментально-исследовательской базы. В распоряжении кафедры имеется весь спектр необходимого оборудования для получения порошковых и композиционных материалов различного состава (установки для получения композитов жидкофазными и твердофазными методами, кузнечно-прессовое оборудование, плавильные и термические печи), проведения рентгенофазового анализа (Bruker AXS D8 Advance), определения состава металлов и сплавов (ARL Advant'X), количественного металлографического анализа (Nikon Epiphot TME200), электронно-микроскопических исследований (Quanta 200 3D), изучения физико-механических и специальных свойств материалов.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 ноября 2015 г. №1331 (зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации под №40078 от 14 декабря 2015 г.).

Рабочую программу составил:  
доцент каф. ТФиКМ \_\_\_\_\_

  
Е.С. Прусов

Рецензент:  
гл. технолог ООО «КЛИО» \_\_\_\_\_

  
Е.В. Серeda

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Технологии функциональных и конструкционных материалов»

Протокол № 1 от 31.08.2018 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

  
В.А. Кечин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Протокол № 1 от 31.08.2018 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

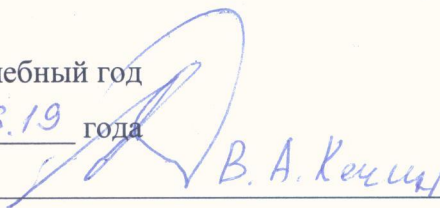
  
В.А. Кечин

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2019-2020 учебный год

Протокол заседания кафедры № 9 от 7.06.19 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



В. А. Кечич

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_