

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 09 » октября 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Материаловедение и технология композиционных материалов  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Материаловедение и технологии материалов (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - получение знаний по проблемам формирования структуры и свойств композиционных материалов и привитие навыков и умений выбора и разработки эффективных технологических процессов производства изделий из композиционных материалов.

Задачи:

1. Изучение основных видов композиционных материалов и технологий их получения, теоретических основ конструирования композиционных материалов;
2. Уметь использовать методы испытаний композиционных материалов и контроля за технологическим процессом и качеством изделий;
3. Владеть навыками обоснованного выбора армирующих компонентов, метода их получения и способа введения в матрицу;
4. Владеть навыками разработки технологических процессов получения композиционных материалов, а также изделий из них.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- Матрицы и армирующие элементы композиционных материалов;
- Технологии получения армирующих элементов и композиционных материалов различного вида;
- Состав, структура, свойства и области применения композиционных материалов различного вида;
- Теоретические основы конструирования композиционных материалов.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.4	ИД-1ПК-2.4	<p>Знает традиционные и прогрессивные методы формования изделий из композиционных материалов;</p> <p>Знает основные технологические схемы процессов изготовления армирующих компонентов.</p> <p>Знает особенности технологических процессов производства полуфабрикатов волокнистых композитов, заготовок и изделий из них;</p> <p>Знает основные типы и характеристики современных компонентов композиционных материалов и способы их сочетания;</p> <p>Знает основные виды композиционных материалов конструкционного и функционального назначения;</p> <p>Знает основы методов расчета и особенности конструирования изделий из композиционных материалов.</p>	Знает физико-химические основы и методы получения порошковых, композиционных и наноматериалов и способов высокоэнергетической обработки материалов и изделий из них	Дифференцированный зачет
ПК-2.4	ИД-2ПК-2.4	<p>Умеет подбирать технологические параметры процессов производства композиционных материалов;</p> <p>Умеет выбирать композиционные материалы для заданных условий эксплуатации.</p>	Умеет подбирать технологические параметры процессов производства порошковых, композиционных материалов и наноматериалов и высокоэнергетической обработки материалов и изделий из них	Расчетно-графическая работа
ПК-2.4	ИД-3ПК-2.4	<p>Владеет навыками определения оптимальных параметров процесса производства композиционных материалов;</p> <p>Владеет навыками</p>	Владеет навыками определения характеристик и подбора регулируемых параметров технологического процесса; анализа полученных результатов и	Расчетно-графическая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		расчета физико-механических свойств композиционного материала в зависимости от свойств компонентов.	определение оптимальных параметров процесса производства	
ПК-2.6	ИД-1ПК-2.6	Знает основные методы и особенности испытаний композиционных материалов.	Знает физические принципы работы, область применения и принципиальные ограничения методов и средств испытаний; методики выполнения измерений, контроля и испытаний изготавливаемых материалов и изделий из них; требования к качеству изготавливаемых в организации изделий; методики статистической обработки результатов измерений и контроля	Дифференцированный зачет
ПК-2.6	ИД-2ПК-2.6	Умеет проводить расчеты физико-механических свойств композиционных материалов.	Умеет использовать методики измерений, контроля и испытаний изготавливаемых материалов; применять измерительное оборудование, необходимое для проведения измерений и испытаний; выполнять статистическую обработку результатов измерений и контроля; рассчитывать погрешности (неопределенности) результатов измерений	Расчетно-графическая работа
ПК-2.6	ИД-3ПК-2.6	Владеет навыками выполнения структурного анализа, измерений и испытаний композиционных материалов. Владеет навыками обработки данных, полученных при испытаниях композиционных материалов; Владеет навыками оформления отчетов по	Владеет навыками контроля параметров и испытаний изготавливаемых изделий; обработки данных, полученных при испытаниях; оформления документации по результатам контроля и испытаний	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		результатам испытаний композиционных.		

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	60	60	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	24	24	
- лабораторные работы (ЛР)	16	16	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	16	16	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	84	84	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				
Введение.	1	0	0	2
Анализ состояния и перспективы развития композиционных материалов (КМ). Классификация КМ: по материалу матрицы (металлическая, керамическая, полимерная и др.) и армирующих элементов; по геометрии компонентов, структуре и расположению компонентов; по методу получения и назначению.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Теоретические основы конструирования композиционных материалов.	4	4	6	15
Факторы, определяющие свойства композита. Уравнение аддитивности. Закон Гука для изотропных материалов. Анизотропия прочности. Критерии предельных напряженных состояний и максимальных напряжений и деформаций. Модуль нормальной упругости однонаправленного КМ. КМ, армированные дискретными и хаотично ориентированными волокнами. Предел прочности композита армированного непрерывными волокнами. Влияние ориентации волокон на разрушение композита. Прочность при растяжении композита, армированного дискретными волокнами. Влияние объемной доли волокон на прочностные свойства КМ. Прочность КМ при сжатии. Особенности разрушения композиционных материалов. Расчет физических свойств КМ по свойствам компонентов.				
Межфазное взаимодействие в композиционных материалах.	1	0	0	4
Термодинамическая и кинетическая совместимости компонентов КМ. Виды межфазного взаимодействия. Влияние поверхности раздела на прочность и характер разрушения КМ. Типы связей между компонентами. Термическая и механическая стабильность поверхности раздела композита. Формирование межфазного контакта. Смачивание композиционных материалов.				
Характеристика и основы технологии получения компонентов композиционных материалов.	4	0	0	7
Матричные материалы на основе металлов, полимеров и керамик. Технологии получения металлических волокон и их свойства. Технологии получения стекло- и кварцевых волокон и их свойства. Технологии получения и свойства органических волокон. Методы получения борных, углеродных, поликристаллических и монокристаллических керамических волокон и их свойства. Методы получения нитевидных кристаллов, природа их прочности и свойства.				
Производство композиционных материалов на основе металлических матриц.	4	4	2	10
Твердофазные, жидкофазные и газофазные способы производства металлических композиционных материалов. Методы получения дисперсно-упрочненных композитов. Общая характеристика ДКМ и механизм упрочнения. Свойства и методы получения псевдосплавов. Методы и условия получения эвтектических				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
композиционных материалов.				
Композиты на основе полимерной матрицы.	4	4	4	14
Основные технологические процессы получения полимерных композиционных материалов. Методы формования полимерных КМ. Получение заготовок для полимерных композиционных материалов в виде препрегов и премиксов. Стеклопластики. Углепластики. Боропластики. Органопластики.				
Перспективные композиционные материалы.	4	4	0	10
Керамические композиционные материалы. Углерод-углеродные композиционные материалы. Композиционные наноматериалы.				
Методы определения механических свойств композиционных материалов.	1	0	0	2
Основные особенности свойств композитов. Испытания композиционных материалов на растяжение. Испытания композиционных материалов на сжатие. Испытания композиционных материалов на сдвиг.				
Конструирование с применением КМ.	1	0	4	20
Основные требования, предъявляемые к конструкционным композиционным материалам. Критерии конструирования композиционных материалов. Проектирование структуры и расчет свойств композиционных материалов. Ограничения при проектировании композитов. Стадии проектирования композитов.				
ИТОГО по 7-му семестру	24	16	16	84
ИТОГО по дисциплине	24	16	16	84

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет объемного и массового содержания армирующих компонентов КМ.
2	Расчет упругих и прочностных характеристик композиционных материалов по свойствам компонентов.
3	Технологические процессы изготовления композиционных материалов на основе металлических матриц.
4	Особенности технологических процессов изготовления дисперсно-упрочненных композиционных материалов, псевдосплавов и эвтектических композиционных материалов.
5	Технологические процессы производства изделий из полимерных композиционных материалов.
6	Проектирование и расчет компонентов композиционных материалов с хаотично ориентированными дискретными волокнами

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
7	Проектирование конструкций из композиционных материалов.

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Определение содержания армирующего компонента методом микроструктурного анализа
2	Получение псевдосплава железо-медь и определение его свойств.
3	Получение композиционного материала на основе эпоксидной смолы и определение его свойств.
4	Получение керамического композиционного материала, упрочненного частицами и определение его свойств.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Батаев А. А. Композиционные материалы: строение, получение, применение : учебное пособие / А. А. Батаев, В. А. Батаев. - Москва: Логос, 2006.	17
2	Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология : учебное пособие для вузов / М. Л. Кербер [и др.]. - Санкт-Петербург: Профессия, 2008.	25
3	Производство изделий из полимерных материалов : учебное пособие для вузов / В. К. Крыжановский [и др.]. - Санкт-Петербург: Профессия, 2008.	28
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Батаев А. А. Композиционные материалы: строение, получение, применение : учебник / А. А. Батаев, В. А. Батаев. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002.	19
2	Бочкарев С. В. Технология производства полимерных композитных материалов и конструкций на их основе : учебное пособие / С. В. Бочкарев. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 1999.	35
3	Композиционные материалы : справочник / Академия наук Украинской ССР; Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича; Под ред. Д. М. Карпиноса. - Киев: Наук. думка, 1985.	16
4	Костиков В.И. Сверхвысокотемпературные композиционные материалы / В.И.Костиков,А.Н.Варенков. - М.: Интернет Инжиниринг, 2003.	16
5	Курганова Ю. А. Конструкционные металломатричные композиционные материалы : учебное пособие для вузов / Ю. А. Курганова, А. Г. Колмаков. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015.	5
6	Мелешко А. И. Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты / А. И. Мелешко, С.П. Половников. - Москва: Сайнс-Пресс, 2007.	5

7	Мэттьюз Ф. Композитные материалы. Механика и технология : учебник для вузов : пер. с англ. / Ф. Мэттьюз, Р. Ролингс. - Москва: Техносфера, 2004.	34
8	Полимерные нанокompозиты : пер. с англ. / Под ред. Ю-Винг Май, Жонг-Жен Ю. - Москва: Техносфера, 2011.	6
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия : журнал / Московский государственный институт стали и сплавов; Калвис. - Москва: Калвис, 2007 - .	
2	Композиты и наноструктуры : научно-технический журнал / Российская академия наук, Институт физики твердого тела; Научно-техническое предприятие Вираз-Центр. - Москва: Машиздат, 2009.	
3	Конструкции из композиционных материалов : межотраслевой научно-технический журнал / Российская академия наук. Научный совет по механике конструкций из композиционных материалов; Всероссийский научно-исследовательский институт межотраслевой информации - федеральный информационно-аналитический центр оборонной промышленности; Государственный ракетный центр КБ им. академика В. П. Макеева; Научно-производственное объединение прикладной механики им. акад. М. Ф. Решетнева. - Москва: ВИМИ, ГРЦ КБ им. В. П. Макеева, НПО ПМ им. М. Ф. Решетнева, 1981 - .	
4	Материаловедение : научно-технический и производственный журнал / Наука и технологии. - Москва: Наука и технологии, 1997 - .	
5	Перспективные материалы : журнал / Российская академия наук; Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова; Московский государственный институт электроники и математики; Московский государственный индустриальный университет. - Москва: Интерконтакт Наука, 1995 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Батаев А. А. Ком-позиционные ма-териалы: строение, получение, применение	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPuelib2349">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPuelib2349</a>	локальная сеть; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Вотинов А. М. Технология композиционных материалов	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib2198">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib2198</a>	локальная сеть; свободный доступ
Дополнительная литература	Композиционные материалы / Под ред. Д. М. Карпиноса.	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib2086">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib2086</a>	локальная сеть; свободный доступ

### **6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Весы электронный	2
Лабораторная работа	Высокотемпературная печь НТ64/17	1
Лабораторная работа	Испытательная машина «Heckert-10»	1
Лабораторная работа	Маятниковый копер	1
Лабораторная работа	Микроскоп «Neophot-21»	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Планетарная вариомельница «Пульверизетте»	1
Лабораторная работа	Полировальный станок «Нерис»	1
Лабораторная работа	Твердомер ТБ-5004	1
Лабораторная работа	Штангенциркуль	2
Лекция	Проектор, ноутбук	1
Практическое занятие	Проектор, ноутбук	1

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
«Материаловедение и технология композиционных материалов»  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов	
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Материаловедение и технологии авиационно-космических материалов	
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Бакалавр»	
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Механика композиционных материалов и конструкций	
<b>Форма обучения:</b>	Очная	
<b>Курс:</b> 4	<b>Семестр:</b> 7	
<b>Трудоёмкость:</b>		
Кредитов по рабочему учебному плану:	4	ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144	ч.
<b>Виды промежуточного контроля:</b>		
Дифференцированный зачет:	7	семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

## **1.Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

### **1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, лабораторные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам и дифференцированного зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля						
	Текущий		Рубежный			Промежуточный	
	ОП	КР	ОПР	Т/КР	РР		Зачет
<b>Усвоенные знания</b>							
- традиционные и прогрессивные методы формования изделий из композиционных материалов;	ОП3 ОП4	КР3 КР4		Т/КР4 Т/КР5			КО
- особенности технологических процессов производства полуфабрикатов волокнистых композитов, заготовок и изделий из них;	ОП3 ОП4	КР3 КР4		Т/КР5			КО
- основные технологические схемы процессов изготовления армирующих компонентов.	ОП2	КР2		Т/КР3			КО
- основные типы и характеристики современных компонентов композиционных материалов и способы их сочетания;	ОП2	КР2		Т/КР3 Т/КР5			КО
- основные виды композиционных материалов конструкционного и функционального назначения;	ОП3 ОП4	КР3 КР4		Т/КР4 Т/КР5			КО
- основы методов расчета и особенности конструирования изделий из композиционных материалов.	ОП1	КР1		Т/КР1 Т/КР2			КО
- основные виды оборудования, применяемого для получения композиционных материалов.	ОП3 ОП4			Т/КР4 Т/КР5			КО

- основные методы и особенности испытаний композиционных материалов.	ОП4						КО
<b>Освоенные умения</b>							
- проводить расчеты физико-механических свойств композиционных материалов.		ПЗ2 ПЗ6 ПЗ7			PP1 PP3		КО
- подбирать технологические параметры процессов производства композиционных материалов		ПЗ3 ПЗ4 ПЗ5			PP2		КО
- выбирать композиционные материалы для заданных условий эксплуатации.		ПЗ3 ПЗ4 ПЗ5			PP2		КО
<b>Приобретенные владения</b>							
- навыками определения оптимальных параметров процесса производства композиционных материалов;		ПЗ3 ПЗ4 ПЗ5	ОПР3 ОПР4 ОПР5				КО
- навыками обработки данных, полученных при испытаниях композиционных материалов;		ЛР1 ЛР2 ЛР3 ЛР4	ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4				КО
- навыками расчета физико-механических свойств композиционного материала в зависимости от свойств компонентов		ПЗ1 ПЗ2 ПЗ6 ПЗ7		Т/КР1 Т/КР2	PP1 PP2 PP3		КО
- навыками выполнения структурного анализа, измерений, испытаний композиционных материалов.		ЛР1 ЛР2 ЛР3 ЛР4	ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4				КО
- навыками оформления отчетов по результатам испытаний композиционных материалов.		ЛР1 ЛР2 ЛР3 ЛР4	ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4				КО

*ОП – опрос, для анализа усвоения материала предыдущей лекции; КР – контрольная работа по теме; ПЗ – практическое занятие; ОПР – отчет по практической работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); PP – расчетная работа, ИЗ – индивидуальное задание; КО – комплексная оценка учитывающая выполнение всех контрольных мероприятий в семестре.*

Итоговой оценкой достижения является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

По темам, имеющим большую теоретическую нагрузку для контроля знаний (табл. 1.1) проводятся контрольные работы. Качество и полнота ответов на вопросы оценивается по 4-балльной шкале, заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме выполнения индивидуальных заданий (реферат), защиты практических и лабораторных работ, расчетно-графических работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита практических и лабораторных работ**

Всего запланировано 7 практических и 4 лабораторных работ. Типовые темы практических и лабораторных работ приведены в РПД.

Защита практической и лабораторной работ проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 5 рубежных контрольных работ (Т/КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая и вторая Т/КР по модулю 1 «Теоретические основы композиционных материалов», третья Т/КР – по

модулю 2 «Основы технологии получения компонентов композиционных материалов», четвертая и пятая Т/КР – по модулю 3 «Методы получения современных композиционных материалов».

### **Типовые вопросы и задания первой Т/КР:**

1. Классификация композиционных материалов по материалу матрицы и армирующих компонентов.
2. Классификация композиционных материалов по структуре.
3. Классификация композиционных материалов по геометрии армирующих элементов.
4. Классификация композиционных материалов по схеме армирования.
5. Признаки композиционного материала.
6. Требования, предъявляемые к компонентам КМ.
7. Рассчитать загрузку компонентов для получения 25 кг материала Cu-3 об. %Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Исходные компоненты CuO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Шихту перед прессованием восстанавливают водородом при 400 °С.
8. Рассчитать загрузку компонентов для получения 15 кг материала Ni-5 об. %Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Исходные компоненты NiCO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Шихту перед прессованием восстанавливают водородом при 800 °С.
9. Рассчитать объемное содержание упрочнителя в композите W-2 мас.% ThO<sub>2</sub>.
10. Рассчитать шихту для получения 20 кг материала Ni-2 об.%HfO<sub>2</sub>. Исходные компоненты Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и HfO<sub>2</sub>, смесь подвергают термическому разложению нагревом на воздухе с последующим восстановлением в водороде.

### **Типовые вопросы и задания второй Т/КР:**

1. Прочностные свойства композитов, армированных дискретными волокнами.
2. Механизмы повышения трещиностойкости, характерные для композиционных материалов.
3. Условия совместимости компонентов в композиционных материалах.
4. Зависимость прочности однонаправленных композиционных материалов с хрупкой матрицей и пластичными волокнами от объемной доли волокон.
5. Типы связей между компонентами в композиционных материалах.
6. Виды межфазного взаимодействия в композиционных материалах.
7. В однонаправленный стеклопластик вводят углеродные волокна таким образом, что полная объемная доля волокон остается неизменной и равной 0,6. Вычислить долю углеродных волокон, при которой продольный модуль упругости композита увеличивается в 2,5 раза. Модули упругости стекловолокон, углеродных волокон и матрицы равны: E = 70 ГПа, 300 ГПа и 5 ГПа соответственно.
8. Вычислить критическую длину волокна  $l_{кр}$ . Если диаметр волокна равен 2,7 мкм, а предел прочности волокон и адгезионная прочность границы раздела матрицы и волокон при сдвиге равны 1,4 ГПа и 16,5 МПа соответственно.
9. Однонаправленный композит состоит из 55 об.% борного волокна (E = 420 ГПа) и металлической матрицы на основе алюминия (72 ГПа). Вычислить продольный и поперечный модули упругости.

10. Однонаправленный композит растягивается под углом  $4^{\circ}$  к оси волокон. Определить напряжение, при котором материал разрушится:  $(\sigma_B)_B = 4500$  МПа,  $(\sigma_B)_M = 80$  МПа,  $\tau = 40$  МПа.

#### **Типовые вопросы и задания третьей Т/КР:**

1. Требования, предъявляемые к волокнам.
2. Какие факторы оказывают влияние на прочность стальной проволоки?
3. Виды процессов получения стекловолокна.
4. Основные элементы структуры углеродных волокон.
5. За счет чего происходит потеря прочности борных волокон при увеличении температуры нагрева?
6. На чем основано создание синтетических органических волокон?
7. Методы получения волокон карбида кремния.
8. Основные стадии, входящие в процесс получения углеродных волокон.
9. Методы получения керамических монокристаллических волокон.
10. Основные виды исходного сырья для получения углеродных волокон.

#### **Типовые вопросы и задания четвертой Т/КР:**

1. Основные параметры процесса получения металлических КМ по технологии прокатки.
2. Разновидности методов получения металлических КМ прессованием.
3. Получение металлических КМ методом диффузионной сварки.
4. Получение металлических КМ методом сварки взрывом.
5. Какие газофазные методы используются при изготовлении металлических КМ?
6. Для каких систем обычно эффективен метод пропитки?
7. Что является решающим для изготовления композиционных материалов методом пропитки?
8. Технологические методы получения металлических композиционных материалов, основанных на пропитке армирующего каркаса металлическим расплавом.
9. Какие композиционные материалы называются псевдосплавами?
10. Какую структуру могут иметь псевдосплавы?
11. Какие композиционные материалы называются эвтектическими?
12. Какие факторы оказывают существенное влияние на прочность и жесткость эвтектических КМ ?
13. Основные виды структурной нестабильности эвтектических КМ.
14. В чем заключается суть методик получения эвтектических КМ?
15. Типы структуры дисперсно-упрочненного материала.
16. От чего зависит уровень прочности дисперсно-упрочненных материалов?
17. Получение порошков, используемые для производства дисперсно-упрочненных композиционных материалов, методом реакционного смешивания.
18. Для получения порошков каких дисперсно-упрочненных композитов применяется метод химического смешивания?
19. Каким методом получают композиционные порошки состава Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>?

### **Типовые вопросы и задания пятой Т/КР:**

1. Армирующие элементы, применяемые для изготовления полимерных композиционных материалов.
2. Схема технологической последовательности получения изделий из ПКМ
3. Какая технологическая характеристика связующего является важной?
4. Контактное формование полимеров.
5. Получение изделий из ПКМ по технологии формования с эластичной диафрагмой.
6. Получение изделий из ПКМ с использованием технологии формообразования давлением.
7. Прессование полимерных композитов в формах.
8. Формообразование изделий из полимерных композиционных материалов методом пултрузии.
9. Технология изготовления препрегов.
10. Чем отличается SMC (Sheet moulding compound) прессматериал от BMC (Bulk Mould Compound) прессматериала?
11. Основные этапы метода намотки.
12. Способы, применяемые для пропитки армирующего материала связующим в методе намотки.
13. Контактное давление формования при намотке арматуры.
14. Оправки, применяемые для намотки арматуры.
15. Схемы армирования, применяемые для изготовления УУКМ.
16. Технология изготовления УУКМ методом пропитки волокнистого каркаса смолой.
17. Технология изготовления УУКМ осаждением из газовой фазы углерода.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.3. Выполнение расчетно-графической работы.**

Всего запланировано 3 расчетно-графические работы. Типовые темы расчетно-графических работ приведены в РПД.

Типовые шкала и критерии оценки результатов выполнения расчетно-графической работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Выполнение индивидуального комплексного задания на самостоятельную работу.**

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется комплексное задание.

Примеры тем индивидуальных комплексных заданий приведены в приложении 1.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических, лабораторных и расчетно-графических работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

### **2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференцированного зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

#### **2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

**Типовые теоретические вопросы с вариантами ответов для контроля усвоенных знаний в форме тестирования:**

1. Операция патентирования применяется в процессе производства проволоки из
  - а) нержавеющей сталей;
  - б) углеродистых сталей;**
  - в) мартенситно-старяющихся сталей;
  - г) аустенитно-мартенситных сталей.
  
2. Покрытие, которое наносится на стеклянные волокна для повышения компактности нити и защиты ее от механического воздействия, называется
  - а) защитное покрытие;
  - б) аппрет;**
  - в) смачиватель;
  - г) замасливатель.
  
3. Основным видом сырья при производстве углеродных волокон не является

- а) полиакрилонитрильные волокна;
- б) мезофазные каменноугольные пеки;
- в) графит;
- г) органические волокна, полученные из фенольных смол.

4. Торговой маркой «кевлар» называют

- а) полиимидные волокна;
- б) полиэтиленовые волокна;
- в) полиакрилонитрильные волокна;
- г) арамидные волокна.

5. Нитевидные кристаллы железа не выращивают

- а) способом электролитического осаждения;
- б) из покрытий, наносимых электролитически;
- в) методом осаждения из газовой фазы;
- г) методом восстановления химических соединений.

6. Необходимым условием для получения металлических композиционных материалов методом диффузионной сварки является

- а) использование пластичной матрицы;
- б) использование вакуума;
- в) образование жидкой фазы;
- г) использование высокого давления, прикладываемое к свариваемым деталям.

7. При получении металлических композитов методом пропитки условием самопроизвольной пропитки будет неравенство

- а)  $\sigma_{т-г} - \sigma_{г-ж} < 0$
- б)  $\sigma_{т-г} - \sigma_{т-ж} < 0$
- в)  $\sigma_{ж-г} - \sigma_{т-ж} > 0$
- г)  $\sigma_{т-г} - \sigma_{т-ж} > 0$

8. В эвтектических композиционных материалах армирующей фазой служат

- а) ориентированные волокнистые кристаллы, образованные в процессе направленной кристаллизации.
- б) ориентированные волокнистые или пластинчатые кристаллы, образованные в процессе направленной кристаллизации
- в) волокнистые кристаллы, образованные в процессе кристаллизации.
- г) хаотично ориентированные волокнистые или пластинчатые кристаллы.

**Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений:**

1. Предложите технологию изготовления композиционного материала на основе алюминия с борными волокнами.

2. Предложите технологию изготовления композиционного материала на основе алюминия с частицами оксида алюминия.

3. Выбрать материал матрицы и волокон двухкомпонентного хаотично армированного дискретными волокнами композита. Для спроектированного

композита рассчитать удельную прочность.

Исходные данные:

- одноосное растяжение стержня длиной  $L = 0,45$  м,
- сечение стержня  $S = 10^{-4}$  м<sup>2</sup>;
- масса стержня  $m = 0,1$  кг;
- сила растяжения  $P = 80$  кН;
- плотность проектируемого композита может быть ниже на 10% требуемой величины;

#### **2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в тесте компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

**Примеры индивидуальных комплексных заданий**

1. Предложите технологию изготовления композиционного материала на основе алюминия с борными волокнами.

2. Предложите технологию изготовления композиционного материала на основе алюминия с частицами оксида алюминия.

3. Выбрать материал матрицы и волокон двухкомпонентного хаотично армированного дискретными волокнами композита. Для спроектированного композита рассчитать удельную прочность.

Исходные данные:

- одноосное растяжение стержня длиной  $L = 0,45$  м,
- сечение стержня  $S = 10^{-4}$  м<sup>2</sup>;
- масса стержня  $m = 0,1$  кг;
- сила растяжения  $P = 80$  кН;
- плотность проектируемого композита может быть ниже на 10% требуемой величины.

4. Определить работоспособность однонаправлено армированного композита в условиях одноосного растяжения напряжением  $\sigma$  под углом  $\theta$  к арматуре, используя критерий максимальных напряжений.

Известными величинами в индивидуальных заданиях являются материалы матрицы и волокон и их прочностные свойства, объемная доля волокон, величина внешнего напряжения, угол  $\theta$  и значение нормальной деформации  $\epsilon_x$ .

$E_M,$ ГПа	$E_V,$ ГПа	$(\sigma_V)_M,$ МПа	$(\sigma_V)_V,$ ГПа	$\mu_M$	$\mu_V$	$\epsilon_x$	$G_V,$ ГПа	$G_M,$ ГПа	$\theta,$ град	$\sigma_x,$ МПа	$\nu_V$	Материал
3,5	74	50	3,5	0,33	0,25	0,05	30,0	1,20	5	500	0,65	СВ Е-полиэфир