



Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московской области

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова



**«ТВЕРЖДАЮ»**

**Первый проректор**

**В.А. Старцев**

**2021 г.**

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ  
И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

***КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ***

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
И ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки: 22.06.01 Технологии материалов  
(уровень подготовки кадров высшей квалификации)**

**Направленность: Материаловедение**

**Форма обучения: очная**

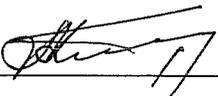
**Королев  
2021**

**Автор:** д.т.н., профессор **Чесноков А.В.**, д.т.н., профессор **Пашковский И.Э.**  
**Рабочая программа дисциплины:** Теоретические основы проектирования и производства новых материалов. – Королёв МО: «МГОТУ», 2021. – 32 с.

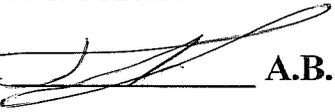
**Рецензент:** д.т.н, с.н.с. Мороз А.П.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки аспирантов 22.06.01 «Технологии материалов» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), направленность: «Материаловедение» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета (протокол № 13 от 22.06.2021).

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:**

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Мороз А.П. д.т.н., с.н.с. 			
Год утверждения (переутверждения)	2021	2022	2023	2024
Номер и дата протокола заседания кафедры	Протокол №10 от 28.04.2021			

**Рабочая программа согласована:**

**Руководитель ОПОП**  **А.В. Чесноков, д.т.н., профессор**

**Рабочая программа рекомендована на заседании Научно-технического Совета:**

Год утверждения (переутверждения)	2021	2022	2023	2024
Номер и дата протокола заседания НТС	Протокол №2 от 03.06.2021			

# **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП**

## **Целью дисциплины является:**

- формирование и развитие у аспирантов компетенций, позволяющих осуществлять планирование и проведение научных исследований в области материаловедения и основ проектирования и производства новых материалов;

- изучение основных методов научных исследований, применяемых в данной области;

- освоение ключевых подходов к исследованию новых материалов.

В процессе изучения дисциплины аспирант приобретает и совершенствует следующие компетенции:

### **общефессиональные компетенции (ОПК):**

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

- (ОПК-11) – способность и готовность разрабатывать технологический процесс, технологическую оснастку, рабочую документацию, маршрутные и операционные технологические карты для изготовления новых изделий из перспективных материалов;

- (ОПК-14) – способность и готовность оценивать инвестиционные риски при реализации инновационных материаловедческих и конструкторско-технологических проектов и внедрении перспективных материалов и технологий;

- (ОПК-15) – способность и готовность разрабатывать мероприятия по реализации разработанных проектов и программ;

- (ОПК-18) – способность и готовность вести авторский надзор при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий;

### **профессиональные компетенции (ПК):**

- (ПК-1) – владение основами методов теоретических и экспериментальных исследований фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий;

- (ПК-2) – умение устанавливать закономерности физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах;

- (ПК-3) – владение научными основами выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций;

- (ПК-4) – умение разрабатывать физико-химические и физико-механические процессы формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, технологическими и эксплуатационными свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.

**Задачи дисциплины состоят в изучении:**

- формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской и педагогической деятельности;
- углубленное изучение теоретических и методических основ проектирование новых материалов;
- углубленное изучение свойств разрабатываемых материалов и методов их контроля, подходов к проектированию изделий из новых материалов;
- углубленное изучение физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.
- формирование компетенций, необходимых для успешной научной и научно-педагогической работы в данной отрасли науки.

После завершения освоения данной дисциплины магистр должен:

***Знать:***

- методологические основы формирования и представления экономической оценки производственных и непроизводственных затраты на создание новых материалов и изделий, проведения работы по снижению их стоимости и повышению качества;
- методические и практические основы разработки технологического процесса, технологической оснастки, рабочей документации, маршрутных и операционных технологических карт для изготовления новых изделий из перспективных материалов;
- методические и практические основы оценки инвестиционных рисков при реализации инновационных материаловедческих и конструкторско-технологических проектов и внедрении перспективных материалов и технологий;
- методические и практические основы разработки мероприятий по реализации разработанных проектов и программ;
- методические и практические основы проведения авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий;
- методологические, теоретические и экспериментальные основы методов теоретических и экспериментальных исследований фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий;

- существующие закономерности физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах;

- методологические подходы и методы исследований для выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций;

- методологические подходы и методы оценки физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.

***Уметь:***

- применять методологические и теоретические основы представления экономической оценки производственных и непроизводственных затрат на создание новых материалов и изделий, проведения работы по снижению их стоимости и повышению качества;

- самостоятельно осуществлять разработку технологического процесса, технологической оснастки, рабочей документации, маршрутных и операционных технологических карт для изготовления новых изделий из перспективных материалов;

- самостоятельно осуществлять оценку инвестиционных рисков при реализации инновационных материаловедческих и конструкторско-технологических проектов и внедрении перспективных материалов и технологий;

- самостоятельно осуществлять разработку мероприятий по реализации разработанных проектов и программ;

- самостоятельно осуществлять авторский надзор при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий;

- самостоятельно применять основы методов теоретических и экспериментальных исследований фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий;

- устанавливать закономерности физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах;

- самостоятельно применять методологические подходы и методы исследований для выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций;

- самостоятельно проводить оценку физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.

***Владеть:***

- методологией и практическими основами представления экономической оценки производственных и непроизводственных затрат на создание новых материалов и изделий, проведения работы по снижению их стоимости и повышению качества;

- методами и практическими основами разработки технологического процесса, технологической оснастки, рабочей документации, маршрутных и операционных технологических карт для изготовления новых изделий из перспективных материалов;

- методами и практическими основами оценки инвестиционных рисков при реализации инновационных материаловедческих и конструкторско-технологических проектов и внедрении перспективных материалов и технологий;

- методами и практическими основами разработки мероприятий по реализации разработанных проектов и программ;

- методами и практическими основами проведения авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий;

- основами методов теоретических и экспериментальных исследований фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий;

- умением устанавливать закономерности физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах;

- методологическими подходами и методами исследований для выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций;

- методологическими подходами и методами оценки физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВПО

Дисциплина относится к вариативной части основной профессиональной образовательной программы подготовки аспирантов по направлению подготовки **22.06.01** «Технологии материалов» (направленность «Материаловедение»).

Дисциплина базируется на ранее изученных дисциплинах в ходе обучения по программе подготовки аспирантов.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины, являются базовыми:

- для освоения Блока 2 «Практики» основной профессиональной образовательной программы подготовки аспирантов;
- для освоения Блока 3 «Научные исследования» основной профессиональной образовательной программы подготовки аспирантов;
- при выполнении научно-квалификационной работы (диссертации) аспиранта.

## 3. Объем модуля дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов. В качестве промежуточной аттестации предусмотрен зачет.

Таблица 1

Виды занятий	Всего часов
<b>ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ</b>	
<b>Общая трудоемкость</b>	108
<b>Аудиторные занятия</b>	18
Лекции (Л)	8
Практические занятия (ПЗ)	8
Семинарские занятия (СЗ)	2
Лабораторные работы (ЛР)	-
<b>Самостоятельная работа</b>	90
<b>Вид итогового контроля</b>	Зачет

**4. Содержание дисциплины (модуля)**  
**4.1. Темы дисциплины и виды занятий**

**Таблица 2**

<b>Наименование тем</b>	<b>Лекции, час.</b>	<b>Практические занятия, час</b>	<b>Семинарские занятия, час</b>	<b>Код компетенций</b>
<b>Тема 1.</b> Новые материалы, особенности проектирования и изготовления изделий. Применение композиционных материалов. Наполнители и матрицы композиционных материалов	<b>2</b>		<b>2</b>	ОПК-3; ОПК-11; ОПК-14; ОПК-15; ОПК-18; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4
<b>Тема 2.</b> Технологии изготовления композитов с полимерной термореактивной и термопластичной матрицей	<b>1</b>	<b>2</b>		ОПК-3; ОПК-11; ОПК-14; ОПК-15; ОПК-18; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4
<b>Тема 3.</b> Технологии изготовления композитов с углеродной, керамической и металлической матрицей	<b>2</b>	<b>2</b>		ОПК-3; ОПК-11; ОПК-14; ОПК-15; ОПК-18; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4
<b>Тема 4.</b> Экспериментальные методы определения физико-механических свойств композитов. Механика композитов. Прочностные свойства композитов	<b>2</b>	<b>2</b>		ОПК-3; ОПК-11; ОПК-14; ОПК-15; ОПК-18; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4
<b>Тема 5.</b> Механическая обработка и сборка изделий из композитов	<b>1</b>	<b>2</b>		ОПК-3; ОПК-11; ОПК-14; ОПК-15; ОПК-18; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4
	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	

## 4.2. Содержание тем дисциплины

### **Тема 1. Новые материалы, особенности проектирования и изготовления изделий. Применение композиционных материалов. Наполнители и матрицы композиционных материалов.**

История создания и развития композиционных материалов. Закономерность внедрения КМ в технике. Особенности проектирования и внедрения изделий из КМ. Классификация композиционных материалов. Зависимость свойств композитов от характеристик исходных компонентов и структурно-технологических параметров. Проектирование изделий из КМ. Преимущества и недостатки современных композиционных материалов. Применение композиционных материалов в ракетно-космической технике, в железнодорожном транспорте, в конструкции автомобилей, в строительстве.

Виды армирующих элементов. Стекловолоконные волокна. Тканые материалы на основе стекловолокон. Углеродные волокна. Органические волокна. Органические волокна на основе гибкоцепных полимеров. Жидкокристаллические полиариленовые волокна и полиимидные волокна. Свойства борных волокон. Металлические проволоки. Матрицы полимерных композитов на основе ненасыщенных сложных эфиров, эпоксидные связующие, связующие, отверждающиеся по поликонденсационному механизму, олигоциклические связующие. Отверждение связующих. Достоинства и недостатки терморезистивных связующих. Термопластичные полимерные матрицы. Адгезионное соединение «полимерная матрица – волокно». Материалы на основе тугоплавких соединений. Керамика. Металлические матричные материалы.

### **Тема 2. Технологии изготовления композитов с полимерной терморезистивной и термопластичной матрицей.**

Изготовление конструкций из композитов. Технология приготовления связующих. Технологические свойства связующих. Технологические расчеты компонентов связующего. Выбор арматуры для формования. Пропитка арматуры и наполнителей. Формование изделий из полимерных композитов. Технологическая оснастка для изготовления изделий из композитов, формы, цулаги, вакуум-чехлы, дренажи. Оправки для намотки. Формование ручной выкладкой, напылением, упругое формование, вакуумное формование, автоклавное формование, пресс-камерное формование, жесткое формование, компрессионное формование с помощью жесткой цулаги, намотка волокном, плетение, пултрузия, плетельно-пултрузионный процесс, ролтрузия.

### **Тема 3. Технологии изготовления композитов с углеродной, керамической и металлической матрицей**

Многонаправленные волоконные каркасы, изготовление многонаправленных структур. Уплотнение многонаправленных структур пропиткой жидкостью и химическое осаждение из паровой фазы. Свойства углерод-углеродных и углерод-керамических композитов, области применения. Технологические процессы получения изделий из композитов на основе металлических матриц методом твердофазного совмещения

матрицы и волокон и методом жидкофазного совмещения матрицы и волокна. Газофазные методы осаждения-напыления. Области применения МКМ.

#### **Тема 4. Экспериментальные методы определения физико-механических свойств композитов. Механика композитов. Прочностные свойства композитов.**

Растяжение. Сжатие. Сдвиг. Изгиб. Испытания кольцевых образцов. Определение содержания армирующих волокон и плотности композитов. Статистическая обработка результатов испытаний.

Элементы теории упругости применительно к композиционным материалам. Механика композиционных материалов и ее структурные элементы. Основные допущения и модели композиционных материалов. Тензор напряжений. Дифференциальные уравнения равновесия. Напряжения на площадках, наклоненных к координатным плоскостям. Условия на поверхности. Распределение напряжений в данной точке. Распределение напряжений при плоском напряженном состоянии. Главные площадки, главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Зависимость между деформациями и перемещениями. Уравнения неразрывности деформаций. Деформации в произвольном направлении. Обобщенный закон Гука. Основные случаи упругой симметрии. Преобразование упругих постоянных при переходе к новой системе координат. Механика однонаправленных композиционных материалов. Модель однонаправленного композита. Модуль упругости вдоль волокон. Модуль упругости поперек волокон. Коэффициенты Пуассона. Модуль сдвига. Коэффициент линейного температурного расширения (КЛТР). Остаточные напряжения в компонентах композиционных материалов. Прочностные свойства однонаправленных композиционных материалов. Удельные характеристики материалов. Механика слоистых композиционных материалов. Основные зависимости механики слоистых сред. Упругие константы КМ с произвольной структурой. Упругие константы ортотропных КМ. Упругие свойства ортогонально армированных КМ. Упругие константы КМ, армированного ортогональными и перекрестными слоями. КЛТР слоистых КМ. Структурные напряжения в слоистых КМ. Эксплуатационные напряжения в слоистых композитах. Прочностные свойства слоистых композитов. Понятие о критериях прочности КМ. Критерии прочности однонаправленных слоёв. Применение критериев прочности для слоистых КМ.

#### **Тема 5. Механическая обработка и сборка изделий из композитов.**

Особенности процесса резания композитов. Влияние механической обработки на свойства композитов. Точение изделий из композитов. Сверление изделий из композитов. Фрезерование изделий из композитов. Алмазно-абразивная обработка изделий из композитов. Разрезка изделий из композитов. Нарезание резьбы абразивными и алмазными кругами. Основные требования охраны труда и техники безопасности при обработке композитов.

## **5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине приведена в Приложении 1 к настоящей программе.

### **6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

#### **Основная литература:**

1. Баурова Н.И. Применение полимерных композиционных материалов в машиностроении: учеб. пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. – М.: ИНФРА-М, 2021. – 301 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1171045>
2. Головкин Г.С. Научные основы производства изделий из термопластичных композиционных материалов: монография / Г.С. Головкин, В.П. Дмитренко. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 471 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1032986>
3. Костиков В.И. Технология композиционных материалов: учебное пособие / В.И. Костиков, Ж.В. Еремеева. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 484 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833239>
4. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов: учебник / А.М. Адаскин, А.Н. Красновский. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2018. – 400 с.  
- URL: <http://znanium.com/catalog/product/944397>
5. Рогачев С.О. Металлические композиционные и гибридные материалы: гибридные наноструктурные материалы: учебное пособие / С.О. Рогачев, В.А. Белов. – М.: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2018. – 74 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1223194>

#### **Дополнительная литература:**

1. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы: научно-популярное издание. – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 253 с.  
- URL: <https://book.ru/book/922998>
2. Моделирование процессов ресурсосберегающей обработки слитковых, порошковых, наноструктурных и композиционных материалов: монография / М.Х. Шоршоров, А.Е. Гвоздев, А.Н. Сергеев и др. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 360 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833227>
3. Панов В.С. Технология, свойства и области применения спеченных твердых сплавов: учебное пособие / В.С. Панов, Ж.В. Еремеева. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 148 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833179>

4. Соколов А.Г. Инженерия поверхности и технологии повышения эксплуатационных свойств изделий из металлических сплавов: учебное пособие / А.Г. Соколов. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 304 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833201>
5. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы: научно-популярное издание. – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 253 с.  
- URL: <https://book.ru/book/922998>

#### **7.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Российская государственная библиотека [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru)
2. Российская национальная библиотека <http://www.nlr.ru>
3. Библиотека Академии наук <http://www.rasl.ru>
4. Библиотека по естественным наукам РАН <http://www.benran.ru>
5. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) <http://www.viniti.ru>
6. Государственная публичная научно-техническая библиотека <http://www.gpntb.ru>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY <http://www.elibrary.ru>
8. Университетская библиотека <http://www.biblioclub.ru>
9. Электронно-библиотечная система Znanium <http://znanium.ru>
10. Электронный каталог библиотеки МГОТУ «Технологический университет» <http://unitech-mo.ru/library/resources/electronic-catalogue-fta>

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

**Перечень программного обеспечения:** MS Office, Power Point, программные комплексы «AutoCAD», «Компас».

#### **Информационные справочные системы:**

1. Электронные ресурсы образовательной среды университета
2. Программа «Компас», встроенная библиотека «Материалы»

#### **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
- комплект электронных презентаций/слайдов.

Прочее:

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места аспирантов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет.



Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московской области

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова

---

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ  
И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

***КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ***

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ АСПИРАНТОВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
И ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки: 22.06.01 *Технологии материалов*  
(уровень подготовки кадров высшей квалификации)**

**Направленность: *Материаловедение***

**Форма обучения: *очная***

Королев  
2021

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции (или ее части), обучающийся должен:		
				Знать	Уметь	Владеть
1	2	3	4	5	6	7
1	ОПК-3	Способность и готовность экономически оценивать производственные и непроизводственные затраты на создание новых материалов и изделий, проводить работу по снижению их стоимости и повышению качества.	Особенности проектирования и внедрения изделий из КМ. Зависимость свойств композитов от характеристик исходных компонентов и структурно-технологических параметров. Технологические процессы получения изделий из КМ. Прочностные свойства КМ. Влияние механ. обработки на свойства композитов.	Методологические основы формирования и представления экономической оценки производственных и непроизводственных затрат на создание новых материалов и изделий, проведения работы по снижению их стоимости и повышению качества.	Применять методологические и теоретические основы представления экономической оценки производственных и непроизводственных затрат на создание новых материалов и изделий, проведения работы по снижению их стоимости и повышению качества.	Методологией и практическими основами представления экономической оценки производственных и непроизводственных затрат на создание новых материалов и изделий, проведения работы по снижению их стоимости и повышению качества.
2	ОПК-11	Способность и готовность разрабатывать технологический процесс, технологическую оснастку, рабочую документацию, маршрутные и операционные технологические карты для изготовления новых изделий из перспективных материалов.	Особенности проектирования и внедрения изделий из КМ. Зависимость свойств композитов от характеристик исходных компонентов и структурно-технологических параметров. Проектирование изделий из КМ. Наполнители и матрицы КМ. Технологии изготовления композитов с полимерной, углеродной, керамической и металлической матрицей. Прочностные свойства слоистых композитов.	Методические и практические основы разработки технологического процесса, технологической оснастки, рабочей документации, маршрутных и операционных технологических карт для изготовления новых изделий из перспективных материалов.	Самостоятельно осуществлять разработку технологического процесса, технологической оснастки, рабочей документации, маршрутных и операционных технологических карт для изготовления новых изделий из перспективных материалов.	Методами и практическими основами разработки технологического процесса, технологической оснастки, рабочей документации, маршрутных и операционных технологических карт для изготовления новых изделий из перспективных материалов.

1	2	3	4	5	6	7
3	ОПК-14	Способность и готовность оценивать инвестиционные риски при реализации инновационных материаловедческих и конструкторско-технологических проектов и внедрении перспективных материалов и технологий.	Особенности проектирования и внедрения изделий Зависимость свойств композитов от характеристик исходных компонентов и структурно-технологических параметров. Технологии изготовления композитов с полимерной терморактивной и термопластичной матрицей Технологии изготовления композитов с углеродной, керамической и металлической матрицей Прочностные свойства композитов Особенности процесса резания композитов.	Методические и практические основы оценки инвестиционных рисков при реализации инновационных материаловедческих и конструкторско-технологических проектов и внедрении перспективных материалов и технологий.	Самостоятельно осуществлять оценку инвестиционных рисков при реализации инновационных материаловедческих и конструкторско-технологических проектов и внедрении перспективных материалов и технологий.	Методами и практическими основами оценки инвестиционных рисков при реализации инновационных материаловедческих и конструкторско-технологических проектов и внедрении перспективных материалов и технологий.
4	ОПК-15	Способность и готовность разрабатывать мероприятия по реализации разработанных проектов и программ.	Особенности проектирования и внедрения изделий Зависимость свойств композитов от характеристик исходных компонентов и структурно-технологических параметров. Технологии изготовления композитов с полимерной углеродной, керамической и металлической матрицей Прочностные свойства композитов	Методические и практические основы разработки мероприятий по реализации разработанных проектов и программ.	Самостоятельно осуществлять разработку мероприятий по реализации разработанных проектов и программ.	Методами и практическими основами разработки мероприятий по реализации разработанных проектов и программ.

1	2	3	4	5	6	7
5	ОПК-18	Способность и готовность вести авторский надзор при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий.	Тема 1-7.	Методические и практические основы проведения авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий.	Самостоятельно осуществлять авторский надзор при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий.	Методами и практическими основами проведения авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий.
6	ПК-1	Владение основами методов теоретических и экспериментальных исследований фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий.	Экспериментальные методы определения физико-механических свойств композитов. Механика композитов. Прочностные свойства композитов.	Методологическое, теоретические и экспериментальные основы методов теоретических и экспериментальных исследований фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий.	Самостоятельно применять основы методов теоретических и экспериментальных исследований фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий.	Основами методов теоретических и экспериментальных исследований фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий.
7	ПК-2	Умение устанавливать закономерности физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах.	Экспериментальные методы определения физико-механических свойств композитов. Механика композитов. Прочностные свойства композитов.	Существующие закономерности физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах.	Устанавливать закономерности и физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах.	Умение устанавливать закономерности физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах.

1	2	3	4	5	6	7
8	ПК-3	Владение научными основами выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.	Особенности проектирования и внедрения изделий Зависимость свойств композитов от характеристик исходных компонентов и структурно-технологических параметров. Проектирование изделий из КМ. Наполнители и матрицы КМ. Технологии изготовления композитов Экспериментальные методы определения физико-механических свойств композитов Прочностные свойства композитов.	методологические подходы и методы исследований для выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.	самостоятельно применять методологические подходы и методы исследований для выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.	методологическими подходами и методами исследований для выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.
9	ПК - 4	Умение разрабатывать физико-химические и физико-механические процессы формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.	Особенности проектирования и внедрения изделий Зависимость свойств композитов от характеристик исходных компонентов и структурно-технологических параметров. Проектирование изделий из КМ. Наполнители и матрицы КМ. Технологии изготовления композитов Экспериментальные методы определения физико-механических свойств композитов Прочностные свойства композитов.	методологические подходы и методы оценки физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.	самостоятельно проводить оценку физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.	методологическими подходами и методами оценки физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
ОПК-3; ОПК-11; ОПК-14; ОПК-15; ОПК-18; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4	Доклад в форме презентации	А) компетенция не сформирована В) сформирована частично С) сформирована полностью	Проводится устно с использованием мультимедийных систем, а также с использованием технических средств Время, отведенное на процедуру – 15-20 мин. Неявка – 0. Критерии оценки: 1. Соответствие представленной презентации заявленной тематике (1 балл). 2. Качество источников и их количество при подготовке доклада и разработке презентации (1 балл). 3. Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл). 4. Качество самой представленной презентации (1 балл). 5. Оригинальность подхода и всестороннее раскрытие выбранной тематики (1 балл). Максимальная сумма баллов – 5 баллов. Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры для текущего контроля.
ОПК-3; ОПК-11; ОПК-14; ОПК-15; ОПК-18; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4	Решение практических задач	А) компетенция не сформирована В) сформирована частично С) сформирована полностью	Проводится в письменной форме. 1. выбор оптимального метода решения задачи – 1 балл. 2. умение применить выбранный метод – 1 балл. 3. Логический ход решения правильный, но имеются арифметические ошибки в расчетах – 1 балл. 4. решения задачи и получение правильного результата – 2 балла. 5. Задача не решена вообще – 0 баллов. Максимальная оценка – 5 баллов.

### **3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **Примерная тематика докладов:**

1. Расчет и определение физических свойств композиционного материала на примере выбранного.
2. Определение химических свойств композиционного материала на примере выбранного.
3. Расчет и определение механических свойств композиционного материала на примере выбранного.
4. Прогнозная оценка деформационных свойств композиционных материалов и выбранной конструкции.
5. Прогнозная оценка прочностных свойств композиционных материалов и выбранной конструкции.
6. Методика проведения экспериментальных работ по исследованию физико-механических характеристик композиционных материалов.
7. Сравнение технологических методов получения выбранной конструкции.
8. Сравнение эффективных показателей выбранной конструкции при изготовлении ее из сравниваемого набора материалов.

#### **Типовые задачи**

Задано: Типы армирующих наполнителей и матрицы с их физико-механическими свойствами, объемное содержание наполнителя, толщина слоев, угол армирования, уровень внешних напряжений и критерий прочности, по которому следует оценить несущую способность слоев КМ. Исходные данные индивидуальны для каждого задания и следует выбирать из табл. Вариант выдается преподавателем и включает в себя последовательность шести случайных цифр, каждая из которых указывает номер столбца в соответствующей строке.

Первая цифра указывает номер столбца в первой строке, вторая цифра – номер столбца во второй строчке и т.д.

Требуется:

1. Определить физико-механические и удельные характеристики однонаправленных КМ.

Например, варианту 1346 из табл. П1.1 соответствуют следующие исходные данные:

- наполнители – стекло, толщина слоев  $\delta=2$  мм;
- объемное содержание волокон –  $\Theta=0,55$ ;
- критерий прочности – наибольших напряжений;
- действующие напряжения –

$$\sigma_x = 150 \text{ МПа}; \sigma_n = 100 \text{ МПа}; \tau_{xy} = 30 \text{ МПа};$$

Физико-механические характеристики компонентов слоистого КМ приведены в табл. П1.2

Таблица П1.1

## Исходные данные для выполнения задания

Номер цифры и параметр	Значение цифры					
	1	2	3	4	5	6
1-я цифра – материал волокон и толщина слоев, мм	Стекло, $\delta=2$	Стекло, $\delta=3$	Стекло, $\delta=4$	Углерод, $\delta=2,5$	Углерод, $\delta=1,5$	Углерод, $\delta=3,5$
2-я цифра – объемное содержание волокна, $\Theta$	0,50	0,52	0,55	0,58	0,60	0,62
3-я цифра – критерий прочности	Мах. напряжение	Мах. деформаций	Мизеса-Хилла	Мах. напряжений	Мах. деформаций	Мизеса-Хилла
4-я цифра – действующие напряжения, МПа	$\sigma_x=100$ $\sigma_y=-200$ $\tau_{xy}=20$	$\sigma_x=-150$ $\sigma_y=100$ $\tau_{xy}=-20$	$\sigma_x=-100$ $\sigma_y=-150$ $\tau_{xy}=-30$	$\sigma_x=100$ $\sigma_y=200$ $\tau_{xy}=30$	$\sigma_x=150$ $\sigma_y=-150$ $\tau_{xy}=40$	$\sigma_x=150$ $\sigma_y=100$ $\tau_{xy}=30$

Таблица ПП.2

## Физико-механические свойства компонентов КМ

Свойство материала	Ед. измерения	Материал волокон			Материал матрицы	
		Обозначение	Стекло	Углерод	Обозначение	Эпоксидная
Плотность	кг/м <sup>3</sup>	ρ <sub>В</sub>	2580	1700	ρ <sub>М</sub>	1300
Модуль упругости	МПа	E <sub>В</sub>	90000	3*10 <sup>5</sup>	E <sub>М</sub>	4000
Коэффициент Пуассона	—	μ <sub>В</sub>	0,28	0,22	μ <sub>М</sub>	0,3
КЛТР	10 <sup>-6</sup> /К	α <sub>В</sub>	6	-3	α <sub>М</sub>	60
Прочность при растяжении	МПа	σ <sub>ВР</sub>	1800	3000	σ <sub>МР</sub>	60
Прочность при сжатии	МПа	σ <sub>ВС</sub>	1300	2500	σ <sub>МС</sub>	140
Прочность при сдвиге	МПа	τ <sub>В</sub>	650	1250	τ <sub>М</sub>	30

**4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающих знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
Зачет	ОПК-3; ОПК-11; ОПК-14; ОПК-15; ОПК-18; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4.	Ответ на два вопроса и решение задачи.	Зачет проводится в устной форме путем ответа на вопросы и решения задачи. Время, отводимое на процедуру, не более 0,25 часа на одного аспиранта.	Результаты процедуры оформляются в день проведения зачета	Критерии оценки: «ЗАЧТЕНО»: - знание основных понятий и теоретических основ дисциплины; - работа на практических занятиях. «НЕ ЗАЧТЕНО»: - знания по темам дисциплины и ответы на дополнительные вопросы не убедительны; - неумение использовать и применять теоретические основы для управления качеством реальных бизнес процессов; - действенная работа на практических занятиях не велась.

## Типовые вопросы, выносимые на зачет

1. Назначение компонентов входящих в композит. Гибридные композиционные материалы.
2. Классификация композиционных материалов по материаловедческому и эксплуатационному признаку.
3. Классификация волокнистых полимерных композитов по конструкционному, технологическому и эксплуатационному признаку.
4. К какому типу композитов относится древесно-стружечная плита. Полная характеристика по всем признакам классификации.
5. Армированные термопласты и реактопласты, их отличия.
6. Какие характеристики композита определяют его удельные прочность и жесткость.
7. Объясните, почему прочностные характеристики полимерных волокнистых композитов различны в направлениях вдоль и поперек волокон.
8. Удельная прочность и удельная жесткость, что это за характеристики.
9. Преимущества композитов с указанием областей эффективного применения.
10. Структурные параметры волокнистых композитов, модели и основные допущения.
11. при использовании модели для определения характеристик композита.
12. Особенности изготовления (проектирования) изделий из композитов.
13. Области применения композитов, в чем преимущества их использования.
14. Упругие и прочностные свойства композитов в различных направлениях для дискретно-армированных, а также однонаправленных волокнистых.
15. Правило смесей. Объемная доля волокна в композите, ее предельные значения для волокон круглого сечения при различных схемах расположения.
16. Армирующие материалы, их виды, назначение, особенности.
17. Матричные материалы, их назначение, виды, методы совмещения с армирующими материалами.
18. Синтез свойств композита, зависимость их от характеристик исходных компонентов и структурно-технологических параметров.
19. Закономерность внедрения композитов в технике.

### Типовые задачи, выносимые на зачет

1. Определить модуль упругости поперек волокон углепластика; наполнение волокном 0,55.
2. Определить модуль упругости вдоль волокон боропластика; наполнение волокном 0,55.
3. Определить удельную прочность боропластика; наполнение волокном 0,6. Сравнить эту характеристику с аналогичной для стали 45. Объяснить, что они отражают.
4. Определить модуль сдвига органопластика и углепластика; наполнение волокном 0,6.
5. Определите предел прочности вдоль волокон углепластика; наполнение волокном 0,6, а также его удельную прочность.
6. Определите удельную жесткость боропластика; наполнение волокном 0,55.
7. Определить модуль упругости вдоль волокон боропластика; наполнение волокном 0,6, а также его удельную прочность.
8. Определите прочность на сжатие вдоль волокон стеклопластика; наполнение волокном 0,6.
9. Определите удельные прочность и жесткость органопластика; наполнение волокном 0,6. Сравнить с аналогичными характеристиками стали 45.
10. Определите удельную прочность боропластика; наполнение волокном 0,6.
11. Определить плотность, модуль упругости вдоль волокон и удельную жесткость углепластика; наполнение волокном 0,55.
12. Определить модуль упругости вдоль волокон однонаправленного гибридного композита – углеборопластика: содержащего углеродного волокна 20%, борной нити 30%.
13. Определить плотность, прочность вдоль волокон и удельную прочность органопластика; наполнение волокном 0,6.

**ФАКУЛЬТЕТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ  
И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
И ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

**Направление подготовки: 22.06.01 *Технологии материалов***  
**(уровень подготовки кадров высшей квалификации)**

**Направленность: *Материаловедение***

**Форма обучения: *очная***

Королев  
2021

## 1. Общие положения

### Цель и задачи дисциплины:

#### Целью изучения дисциплины является

- формирование и развитие у аспирантов компетенций, позволяющих осуществлять планирование и проведение научных исследований в области металловедения и основ проектирования и производства новых материалов;
- изучение основных методов научных исследований, применяемых в данной области;
- освоение ключевых подходов к исследованию новых материалов.

#### Задачи дисциплины:

- формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской и педагогической деятельности;
- углубленное изучение теоретических и методических основ проектирования новых материалов;
- углубленное изучение свойств разрабатываемых материалов и методов их контроля, подходов к проектированию изделий из новых материалов;
- углубленное изучение физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой;
- формирование компетенций, необходимых для успешной научной и научно-педагогической работы в данной отрасли науки.

## 2. Указания по проведению семинарских и практических занятий

### Семинарское занятие 1

**Вид занятия:** *заслушивание и обсуждение рефератов и докладов.*

**Тема и содержание семинарского занятия:** *Новые материалы, особенности проектирования и изготовления изделий. Применение композиционных материалов. Наполнители и матрицы композиционных материалов.*

**Цель семинара:** *получить и закрепить знания по проектированию новых материалов, прогнозированию их свойств, применению в общем и специальном (космическом) машиностроении.*

**Продолжительность занятия** – 2 ч.

### Практическое занятие 1

**Вид практического занятия:** *решение задач по определению свойств новых материалов.*

**Тема и содержание практического занятия:** *Методика оценки несущей способности новых материалов на примере слоистого материала.*

**Цель семинара:** *получить и закрепить знания по расчету свойств новых материалов.*

**Продолжительность занятия** – 6 ч.

**Пример комплексной задачи**

*Задано:*

Типы армирующих наполнителей и матрицы с их физико-механическими свойствами, объемное содержание наполнителя, толщины слоев, угол армирования двух слоев, уровень внешних напряжений и критерий прочности, по которому следует оценить несущую способность пакета слоев КМ.

*Требуется:*

1. Определить физико-механические и удельные характеристики однонаправленных КМ.
2. Выбрать оптимальные параметры слоев однонаправленных КМ в слоистом пакете.
3. Определить физико-механические характеристики пакета слоев.
4. Определить деформации и напряжения в слоях в связанной с направлением армирования системе координат.
5. Оценить прочность КМ на основе заданного критерия.
6. Оценить прочность КМ на основе заданного критерия с учетом температурных напряжений.
7. Составить выводы.

### **3. Указания по проведению лабораторного практикума**

Лабораторные работы не предусмотрены

#### 4. Указания по проведению самостоятельной работы аспирантов

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1	2	3
1	<p>Новые материалы, особенности проектирования и изготовления изделий. Применение композиционных материалов.</p>	<p>История создания и развития композиционных материалов. Закономерность внедрения КМ в технике. Особенности проектирования и внедрения изделий из КМ. Классификация композиционных материалов. Зависимость свойств композитов от характеристик исходных компонентов и структурно-технологических параметров. Проектирование изделий из КМ. Преимущества и недостатки современных композиционных материалов. Применение композиционных материалов в ракетно-космической технике, в железнодорожном транспорте, в конструкции автомобилей, в строительстве.</p>
2	<p>Наполнители и матрицы композиционных материалов</p>	<p>Виды армирующих элементов. Стеклые волокна. Тканые материалы на основе стекловолокон. Углеродные волокна. Органические волокна. Органические волокна на основе гибкоцепных полимеров. Жидкокристаллические полиариленовые волокна и полиимидные волокна. Свойства борных волокон. Металлические проволоки. Матрицы полимерных композитов на основе ненасыщенных сложных эфиров, эпоксидные связующие, связующие, отверждающиеся по поликонденсационному механизму, олигоциклические связующие. Отверждение связующих. Достоинства и недостатки терморезистивных связующих. Термопластичные полимерные матрицы. Адгезионное соединение «полимерная матрица – волокно». Материалы на основе тугоплавких соединений. Керметы. Металлические матричные материалы.</p>

1	2	3
3	Технологии изготовления композитов с полимерной терморезактивной и термопластичной матрицей	Изготовление конструкций из композитов. Технология приготовления связующих. Технологические свойства связующих. Технологические расчеты компонентов связующего. Выбор арматуры для формования. Пропитка арматуры и наполнителей. Формование изделий из полимерных композитов. Технологическая оснастка для изготовления изделий из композитов, формы, цулаги, вакуум-чехлы, дренажи. Оправки для намотки. Формование ручной выкладкой, напылением, упругое формование, вакуумное формование, автоклавное формование, пресс-камерное формование, жесткое формование, компрессионное формование с помощью жесткой цулаги, намотка волокном, плетение, пултрузия, плетельно-пултрузионный процесс, ролтрузия.
4	Экспериментальные методы определения физико-механических свойств композитов	Растяжение. Сжатие. Сдвиг. Изгиб. Испытания кольцевых образцов. Определение содержания армирующих волокон и плотности композитов. Статистическая обработка результатов испытаний.
5	Технологии изготовления композитов с углеродной, керамической и металлической матрицей	Многонаправленные волоконные каркасы, изготовление многонаправленных структур. Уплотнение многонаправленных структур пропиткой жидкостью и химическое осаждение из паровой фазы. Свойства углерод-углеродных и углерод-керамических композитов, области применения. Технологические процессы получения изделий из композитов на основе металлических матриц методом твердофазного совмещения матрицы и волокон и методом жидкофазного совмещения матрицы и волокна. Газофазные методы осаждения-напыления. Области применения МКМ.

1	2	3
6	Механика композитов. Прочностные свойства композитов	<p>Элементы теории упругости применительно к композиционным материалам. Механика композиционных материалов и ее структурные элементы. Основные допущения и модели композиционных материалов. Тензор напряжений. Дифференциальные уравнения равновесия. Напряжения на площадках, наклоненных к координатным плоскостям. Условия на поверхности. Распределение напряжений в данной точке. Распределение напряжений при плоском напряженном состоянии. Главные площадки, главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Зависимость между деформациями и перемещениями. Уравнения неразрывности деформаций. Деформации в произвольном направлении. Обобщенный закон Гука. Основные случаи упругой симметрии. Преобразование упругих постоянных при переходе к новой системе координат. Механика однонаправленных композиционных материалов. Модель однонаправленного композита. Модуль упругости вдоль волокон. Модуль упругости поперек волокон. Коэффициенты Пуассона. Модуль сдвига. Коэффициент линейного температурного расширения (КЛТР). Остаточные напряжения в компонентах композиционных материалов. Прочностные свойства однонаправленных композиционных материалов. Удельные характеристики материалов. Механика слоистых композиционных материалов. Основные зависимости механики слоистых сред. Упругие константы КМ с произвольной структурой. Упругие константы ортотропных КМ. Упругие свойства ортогонально армированных КМ. Упругие константы КМ, армированного ортогональными и перекрестными слоями. КЛТР слоистых КМ. Структурные напряжения в слоистых КМ.</p>

1	2	3
		Эксплуатационные напряжения в слоистых композитах. Прочностные свойства слоистых композитов. Понятие о критериях прочности КМ. Критерии прочности однонаправленных слоёв. Применение критериев прочности для слоистых КМ.
7	Механическая обработка и сборка изделий из композитов	Особенности процесса резания композитов. Влияние механической обработки на свойства композитов. Точение изделий из композитов. Сверление изделий из композитов. Фрезерование изделий из композитов. Алмазно-абразивная обработка изделий из композитов. Разрезка изделий из композитов. Нарезание резьбы абразивными и алмазными кругами. Основные требования охраны труда и техники безопасности при обработке композитов.

## 5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная литература:

1. Баурова Н.И. Применение полимерных композиционных материалов в машиностроении: учеб. пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. – М.: ИНФРА-М, 2021. – 301 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1171045>
2. Головкин Г.С. Научные основы производства изделий из термопластичных композиционных материалов: монография / Г.С. Головкин, В.П. Дмитренко. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 471 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1032986>
3. Костиков В.И. Технология композиционных материалов: учебное пособие / В.И. Костиков, Ж.В. Еремеева. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 484 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833239>
4. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов: учебник / А.М. Адашкин, А.Н. Красновский. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2018. – 400 с.  
- URL: <http://znanium.com/catalog/product/944397>
5. Рогачев С.О. Металлические композиционные и гибридные материалы: гибридные наноструктурные материалы: учебное пособие / С.О. Рогачев, В.А. Белов. – М.: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2018. – 74 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1223194>

### **Дополнительная литература:**

1. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы: научно-популярное издание. – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 253 с.  
- URL: <https://book.ru/book/922998>
2. Моделирование процессов ресурсосберегающей обработки слитковых, порошковых, наноструктурных и композиционных материалов: монография / М.Х. Шоршоров, А.Е. Гвоздев, А.Н. Сергеев и др. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 360 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833227>
3. Панов В.С. Технология, свойства и области применения спеченных твердых сплавов: учебное пособие / В.С. Панов, Ж.В. Еремеева. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 148 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833179>
4. Соколов А.Г. Инженерия поверхности и технологии повышения эксплуатационных свойств изделий из металлических сплавов: учебное пособие / А.Г. Соколов. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 304 с.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833201>
5. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы: научно-популярное издание. – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 253 с.  
- URL: <https://book.ru/book/922998>

### **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

- |     |  |   |
|-----|--|---|
| 1.  | Российская государственная библиотека                              | <a href="http://www.rsl.ru">www.rsl.ru</a>  |
| 2.  | Российская национальная библиотека                                 | <a href="http://www.nlr.ru">http://www.nlr.ru</a>   |
| 3.  | Библиотека Академии наук   | <a href="http://www.rasl.ru">http://www.rasl.ru</a>   |
| 4.  | Библиотека по естественным наукам РАН                              | <a href="http://www.benran.ru">http://www.benran.ru</a>   |
| 5.  | Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ)   | <a href="http://www.viniti.ru">http://www.viniti.ru</a>   |
| 6.  | Государственная публичная научно-техническая библиотека            | <a href="http://www.gpntb.ru">http://www.gpntb.ru</a>   |
| 7.  | Научная электронная библиотека eLIBRARY                            | <a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>   |
| 8.  | Университетская библиотека   | <a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>   |
| 9.  | Электронно-библиотечная система Znanium                            | <a href="http://znanium.ru">http://znanium.ru</a>   |
| 10. | Электронный каталог библиотеки МГОТУ «Технологический университет» | <a href="http://unitech-mo.ru/library/resources/electronic-catalogue-fta">http://unitech-mo.ru/library/resources/electronic-catalogue-fta</a> |

### **7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

**Перечень программного обеспечения:** MS Office, Power Point, программные комплексы «AutoCAD», «Компас».

### **Информационные справочные системы:**

1. Электронные ресурсы образовательной среды университета
2. Программа «Компас», встроенная библиотека «Материалы»