



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ  
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

---

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. проректора  
А.В. Троицкий

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

***КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ***

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
И ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

**Научная специальность:**

***2.6.17. Материаловедение***

**Форма обучения: *очная***

**Уровень профессионального образования:**

**Высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации**

**Год набора: 2023**

Королев  
2023

**Автор: Фоминский Д.В. Рабочая программа дисциплины (модуля) Теоретические основы проектирования и производства новых материалов. Королев, МО: ФГБОУ ВО «Технологический университет», 2023 г.**

Рабочая программа дисциплины (модуля) **Теоретические основы проектирования и производства новых материалов** разработана на основании федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий, утвержденных приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 г. № 951, учебного плана программы аспирантуры.

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

Год утверждения (переутверждения)	2023	2024	2025	2026
Номер и дата протокола заседания кафедры Техники и технологии	№ 9 от 28.03.2023			

**Рабочая программа рекомендована к реализации в учебном процессе на заседании НТС:**

Год утверждения (переутверждения)	2023	2024	2025	2026
Номер и дата протокола заседания НТС	№1 от 29.03.2023			

**Рабочая программа обсуждена и утверждена на заседании Ученого совета**

Год утверждения (переутверждения)	2023	2024	2025	2026
Номер и дата протокола заседания УС	№ 9 от 11.04.2023			

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

### **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:

### **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 программы аспирантуры**

Дисциплина «Теоретические основы проектирования и производства новых материалов» относится к обязательным дисциплинам учебного плана основной образовательной программы подготовки аспирантов по научной специальности 2.6.17. Материаловедение.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных в результате освоения дисциплины «Основы научно-исследовательской работы».

Знания и умения, полученные при освоении дисциплины «Теоретические основы проектирования и производства новых материалов», являются базовыми для прохождения производственной (педагогической) практики и подготовки диссертации.

## **3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы**

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетных единицы, **108** часов.

<b>Виды занятий</b>	<b>Всего часов</b>
<b>ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ</b>	
<b>Общая трудоемкость</b>	108
<b>Аудиторные занятия</b>	18
Лекции (Л)	10
Практические занятия (ПЗ)	8
Семинарские занятия (СЗ)	-
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**

Наименование тем	Лекции, час.	Практические занятия, час
<p><b>Тема 1.</b> Новые материалы, особенности проектирования и изготовления изделий. Применение композиционных материалов. Наполнители и матрицы композиционных материалов</p>	<b>2</b>	
<p><b>Тема 2.</b> Технологии изготовления композитов с полимерной термореактивной и термопластичной матрицей</p>	<b>2</b>	<b>2</b>
<p><b>Тема 3.</b> Технологии изготовления композитов с углеродной, керамической и металлической матрицей</p>	<b>2</b>	<b>2</b>
<p><b>Тема 4.</b> Экспериментальные методы определения физико-механических свойств композитов. Механика композитов. Прочностные свойства композитов</p>	<b>2</b>	<b>2</b>
<p><b>Тема 5.</b> Механическая обработка и сборка изделий из композитов</p>	<b>2</b>	<b>2</b>
	<b>10</b>	<b>8</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. 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.

### **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. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1	2	3
1	Новые материалы, особенности проектирования и изготовления изделий. Применение 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.

2	Наполнители и матрицы композиционных материалов	<p>Виды армирующих элементов. Стекланные волокна. Тканые материалы на основе стекловолокон. Углеродные волокна.</p> <p>Органические волокна. Органические волокна на основе гибкоцепных полимеров.</p> <p>Жидкокристаллические полиариленовые волокна и полиимидные волокна. Свойства борных волокон.</p> <p>Металлические проволоки. Матрицы полимерных композитов на основе ненасыщенных сложных эфиров, эпоксидные связующие, связующие, отверждающиеся по поликонденсационному механизму, олигоциклические связующие.</p> <p>Отверждение связующих. Достоинства и недостатки термореактивных связующих.</p> <p>Термопластичные полимерные матрицы.</p> <p>Адгезионное соединение «полимерная матрица – волокно». Материалы на основе тугоплавких соединений. Керме-ты. Металлические матричные материалы.</p>
3	Технологии изготовления композитов с полимерной термореактивной и термопластичной матрицей	<p>Изготовление конструкций из композитов.</p> <p>Технология приготовления связующих.</p> <p>Технологические свойства связующих.</p> <p>Технологические расчеты компонентов связующего. Выбор арматуры для формования.</p> <p>Пропитка арматуры и наполнителей. Формование изделий из полимерных композитов.</p> <p>Технологическая оснастка для изготовления изделий из композитов, формы, цулаги, вакуум-чехлы, дренажи. Оправки для намотки.</p> <p>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.</p>
4	Экспериментальные методы определения физико-механических	<p>Растяжение. Сжатие. Сдвиг. Изгиб. Испытания кольцевых образцов. Определение содержания армирующих волокон и плотности композитов.</p> <p>Статистическая обработка результатов испытаний.</p>

	СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ	
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.
6	Механика композитов. Прочностные свойства композитов	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

		<p>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 перекрёстными слоями. КЛТР слоистых КМ. Структурные напряжения в слоистых КМ.</p> <p>Эксплуатационные напряжения в слоистых композитах. Прочностные свойства слоистых композитов. Понятие о критериях прочности КМ. Критерии прочности однонаправленных слоёв. Применение критериев прочности для слоистых КМ.</p>
7	Механическая обработка и сборка изделий из композитов	<p>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.</p>

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

**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 ПП.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 волокон, %	0,50	0,52	0,55	0,58	0,60	0,62
3-я цифра – критерий прочности	Мах. напряжений	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 П1.2

## Физико-механические свойства компонентов КМ

Свойство материала	Ед. измерения	Материал волокон			Материал матрицы	
		Обозначение	Стекло	Углерод	Обозначение	Эпоксидная
Плотность	кг/м <sup>3</sup>	ρв	2580	1700	ρм	1300
Модуль упругости	МПа	Ев	90000	3*10 <sup>5</sup>	Ем	4000
Коэффициент Пуассона	—	μв	0,28	0,22	μм	0,3
КЛТР	10 <sup>-6</sup> /К	αв	6	-3	αм	60
Прочность при растяжении	МПа	σвр	1800	3000	σмр	60
Прочность при сжатии	МПа	σвс	1300	2500	σмс	140
Прочность при сдвиге	МПа	τв	650	1250	τм	30



## 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%  
Определить плотность, прочность вдоль волокон и удельную прочность органопластика; наполнение волокном 0,6.

## 7. Перечень основной и дополнительной 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>

#### **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.ras.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 «Технологический университет»  
<http://unitech-mo.ru/library/resources/electronic-catalogue-fta>

## **8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

### **Указания по проведению 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.

**9. 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»

**10. 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.

