

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ АВИАЦИОННО- КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование ракетных двигателей твердого топлива
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	9	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	диф. зач.
5	10	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	экз.
ВСЕГО		6	216	102	68	0	34	114	0	0	114	

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

**24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ \_\_\_\_\_

Лихачев Алексей Николаевич, д.т.н., доцент, профессор

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н. \_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНИКИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-4 — Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-4**

*знания:*

на уровне представлений: уметь использовать в процессе разработки двигателей и энергоустановок летательных аппаратов новые конструктивно-технологические подходы связанные с использованием перспективных композиционных материалов

на уровне воспроизведения: использовать технические приёмы, позволяющие оценить результаты, принимаемых решений при использовании в конструкции перспективных композиционных материалов

на уровне понимания: применять полученные знания в своей профессиональной деятельности при решении задач, связанных с разработкой конструкции и технологии её создания, оценкой качества полученных результатов разработки;

*умения:*

теоретические: проводить расчеты оценки напряженно-деформированного состояния конструкции авиационных и ракетных двигателей при заданных нагрузках при использовании в ней современных композиционных материалов

практические: осуществлять расчет жесткостных и упругих характеристик пакета слоев конструкции из КМ; проводить проектный расчет основных конструктивных элементов изделия, выполненных из КМ; осуществлять анализ результатов расчета конструкции с учетом особенности ее структуры и физико-механических характеристик;

*навыки:*

владеть методами расчета и проектирования основных характеристик конструкций авиационных и ракетных двигателей, выполненных из современных композиционных материалов, уметь оценивать и выбирать методы изготовления таких структур с учетом заданных технических требований к изделию, владеть методами оценки влияния структуры конструкции, выполненной из КМ на её основные функциональные характеристики.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ДЕТАЛИ МАШИН.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-3 — Способен разрабатывать нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-4
5	9	<b>Раздел 1. Введение.</b> Требования к предъявляемым к созданию конструктивных элементов изделий авиационно-космической техники на современном этапе развития техники.	2	2	2	0	0	5
5	9	<b>Раздел 2. Особенности процессов разработки и создания конструктивных элементов авиационно-космической техники из КМ.</b> Влияние технических требований, предъявляемых к изделиям авиационно-космической техники, к изменению технологических процессов создания изделий.	4	2	2	0	2	5
5	9	<b>Раздел 3. Основные понятия о видах композиционных материалов.</b> 3.1.Основные сведения о современных композиционных материалах и конструкциях на их основе. 3.2. Определение и классификация композитов. 3.3. Волокнистые композиционные материалы. 3.4 Особенности поведения конструкций из КМ при различных условиях эксплуатации.	8	4	4	0	4	5
5	9	<b>Раздел 4. Элементы структурной механики конструкций, выполненных из КМ.</b> 4.1. Уравнения теории упругости анизотропной среды в ортогональных и криволинейных координатах 4.2. Построение матриц жесткости и податливости анизотропного упругого тела 4.3. Физический смысл составляющих тензора упругих постоянных ортотропного тела. 4.4.Температурные и гидротермические воздействия. 4.5. Слои композиционных материалов, анализ сложных КМ.	26	14	6	8	12	5
5	9	<b>Раздел 5. Балки и стержни, выполненные из КМ.</b> 5.1.Основы теории анизотропных балок и стержней. 5.2. Некоторые простые решения задач для балок из КМ. 5.3.Изгиб слоистых балок, уточненная теория 5.4.Осевое нагружение шарнирно опертой балки, выполненной из КМ. 5.5.Термоупругость балок из КМ, основные допущения, методы решения.	17	9	6	3	8	5
5	9	<b>Раздел 6. Пластины и панели, выполненные из КМ.</b> 6.1.Уравнения равновесия пластины. Решение Навье для пластины из КМ 6.2.Решение Навье для равномерно нагруженной шарнирно опертой пластины. 6.3 Решение Леви для пластины из КМ. 6.4.Решение задачи изгиба композиционной пластины со срединной плоскостью симметрии методом возмущения.	20	10	4	6	10	5
5	9	<b>Раздел 7. Оболочки, выполненные из КМ.</b> 7.1.Анализ цилиндрических оболочек, выполненных из КМ при осесимметричном нагружении 2.2.Общее решение осесимметричной задачи для цилиндрических оболочек из КМ. Реакция длинной осесимметричной оболочки из КМ на краевое перемещение. 7.3.Устойчивость цилиндрической оболочки из КМ при разных видах нагружения.	15	4	4	0	11	10
5	9	<b>Раздел 8. Соединения конструкций из композиционных материалов.</b> 4.1.. Виды соединений конструктивных элементов из композиционных материалов и особенности их конструкции. 4.2. Клеевые соединения. 4.3. Механические соединения 4.4 Клее-механические соединения.	16	6	6	0	10	10
<b>Всего за 9 семестр</b>			108	51	34	17	57	50
5	10	<b>Раздел 9. Трёхслойные конструкции.</b> 1.1 Общие сведения о слоистых конструкциях с заполнителями 1.2 Понятие о трёхслойных конструкциях 1.3 Модели деформирования трёхслойных конструкций 1.4 Энергетические оценки 1.5 Устойчивость трёхслойных пластин.	22	10	8	2	12	10
5	10	<b>Раздел 10. Концентраторы и дефекты в композиционных конструкциях.</b> 2.1 Кромочные эффекты 2.2 Влияние эффектов типа расслоения 2.3 Моделирование расслоения в трёхслойных конструкциях 2.4 Анализ процесса роста расслоения.	26	12	10	2	14	10
5	10	<b>Раздел 11. Основы теории прочности композиционных конструкций.</b> 3.1 Структурный и феноменологический подходы 3.2 Характеристики дефектов композиционных структур 3.3Основные подходы к оценке прочности полимерных композиционных материалов. 3.4 Дефекты в 2-D армированных композиционных материалах 3.5 Этапы разрушения Композиционного материала 3.6 Механизмы повреждения композиционного материала.	17	7	4	3	10	10
5	10	<b>Раздел 12. Критерии разрушения однонаправленного композиционного материала.</b> 4.1 Использование феноменологического подхода для формулирования критерия разрушения однонаправленного композиционного материала 4.2 Критерии прочности для ортотропного композиционного материала. 4.3 Оценка прочностных свойств многослойного композиционного материала.	23	11	6	5	12	10
5	10	<b>Раздел 13. Технологические процессы создания элементов конструкций из композиционных материалов.</b> 6.1 основные этапы подготовки композиционных материалов. 6.2 Прессование элементов конструкций из волокнистых материалов 6.3 Вакуумное и автоклавное формование 6.4 намотка элементов конструкций из волокнистых КМ.	20	11	6	5	9	10
<b>Всего за 10 семестр</b>			108	51	34	17	57	50
<b>Всего по дисциплине</b>			216	102	68	34	114	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 4. Элементы структурной механики	Элементы структурной механики конструкций, выполненных из КМ. Матрица жесткости и	8

	конструкций, выполненных из КМ.	податливости анизотропного упругого тела. Расчет температурных и гидротермических воздействий.	
2	Раздел 5. Балки и стержни, выполненные из КМ.	Основы теории анизотропных балок и стержней, выполненные из КМ. Расчет изгиба слоистых балок. Осевое нагружение шарнирно опертой балки, выполненной из КМ.	3
3	Раздел 6. Пластины и панели, выполненные из КМ.	Решение Навье для равномерно нагруженной шарнирно опертой пластины. Решение Леви для пластины из КМ:	6
4	Раздел 7. . Оболочки, выполненные из КМ.	Анализ цилиндрических оболочек, выполненных из КМ при осесимметричном нагружении. Устойчивость цилиндрической оболочки из КМ при разных видах нагружения.	0
5	Раздел 8. Соединения конструкций из композиционных материалов.	Соединения конструкций из композиционных материалов	0
<b>Всего за 9 семестр</b>			17
6	Раздел 9. Трёхслойные конструкции.	Оценка физико-механических характеристик композиционного материала с заданной схемой укладки.	2
7	Раздел 10. Концентраторы и дефекты в композиционных конструкциях.	Определение влияния процентного содержания компонента композиционного материала на его физико-механические характеристики	2
8	Раздел 11. Основы теории прочности композиционных конструкций.	Определение прочностных характеристики симметрично армированного композиционного материала при осевой нагрузке	3
9	Раздел 12. Критерии разрушения однонаправленного композиционного материала.	Оценка влияния коэффициента линейного температурного расширения на деформацию образца при заданной температуре нагрева	5
10	Раздел 13. Технологические процессы создания элементов конструкций из композиционных материалов.	Влияние коэффициента гигроскопичности на деформационные характеристики образца при заданных схемах армирования	5
<b>Всего за 10 семестр</b>			17

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 2. Особенности процессов разработки и создания конструктивных элементов авиационно-космической техники из КМ.	Работа с дополнительной литературой по теме лекции	2
2	Раздел 3. Основные понятия о видах композиционных материалов.	Работа с дополнительной литературой по теме лекции	4
3	Раздел 4. Элементы структурной механики конструкций, выполненных из КМ.	Изучение основной и дополнительной литературы Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала Оформление отчетов по практическим работам	12
4	Раздел 5. Балки и стержни, выполненные из КМ.	Изучение основной и дополнительной литературы из п.п.1 по теме раздела Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала Оформление отчетов по практическим работам	8
5	Раздел 6. Пластины и панели, выполненные из КМ.	Изучение основной и дополнительной литературы из п.п.1 по теме раздела Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала Оформление отчетов по практическим работам	10
6	Раздел 7. . Оболочки, выполненные из КМ.	Изучение основной и дополнительной литературы из п.п.1 по теме раздела Подготовка к практическим	11

		работам, проработка теоретического материала Оформление отчетов по практическим работам	
7	Раздел 8. Соединения конструкций из композиционных материалов.	Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала Оформление отчетов по практическим работам	10
<b>Всего за 9 семестр</b>			57
8	Раздел 9. Трёхслойные конструкции.	Работа с дополнительной литературой по теме лекций и практических занятий	12
9	Раздел 10. Концентраторы и дефекты в композиционных конструкциях.	Работа с дополнительной литературой по теме лекции	14
10	Раздел 11. Основы теории прочности композиционных конструкций.	Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практическому занятию	10
11	Раздел 12. Критерии разрушения однонаправленного композиционного материала.	Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практическому занятию	12
12	Раздел 13. Технологические процессы создания элементов конструкций из композиционных материалов.	Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практическому занятию	9
<b>Всего за 10 семестр</b>			57

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>9</b>						ДР				ДР					Реф	ДР	диф. зач.
<b>10</b>						ДР				ДР					Реф	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Реф – реферат;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- реферат.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет;
- экзамен.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы. М.: Машиностроение, 1990, 11 экз.
2. В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Армирующие волокна для композиционных материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 49 экз.
3. В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Связующие для полимерных композиционных материалов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 49 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. . Перспективные материалы и технологии для ракетно-космической техники. М.: Торус Пресс, 2007, 3 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
4. <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
5. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

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

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-4 Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с процессом разработки и создания конструктивных элементов авиационно-космической техники из КМ.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- реферат.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет;
- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**68 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**114 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 102 ч. аудиторных занятий, и 114 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 2. Особенности процессов разработки и создания конструктивных элементов авиационно-космической техники из КМ.</b>		
Работа с дополнительной литературой по теме лекции	В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Армирующие волокна для композиционных материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1) . Перспективные материалы и технологии для ракетно-космической техники: М.: Торус Пресс, 2007 (1)	2
Итого по разделу 2		2
<b>Раздел 3. Основные понятия о видах композиционных материалов.</b>		
Работа с дополнительной литературой по теме лекции	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (3) В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Армирующие волокна для композиционных материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1) В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Связующие для полимерных композиционных материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1)	4
Итого по разделу 3		4
<b>Раздел 4. Элементы структурной механики конструкций, выполненных из КМ.</b>		
Изучение основной и дополнительной литературы Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала Оформление отчетов по практическим работам	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (4)	12
Итого по разделу 4		12
<b>Раздел 5. Балки и стержни, выполненные из КМ.</b>		
Изучение основной и дополнительной литературы из п.п.1 по теме раздела Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала Оформление отчетов по практическим работам	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (5)	8

Итого по разделу 5		8
<b>Раздел 6. Пластины и панели, выполненные из КМ.</b>		
Изучение основной и дополнительной литературы из п.п.1 по теме раздела Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала Оформление отчетов по практическим работам	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (5)	10
Итого по разделу 6		10
<b>Раздел 7. . Оболочки, выполненные из КМ.</b>		
Изучение основной и дополнительной литературы из п.п.1 по теме раздела Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала Оформление отчетов по практическим работам	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (5)	11
Итого по разделу 7		11
<b>Раздел 8. Соединения конструкций из композиционных материалов.</b>		
Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала Оформление отчетов по практическим работам	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (9)	10
Итого по разделу 8		10
<b>Раздел 9. Трёхслойные конструкции.</b>		
Работа с дополнительной литературой по теме лекций и практических занятий	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (4)	12
Итого по разделу 9		12
<b>Раздел 10. Концентраторы и дефекты в композиционных конструкциях.</b>		
Работа с дополнительной литературой по теме лекции	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (5)	14
Итого по разделу 10		14
<b>Раздел 11. Основы теории прочности композиционных конструкций.</b>		
Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практическому занятию	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (6)	10
Итого по разделу 11		10
<b>Раздел 12. Критерии разрушения однонаправленного композиционного материала.</b>		
Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практическому занятию	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (6)	12
Итого по разделу 12		12
<b>Раздел 13. Технологические процессы создания элементов конструкций из композиционных материалов.</b>		
Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практическому занятию	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (8)	9
Итого по разделу 13		9

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- реферат;
- экзамен;
- дифференцированный зачет.

### **Критерии оценивания**

#### **Диагностическая работа**

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### **Реферат**

Реферат по работе, выполненной на ПЗ представляется в печатном виде в соответствии с ГОСТ 7.32-2017. Защита реферата проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает зачет по выполненной.

Основаниями для доработки могут служить:

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),

Реферат не может быть принят и подлежит переработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала

Примеры тем рефератов:

- 1) Исследование методов вакуумного формования изделий из ПКМ с учетом влияния дефектов
- 2) Исследование процессов создания КМ на основе металлической матрицы
- 3) Оценка влияния не прямолинейности армирующих волокон на прочностные и динамические характеристики изделия, выполненного из КМ

#### **Экзамен (семестр 10)**

К экзамену допускаются обучающиеся при условии выполнения всех контрольных мероприятий, предусмотренных программой УМК дисциплины в 10 семестре.

Экзамен проводится в форме ответов на вопросы билета. Оценка выставляется по результатам ответов на 2 вопроса билета:

- «отлично» - полный ответ на 2 вопроса билета и возможные дополнительные вопросы;
- «хорошо» - незначительные замечания на ответы по 2 основным вопросам и неполные ответы на дополнительные вопросы;
- «удовлетворительно» - неполные ответы на 2 основных вопроса и отсутствие ответов на отдельные дополнительные вопросы;
- «неудовлетворительно» - неполный ответ на один основной вопрос билета, отсутствие ответа на второй и дополнительные вопросы.

#### **Дифференцированный зачет (семестр 9)**

Дифференцированный зачет (семестр 9):

К дифференциальному зачёту допускаются обучающиеся при условии выполнения всех контрольных мероприятий, предусмотренных программой УМК дисциплины в 9 семестре.

Дифференциальный зачёт проводится в форме ответов на вопросы билета по дифференциальному зачёту. Оценка за дифференциальный зачёт выставляется по результатам ответов на 2 вопроса билета:

- «зачтено-отлично» - полный ответ на 2 вопроса билета и возможные дополнительные вопросы;
- «зачтено-хорошо» - незначительные замечания на ответы по 2 основным вопросам и неполные ответы на дополнительные вопросы;
- «зачтено-удовлетворительно» - неполные ответы на 2 основных вопроса и отсутствие ответов на

отдельные дополнительные вопросы;

- «не зачтено» - неполный ответ на один основной вопрос билета, отсутствие ответа на второй и дополнительные вопросы.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-4	
5	9	Раздел 1. Введение.	2	2	2	0	0	5	Реферат
5	9	Раздел 2. Особенности процессов разработки и создания конструктивных элементов авиационно-космической техники из КМ.	4	2	2	0	2	5	Реферат
5	9	Раздел 3. Основные понятия о видах композиционных материалов.	8	4	4	0	4	5	Реферат
5	9	Раздел 4. Элементы структурной механики конструкций, выполненных из КМ.	26	14	6	8	12	5	Реферат
5	9	Раздел 5. Балки и стержни, выполненные из КМ.	17	9	6	3	8	5	Реферат
5	9	Раздел 6. Пластины и панели, выполненные из КМ.	20	10	4	6	10	5	Реферат
5	9	Раздел 7. . Оболочки, выполненные из КМ.	15	4	4	0	11	10	Реферат
5	9	Раздел 8. Соединения конструкций из композиционных материалов.	16	6	6	0	10	10	Реферат
Всего за 9 семестр			108	51	34	17	57	50	
5	10	Раздел 9. Трёхслойные конструкции.	22	10	8	2	12	10	Реферат
5	10	Раздел 10. Концентраторы и дефекты в композиционных конструкциях.	26	12	10	2	14	10	Реферат
5	10	Раздел 11. Основы теории прочности композиционных конструкций.	17	7	4	3	10	10	Реферат
5	10	Раздел 12. Критерии разрушения однонаправленного композиционного материала.	23	11	6	5	12	10	Реферат
5	10	Раздел 13. Технологические процессы создания элементов конструкций из композиционных материалов.	20	11	6	5	9	10	Реферат
Всего за 10 семестр			108	51	34	17	57	50	
Всего по дисциплине			216	102	68	34	114	100	



**Оценочные материалы по дисциплине ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ  
КОНСТРУКЦИИ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ**

**ПК-4 - Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Как будет деформироваться стержень из многослойного композита, используемого при создании элементов конструкции ракетных двигателей твёрдого топлива, если один слой будет иметь повышенную температуру по отношению к другим в случае растяжения?
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
К чему приводит несимметричная структура пластинчатого элемента опорного узла конструкции ракетных двигателей твёрдого топлива, выполненного из КМ при его нагружении.
- № 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Какие допущения вводятся при использовании закона Бернулли-Эйлера в процессе расчёта изгиба композиционного стержня, используемого при создании элемента конструкции ракетных двигателей твёрдого топлива?
- № 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Где располагается нейтральная ось однородного стержня, используемого при создании элемента конструкции ракетных двигателей твёрдого топлива, при изгибе?
- № 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
В чём заключается гипотеза Тимошенко, используемая при расчёте плоских композиционных пластин, являющихся элементами конструкций ракетных двигателей твёрдого топлива?
- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие  
Перед Вами несколько определений структур, входящих в композиционный материал, применяемый при создании элементов конструкций ракетных двигателей твёрдого топлива. Укажите соответствие терминов и определения.

1 Композиционный материал

2 Матрица

3 Армирующие элемент

Слой, объединяющий армирующие элементы и матричный материал и обеспечивающий их совместную работу.  
Элемент структуры, обеспечивающий прочностные и жесткостные характеристики композиционного материала.  
В Комбинация двух и более разнородных структур, объединённых пограничным слоем, связывающие эти компоненты.

		Элемент структуры материала, обеспечивающий монолитность
4	Пограничный слой	Г и форму конструкции, совместную работу армирующих волокон, уровень рабочих температур работы конструкции. Слой, лежащий на внешней Д границе структуры композита. Материал, состоящий из дискретных Е структур, объединённых на основе химических связей.

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

Перед Вами несколько функциональных характеристик композиционного материала, обеспечивающих её применение при создании элементов конструкций ракетных двигателей твёрдого топлива. Укажите соответствие функциональных характеристик и структурных компонентов.

1	Прочность	А Матрица
2	Жесткость	Б Армирующие элементы
3	Теплопроводность	В Пограничный слой
4	Монолитность	Г Электропроводность
5	Форма	Д Влагопоглощение
		Е Магнитные свойства

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Перед Вами несколько групп функциональных характеристик, применяемые при создании элементов конструкций из полимерных композиционных материалов ракетных двигателей твердого топлива. Укажите соответствие характеристик и групп наполнителей.

		Химические компоненты, изменяющие
1	Управление жесткостными характеристиками КМ	А условия взаимодействия матрицы и волокна друг с другом

2	Управление сдвиговыми характеристиками КМ	Б Растворы и жидкости меняющие физико-механические свойства ПКМ Дисперсные частицы ограниченных размеров, введение которых меняет
3	Изменение адгезионных характеристик волокна и матрицы	В общий комплекс свойств или некоторые из них – фрикционные, электрические, магнитные и т.п. Газовые и жидкостные включения, изменяющие
4	Управление массовыми и тепловыми характеристиками КМ	Г массовые, динамические, электрические и тепловые характеристики ПКМ Д Однонаправленные волокна Е Тканые материалы

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите факторы, приводящие к улучшению физико-механических характеристик полимерных композиционных материалов (ПКМ) используемых при создании элементов конструкций ракетных двигателей твёрдого топлива, начиная с наиболее важного.

К факторам, способствующим улучшению свойств ПКМ следует отнести:

- 1)улучшение адгезии армирующего волокна и матрицы
- 2)Соблюдение температурного режима при полимеризации изделия
- 3) введение трёхмерного армирования структуры ПКМ
- 4)снижения изгиба волокон арматуры
- 5)Введение контроля за влажностью армирующих волокон

№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите факторы, приводящие к высокому уровню сдвиговой жёсткости и устойчивости на сжатие борных волокон, используемых при изготовлении элементов конструкций двигателей начиная с наиболее важного.

- 1) Мелкокристаллическую структуру волокон обеспечивающую высокую прочность и жёсткость
- 2) Ячеистую структура поверхности волокон способствующую высокой прочности при сдвиге и срезе.
- 3) Гетерогенную структура волокна (наружная оболочка из металлического бора и сердечник из кристаллических борилов) создающую высокие напряжения сжатия в сердечнике и растяжения в оболочке, что повышает устойчивость к сдвигу и сжатию

4) Большой диаметр волокна, достигающим до 0.2 мм и наличие оболочки из поликристаллического бора, имеющего высокий модуль упругости

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

По какому принципу осуществляется деление композиционных материалов (КМ), используемых при создании элементов конструкций ракетных двигателей твёрдого топлива на классы.

1. Деление композиционных материалов на классы происходит по химическому составу его отдельных компонент

2. Существует два основных принципа деления композиционных материалов (КМ), - по виду матрицы и по виду наполнителя (арматуры).

3. Деление композиционных материалов на классы происходит по уровню их прочностных и динамических свойств

4. Деление композиционных материалов на классы осуществляется по виду

технологических процессов, положенных в основу их изготовления

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какие виды матриц существуют для полимерных композиционных материалов (ПКМ).

1) Для полимерных композиционных материалов существуют термореактивные матрицы.

2. Для полимерных композиционных материалов существуют термопластичные матрицы.

3. Для полимерных композиционных материалов существуют два вида матриц: термореактивные и термопластичные.

4. Для полимерных композиционных материалов существуют один вид матриц - керамические матрицы.

№ 13 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

С чем связаны высокие прочностные и жесткостные свойства углепластиков на основе углеродных волокон и полимерной матрицы

1. Высокие жесткостные и прочностные свойства углепластиков связаны с наличием высокой адгезии материала волокна и связующего.

2. Высокие жесткостные и прочностные свойства углепластиков связаны с наличием в них фибриллярной структуры, характеризующаяся высокой энергией взаимодействия атомов углерода в плоскости атомных слоёв.

3. Высокие жесткостные и прочностные свойства углепластиков связаны с наличием высокой энергией взаимодействия атомов углерода между плоскостями атомных слоёв.

4. Высокие жесткостные и прочностные свойства углепластиков связаны с наличием жесткоцепных ароматических колец, определяющих высокий модуль упругости полимера.

№ 14 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Чем отличается стадия карбонизации от стадии графитизации углеродного волокна.

1. Стадия графитизации является первой стадией высокотемпературной обработки и протекает при температуре 1173...2273 С с получением до 70% углерода в волокне. Стадия карбонизации является второй стадией и проводится при температуре 3273 С, в результате волокна содержат до 99% углерода

2. Стадия карбонизации является первой стадией высокотемпературной обработки и протекает при температуре 1173...2273 С с получением до 80% углерода в волокне. Стадия графитизации проводится при температуре 3273 С, в результате волокна содержат до 99% углерода. На стадии карбонизации происходит низкотемпературная обработка органических волокон при температуре 900К, с целью получить предварительную молекулярную структуру будущего волокна.

3. Карбонизация проводится в атмосфере инертного газа при температуре 1000 – 1500°C. При этой температуре из волокна удаляются почти все элементы за исключением углерода. На стадии графитизации температура обработки достигает 1500К и выше.

4. Стадия карбонизации и гранитизации приводятся при одних и тех же температурах 1400 С и отличаются химическим составом среды, в которой происходит обработка исходного продукта. При температуре ниже 1000°C происходит основной процесс удаления газообразных продуктов пиролиза: метана, цианистого водорода, воды, углекислого газа, окиси углерода, водорода, аммиака и целого ряда углеводов.

№ 15 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие допущения вводятся при определении упругих свойств однонаправленного слоя, выполненного из композиционного материала, используемого для создания элементов конструкции ракетных двигателей твёрдого топлива.

1.Вводится следующие допущения:

а) Компоненты композиционного материала являются однородными и линейно-упругими материалами.

б). Армирующие волокна являются прямым и параллельными.

2.Для упрощения расчетов вводится ряд допущений:

а) Компоненты композиционного материала являются однородными и линейно-упругими материалами.

б) Связующее является изотропным, а волокна могут быть изотропными или трансверсально-изотропными.

3.Вводится следующие допущения:

а) Армирующие волокна распределены равномерно и имеют одинаковое сечение

4.Вводится следующие допущения:

а) Армирующие волокна являются прямыми и параллельными

б) Армирующие волокна распределены равномерно и имеют одинаковое сечение

№ 16 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

**С чем связаны высокие прочностные и свойства полимерного композиционного материала (ПКМ) на основе арамидных волокон и полимерной матрицы.**

1.Высокие прочностные свойства ПКМ на основе арамидных волокон связаны и высокой плотностью упаковки макромолекул полиамида в волокнах

2. Высокие прочностные свойства ПКМ на основе арамидных волокон связаны с высокой энергией взаимодействия молекул атомов ароматических групп между плоскостями атомных слоёв.

3. Высокие прочностные свойства ПКМ на основе арамидных волокон связаны с большим диаметром этих волокон, увеличивающих их устойчивость при нагружении

4.Высокие прочностные свойства ПКМ на основе арамидных волокон связаны с высокой жёсткостью цепей ароматических полиамидов.