

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ ВРД

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок
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	
4	8	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	диф. зач.
5	9	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	диф. зач.
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 ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ ВРД**

### **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:

ПСК-1.3 — Способен выполнять расчёты простых систем, деталей и узлов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ПСК-1.3**

*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 **ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ ВРД** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
- ПСК-1.1 — Способен разрабатывать конструкторскую документацию на детали и узлы двигателей и стендового оборудования
- ПСК-1.3 — Способен выполнять расчёты простых систем, деталей и узлов

### 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		ПСК-1.3
4	8	<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
4	8	<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.	2	2	2	0	0	5
4	8	<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.	10	4	4	0	6	5
4	8	<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.	20	10	6	4	10	5
4	8	<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.	22	8	6	2	14	10
4	8	<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.	22	7	4	3	15	10
4	8	<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.	19	7	4	3	12	10
4	8	<b>Раздел 8. Соединения конструкций из композиционных материалов.</b> 8.1. Виды соединений конструктивных элементов из композиционных материалов и особенности их конструкций. 8.2. Клеевые соединения. 8.3. Механические соединения. 8.4 Клее-механические соединения.	11	11	6	5	0	10
<b>Всего за 8 семестр</b>			108	51	34	17	57	60
5	9	<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	5
5	9	<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.	24	12	10	2	12	5
5	9	<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	9	<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 материал.	22	11	6	5	11	10
5	9	<b>Раздел 13. Технологические процессы создания элементов конструкций из композиционных материалов.</b> 5.1 основные этапы подготовки композиционных материалов. 5.2 Прессование элементов конструкций из волокнистых материалов. 5.3 Вакуумное и автоклавное формование. 5.4 намотка элементов конструкций из волокнистых КМ.	23	11	6	5	12	10
<b>Всего за 9 семестр</b>			108	51	34	17	57	40
<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	Расчёт матриц жёсткости и податливости	4

	механики конструкций, выполненных из КМ.	элементов из КМ	
2	Раздел 5. Балки и стержни, выполненные из КМ.	Расчёт термдеформации балок	2
3	Раздел 6. Пластины и панели, выполненные из КМ.	Расчёт композитных пластин	3
4	Раздел 7. Оболочки, выполненные из КМ.	Расчёт осесимметричной композиционной оболочки при динамическом нагружении	3
5	Раздел 8. Соединения конструкций из композиционных материалов.	Анализ работы механического соединения пластин из КМ	5
<b>Всего за 8 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 9 семестр</b>			17

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 3. Основные понятия о видах композиционных материалов.	Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела. Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала. Оформление отчетов по практическим работам	6
2	Раздел 4. Элементы структурной механики конструкций, выполненных из КМ.	Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела. Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала. Оформление отчетов по практическим работам	10
3	Раздел 5. Балки и стержни, выполненные из КМ.	Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела. Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала. Оформление отчетов по практическим работам	14
4	Раздел 6. Пластины и панели, выполненные из КМ.	Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела. Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала. Оформление отчетов по практическим работам	15
5	Раздел 7. Оболочки, выполненные из КМ.	Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела. Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала. Оформление отчетов по практическим работам	12
<b>Всего за 8 семестр</b>			57
6	Раздел 9. Трёхслойные конструкции.	Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практического занятия	12
7	Раздел 10. Концентраторы и дефекты в композиционных конструкциях.	Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практического занятия	12
8	Раздел 11. Основы теории прочности композиционных	Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практического занятия	10

	конструкций.		
9	Раздел 12. Критерии разрушения однонаправленного композиционного материала.	Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практического занятия	11
10	Раздел 13. Технологические процессы создания элементов конструкций из композиционных материалов.	Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практического занятия	12
Всего за 9 семестр			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
8						ДР				ДР					Реф	ДР	диф. зач.
9						ДР				ДР					Реф	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

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



## 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. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### 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 **ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ ВРД** является дисциплиной **обязательной части 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*:  
ПСК-1.3 Способен выполнять расчёты простых систем, деталей и узлов.

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.

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 3. Основные понятия о видах композиционных материалов.</b>		
Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела. Подготовка к практическим работам, проработка теоретического материала. Оформление отчетов по практическим работам	В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Армирующие волокна для композиционных материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1) В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (1) В. И. Кулик, А. С. Нилов. . Связующие для полимерных композиционных материалов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1)	6
Итого по разделу 3		6
<b>Раздел 4. Элементы структурной механики конструкций, выполненных из КМ.</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 (1-2)	10
Итого по разделу 4		10
<b>Раздел 5. Балки и стержни, выполненные из КМ.</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 (5)	14
Итого по разделу 5		14
<b>Раздел 6. Пластины и панели, выполненные из КМ.</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 (5)	15
Итого по разделу 6		15
<b>Раздел 7. Оболочки, выполненные из КМ.</b>		
Изучение основной и дополнительной литературы по теме раздела. Подготовка к	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные	12

практическим работам, проработка теоретического материала. Оформление отчетов по практическим работам	материалы: М.: Машиностроение, 1990 (5)	
Итого по разделу 7		12
<b>Раздел 9. Трёхслойные конструкции.</b>		
Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практического занятия	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 и практического занятия	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (5)	12
Итого по разделу 10		12
<b>Раздел 11. Основы теории прочности композиционных конструкций.</b>		
Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практического занятия	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 практического занятия	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (6)	11
Итого по разделу 12		11
<b>Раздел 13. Технологические процессы создания элементов конструкций из композиционных материалов.</b>		
Работа с дополнительной литературой по теме лекции и практического занятия	В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин. . Композиционные материалы: М.: Машиностроение, 1990 (8)	12
Итого по разделу 13		12

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- реферат;
- дифференцированный зачет;
- 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

#### Дифференцированный зачет (семестр 8)

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.

#### 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		ПСК-1.3	
4	8	Раздел 1. Введение.	2	2	2	0	0	5	Реферат
4	8	Раздел 2. . Особенности процессов разработки и создания конструктивных элементов авиационно-космической техники из КМ.	2	2	2	0	0	5	Реферат
4	8	Раздел 3. Основные понятия о видах композиционных материалов.	10	4	4	0	6	5	Реферат
4	8	Раздел 4. Элементы структурной механики конструкций, выполненных из КМ.	20	10	6	4	10	5	Реферат
4	8	Раздел 5. Балки и стержни, выполненные из КМ.	22	8	6	2	14	10	Реферат
4	8	Раздел 6. Пластины и панели, выполненные из КМ.	22	7	4	3	15	10	Реферат
4	8	Раздел 7. Оболочки, выполненные из КМ.	19	7	4	3	12	10	Реферат
4	8	Раздел 8. Соединения конструкций из композиционных материалов.	11	11	6	5	0	10	Реферат
Всего за 8 семестр			108	51	34	17	57	60	
5	9	Раздел 9. Трёхслойные конструкции.	22	10	8	2	12	5	Реферат
5	9	Раздел 10. Концентраторы и дефекты в композиционных конструкциях.	24	12	10	2	12	5	Реферат
5	9	Раздел 11. Основы теории прочности композиционных конструкций.	17	7	4	3	10	10	Реферат
5	9	Раздел 12. Критерии разрушения однонаправленного композиционного материала.	22	11	6	5	11	10	Реферат
5	9	Раздел 13. Технологические процессы создания элементов конструкций из композиционных материалов.	23	11	6	5	12	10	Реферат
Всего за 9 семестр			108	51	34	17	57	40	
Всего по дисциплине			216	102	68	34	114	100	



**ПСК-1.3 - Способен выполнять расчёты простых систем, деталей и узлов**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как будет деформироваться стержень из многослойного композита, используемого при создании элементов конструкции двигателей, если один слой будет иметь повышенную температуру по отношению к другим в случае растяжения?

№ 2 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°С. 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 графитизации приводятся при одних и тех же температурах 1400 С и отличаются химическим составом среды, в которой происходит обработка исходного продукта. При температуре ниже 1000°С происходит основной процесс удаления газообразных продуктов пиролиза: метана, цианистого водорода, воды, углекислого газа, окиси углерода, водорода, аммиака и целого ряда углеводородов.

№ 3 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.

№ 4 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 двигателя, изготовленного на основе композиционных материалов?

№ 5 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

А Слой,  
объединяющий  
армирующие

		элементы и матричный материал и обеспечивающий их совместную работу.
2	Матрица	Б Элемент структуры, обеспечивающий прочностные и жесткостные характеристики композиционного материала.
3	Армирующие элемент	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.

№ 6 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.

1	Управление жесткостными характеристиками КМ	А Химические компоненты, изменяющие условия
---	---	---

		взаимодействия матрицы и волокна друг с другом Растворы и жидкости
2	Управление сдвигowymi характеристиками КМ	Б 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

№ 7 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

№ 8 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

№ 9 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 вида матриц- керамические матрицы.

№ 10 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 фибрилярной 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 жесткосцепных ароматических колец, определяющих высокий модуль упругости полимера.

№ 11 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. Вводятся следующие допущения:

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

б) Армирующие волокна являются прямыми и параллельными.

2. Для упрощения расчетов вводятся 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. Вводятся следующие допущения:

а) Армирующие волокна распределены равномерно и имеют одинаковое сечение

4. Вводятся следующие допущения:

а) Армирующие волокна являются прямыми и параллельными

б) Армирующие волокна распределены равномерно и имеют одинаковое сечение

№ 12 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 боридов) 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