

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 03 » мая 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Аналитические и численные методы прогнозирования физико-механических и теплофизических характеристик композиционных материалов

_____ (наименование)

Форма обучения: _____ очная

_____ (очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ магистратура

_____ (бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ 144 (4)

_____ (часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

_____ (код и наименование направления)

Направленность: Перспективные технологии создания конструкций газотурбинных двигателей и мотогондол из композиционных материалов

_____ (наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины - формирование знаний и навыков у студента для оценки физико-механических и теплофизических характеристик композиционных материалов, определение напряженно-деформированного состояния конструкций авиационной техники из композиционных материалов.

Задачи:

- освоение студентом методов прогнозирования физико-механических и теплофизических характеристик КМ;
- освоение умений применять различные технологические приемы при проектировании и изготовлении изделий авиационной техники из полимерных композиционных материалов;
- владение основными навыками использования различных методов исследования физико-механических процессов и явлений.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- Физико-механические и теплофизические характеристики авиационной техники из КМ;
- Напряженно-деформированное состояние деталей авиационной техники из КМ;
- Принципы построения моделей композиционных материалов.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

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

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК -1.1	ИД-1ПК-1.1	Знать: - современные методы проектирования технологических процессов, используемых в профессиональной деятельности; - основные понятия физико-химии и механики композитов; - классификацию, номенклатуру и свойства композиционных материалов; - принципы построения моделей композиционных материалов; - понятие о моментных функциях; - алгоритм построения функционала краевой задачи.	Знает основные механические характеристики композиционных материалов и экспериментальные методы их определения; современные методы исследований материалов	Зачет
ПК -1.1	ИД-2ПК-1.1	Уметь: - выбирать и применять инновационные методы и технологии проектирования в профессиональной деятельности; - составлять объемную схему расчета конструкций из композиционных материалов.	Умеет подбирать методики лабораторных исследований неметаллических композиционных материалов в соответствии с поставленной задачей и проводить испытания по заданным методикам, обрабатывать и анализировать результаты, в т.ч. статистическими методами	Зачет
ПК -1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеть: - навыками сбора исходных данных для составления технического задания на проектирование технологического процесса создания материалов и их отработки с целью достижения требуемого уровня физико-механических свойств; - навыками расчета эффективных модулей упругости;	Владеет навыками инженерного сопровождения проведения физико-химических анализов на соответствие качества материалов действующим стандартам, техническим условиям, технологической документации	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		- принципами построения моделей композиционных материалов; - навыками построения функционала краевой задачи.		

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные понятия физико-химии и механики композитов	4	0	4	8
Тема 1. Основные определения. Определение композиционного материала. Объект исследования конструкции из композиционного материала. Основная задача – прогнозирование физико-механических и теплофизических свойств композитов, расчет на жесткость конструкций. Понятие о конструировании композиционных материалов: варьируемые параметры структуры и свойств элементов структуры. Тема 2. Волокно и матрица. Роль волокон, матриц и поверхностей раздела в формировании деформационных и прочностных свойств композитов.				
Классификация, номенклатура и свойства композиционных материалов	4	0	4	9
Тема 3. Классификация и номенклатура композиционных материалов. Тема 4. Физико-механические и теплофизические свойства волокон. Удельные упругие прочностные характеристики. Тема 5. Физико-механические и теплофизические свойства матриц. Тема 6. Физико-механические и теплофизические свойства однонаправленных волокнистых композитов. Удельные упругие и прочностные характеристики.				
Физико-химические и теплофизические процессы при создании композиционных материалов	4	0	4	9
Тема 7. Физико-химические и теплофизические процессы и явления при формировании композиционных материалов различных видов. Поверхностные и объемные эффекты. Тема 8. Виды межфазного взаимодействия. Типы связей между компонентами. Смачивание, адгезия, адсорбция, капиллярные явления. Тема 9. Фазовая структура композитов. Аморфное состояние. Высокоэластичное состояние. Стеклообразное состояние. Вязкотекучее состояние. Кристаллическое состояние.				
Принципы построения моделей композиционных материалов	4	0	4	8
Тема 10. Основные принципы построения моделей композиционных материалов. Понятие о модели микронеоднородной среды. Микроскопические и макроскопические величины. Их связь. Тема 11. Модель Фойгта для расчета эффективных				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
модулей упругости периодической и стохастической структуры. Модель Рейсса для расчета эффективных модулей упругости периодической и стохастической структуры. Вилки Фойгта-Рейсса, Хашина-Штрикмана. Тема 12. Постановка краевой задачи механики композитов с периодической и стохастической структурой. Классификация краевых задач микромеханики композитов.				
Объемная схема расчета конструкций из композиционных материалов	4	0	4	8
Тема 13. Исходная информация: характеристики структуры, задание деформационных и прочностных свойств элементов структуры, характеристики адгезионной связи, учет технологических параметров, описание геометрии конструкции и условий нагружения. Тема 14. Этапы решения задачи механики композитов. Этапы решения задачи: прогнозирование макросвойств; расчет макронапряжений и макродеформаций; расчет микронапряжений и микродеформаций; критерии прочности и трещиностойкости, определение микроповрежденности и параметров микроразрушения и оценка надежности конструкций.				
Понятие о моментных функциях. Построение функционала краевой задачи	4	0	4	10
Тема 15. Моментные функции различных порядков. Понятие о моментных функциях различных порядков для описания структуры разупорядоченных композитов. Понятия макрооднородности и квазиизотропности микронеоднородной среды. Тема 16. Традиционный метод решения краевой задачи для квазиизотропной среды, когда средой сравнения является среда с однородными свойствами. Построение функционала краевой задачи.				
Расчет эффективных модулей упругости	4	0	4	10
Тема 17. Вычисление эффективных модулей упругости в корреляционном приближении. Тема 18. Расчет эффективных модулей упругости квазиизотропных композитов методом периодических составляющих. Тема 19. Расчет эффективных модулей упругости однонаправленных волокнистых композитов методом периодических составляющих.				
Прогнозирование макроскопических упругих свойств композиционных материалов	4	0	8	10

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тема 20. Прогнозирование макроскопических упругих свойств слоистых композитов. Упругие свойства трансверсально-изотропной среды. Модели и методы приближенного вычисления макросвойств слоистых композитов. Точное решение для упругих модулей слоистых композитов. Примеры решения задач. Расчет эффективных модулей упругости квазиизотропных композитов методом периодических составляющих. Тема 21. Прогнозирование макроскопических упругих свойств перекрестно и объемно-армированных композитов. Понятие элементарного слоя. Упругие свойства ортотропной среды. Прогнозирование свойств перекрестно-армированных композитов: подходы, модели, приближения. Прогнозирование свойств объемно-армированных композитов на основе свойств однонаправленных композитов. Примеры решения.				
ИТОГО по 3-му семестру	32	0	36	72
ИТОГО по дисциплине	32	0	36	72

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Тензор деформаций Коши. Геометрические соотношения Коши.
2	Вычисление перемещения по заданному полю деформаций.
3	Симметрия упругих свойств анизотропных материалов.
4	Технические упругие постоянные анизотропных и изотропных материалов.
5	Вычисление эффективных модулей упругости по моделям Фойгта и Рейсса. Построение вилки Фойгта-Рейсса, Хашина-Штрикмана.
6	Постановка краевой задачи механики композитов с периодической и стохастической структурой.
7	Определение основных этапов решения задач механики композитов на примерах.
8	Решение краевой задачи механики композитов традиционным методом.
9	Расчет структурных деформаций в квазиизотропных композитах.
10	Расчет структурных напряжений в квазиизотропных композитах.
11	Расчет эффективных модулей однонаправленных волокнистых композитов.
12	Расчет эффективных модулей упругости слоистых композитов.
13	Расчет эффективных модулей объемно-армированных композитов.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
14	Прогнозирование упругоэластических свойств композитов.
15	Прогнозирование вязкоупругих свойств композитов.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически. 2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела. 3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу. 4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

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

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		

1	Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела : пер. с англ. М. : Мир, 1987. 328 с.	15
2	Кристенсен Р. М. Введение в механику композитов : пер. с англ. Москва : Мир, 1982. 334 с.	9
3	Кулезнев В. Н., Шершнева В. А. Химия и физика полимеров : учебник для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. М. : КолосС, 2007. 367 с.	34
4	Победря Б. Е. Численные методы в теории упругости и пластичности : учебное пособие для вузов. 2-е изд. Москва : Изд-во МГУ, 1995. 366 с.	12
5	Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / Баженов С. Л., Берлин А. А., Кульков А. А., Ошмян В. Г. Долгопрудный : Интеллект, 2010. 347 с.	25
6	Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология : учебное пособие для вузов / Кербер М. Л., Виноградов В. М., Головкин Г. С., Горбаткина Ю. А. Санкт-Петербург : Профессия, 2008. 557 с.	25
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Геллер Б. Э., Геллер А. А., Чиртулов В. Г. Практическое руководство по физико-химии волокнообразующих полимеров : учебное пособие для студентов высших учебных заведений. 2-е изд., испр. и доп. Москва : Химия, 1996. 432 с.	12
2	Демидов С. П. Теория упругости : учебник для вузов. Москва : Высшая школа, 1979. 432 с.	31
3	Композиционные материалы : справочник / Васильев В. В., Протасов В. Д., Болотин В. В., Алфутов Н. А. Москва : Машиностроение, 1990. 510 с.	48
4	Михайлин Ю. А. Специальные полимерные композиционные материалы. Санкт-Петербург : Науч. основы и технологии, 2014. 658 с. 54,18 усл. печ. л.	2
5	Новацкий В. Теория упругости : пер. с польск. Москва : Мир, 1975. 872 с.	4
6	Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Лекции по теории упругости. М. : Эдиториал УРСС, 1999. 205 с.	1
7	Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела : учебное пособие. 2-е изд., испр. Москва : Наука : Физматлит, 1988. 712 с.	46
8	Тагер А. А. Физикохимия полимеров : учебное пособие для вузов. 3-е изд., перераб. Москва : Химия, 1978. 544 с.	29
9	Технология и проектирование углерод-углеродных композитов и конструкций / Соколкин Ю.В., Вотинов А.М., Ташкинов А.А., Постных А. М., Чекалкин А. А. М. : Наука : Физматлит, 1996. 239 с.	22
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Механика : журнал. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012 - .	
2	Механика композиционных материалов и конструкций : всероссийский научный журнал. Москва : Ин-т прикл. механики РАН, 1995 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		

	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Буткарева, Н. Г. Компьютерное моделирование в прикладной механике : учебное пособие / Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2019. — 52 с.	https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-157092	локальная сеть; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Mathematica Professional Version (лиц. L3263-7820*)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 444632 ЦВВС)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978)

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Springer Nature e-books	http://link.springer.com/ http://jwww.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	маркерная доска	1
Лекция	ноутбук, проектор	1
Практическое занятие	компьютеры	12

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
**«Аналитические и численные методы прогнозирования физико-
механических и теплофизических характеристик композиционных
материалов»**
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность (профиль) образовательной программы: Перспективные технологии создания конструкций ГТД и мотогондол из композиционных материалов

Квалификация выпускника: «Магистр»

Выпускающая кафедра: Механика композиционных материалов и конструкций

Форма обучения: Очная

Курс: 2

Семестр: 3

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачет: 3 семестр

Пермь 2023

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

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

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

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

Таблица 1.1 - Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине
(необходимо проставить вид контроля)

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОПЗ	Т/КР		Зачёт
Усвоенные знания						
3.1 знать основные понятия механики композитов		ТО1				ТВ
3.2 знать принципы построения моделей композиционных материалов	С1	ТО2	ОПЗ			ТВ
3.3. знать классификацию, номенклатуру и свойства композиционных материалов		ТО3		КР1		ТВ
3.4. знать законы механики композитов						ТВ
3.5. знать понятие о моментных функциях	С2					ТВ
3.6. знать алгоритм построения функционала краевой задачи		ТО4	ОПЗ			ТВ
3.7. знать основы проектирования технологических процессов, используемых в профессиональной деятельности						ТВ
Освоенные умения						
У.1 уметь составлять объемную схему расчета конструкций из композиционных материалов						ПЗ
У.2 уметь выполнять термодинамические расчеты			ОПЗ			ПЗ
У.3. уметь применять основные законы и теории физического материаловедения в экспериментальных						ПЗ

исследованиях и профессиональной деятельности						
У.4. уметь прогнозировать упругие и прочностные свойства квазиизотропных однонаправленно армированных композитов, композитов слоистой структуры, объемно-армированных композитов и статистических смесей			ОПЗ	КР2		
Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками расчета эффективных модулей упругости			ОПЗ			ПЗ
В.2 владеть принципами построения моделей композиционных материалов						ПЗ
В.3 владеть навыками построения функционала краевой задачи						ПЗ
В.4 владеть навыками использования методов физического материаловедения к описанию, анализу и экспериментальному исследованию физических систем, процессов и явлений			ОПЗ			

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание дифференцированного зачета.

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

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

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

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

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

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

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

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

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль в форме текущей контрольной работы, тестирования, опроса по тематике, изучаемой самостоятельно. Результаты по 4-х балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации.

Текущему контролю подлежит посещаемость студентами аудиторных занятий. Пример тестовых заданий приведен в ПРИЛОЖЕНИИ 1.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты практических работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита практических работ

Всего запланировано 9 практических работ. Типовые темы практических работ приведены в РПД.

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

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 (таблица 1.1) рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

Типовые задания первой КР:

1. Жизнеспособностью, вязкостью, смачивающей способностью характеризуется:

- 1) армирующая фаза;
- 2) связующее;
- 3) матрица;
- 4) граница раздела волокно/матрица.

(правильный ответ 2).

2. Монолитность композита обеспечивается:

- 1) армирующей фазой;
- 2) связующим;
- 3) матрицей;
- 4) границей раздела волокно/матрица.

(правильный ответ 3).

3. Стойкость к действию эксплуатационных сред (термо-, влаго-, бензо-, масло- и кислотостойкость) определяется:

- 1) армирующей фазой;
- 2) связующим;

3) матрицей;

4) границей раздела волокно/матрица.

(правильный ответ 3).

4. Возможность предварительного изготовления полуфабрикатов с последующим изготовлением из них изделий определяется:

1) армирующей фазой;

2) связующим;

3) матрицей;

4) границей раздела волокно/матрица.

(правильный ответ 2).

5. Малой плотностью, высокой прочностью во всем интервале рабочих температур, высокой жесткостью должны обладать:

1) армирующая фаза;

2) связующее;

3) матрица;

4) граница раздела волокно/матрица.

(правильный ответ 1).

6. Локальные напряжения в композите достигают максимальных значений в (на):

1) армирующей фазе;

2) связующем;

3) матрице;

4) границе раздела волокно/матрица.

(правильный ответ 4).

7. Материалы, свойства которых зависят от направления, называются:

1) изотропными;

2) анизотропными;

3) азеотропными;

4) тиксотропными.

(правильный ответ 2).

8. Дисперсно-упрочненные и хаотично армированные композиты относятся к:

1) изотропным;

2) анизотропным;

3) азеотропным;

4) тиксотропным.

(правильный ответ в).

9. Пластики, содержащие в качестве наполнителя непрерывные волокна, нити, жгуты, называются:

1) волокнитами;

2) премиксами;

3) препрегами;

4) текстолитами.

(правильный ответ 1).

10. Пластиковыми, отличительная особенность которых заключается в полимерной природе, как волокна, так и матрицы, являются:

- 1) стеклопластики;
- 2) базальтопластики;
- 3) органопластики;
- 4) углепластики;
- 5) карбидопластики;
- 6) углерод-углеродные композиты.

(правильный ответ 3).

11. Высокопрочные и высокомодульные конструкционные органопластики изготавливаются из:

- 1) полиамидных волокон;
- 2) арамидных волокон;
- 3) полиакрилонитрильных волокон;
- 4) политетрафторэтиленовых волокон;

(правильный ответ 2).

12. Максимальная стойкость к ударным, вибрационным и абразивным воздействиям наблюдается у:

- 1) стеклопластиков;
- 2) базальтопластиков;
- 3) органопластиков;
- 4) углепластиков;
- 5) карбидопластиков;
- 6) углерод-углеродных композитов.

(правильный ответ 3).

13. Максимальная удельная прочность реализуется в:

- 1) стеклопластике;
- 2) базальтопластике;
- 3) органопластике;
- 4) углепластике;
- 5) карбидопластике;
- 6) углерод-углеродных композитах.

(правильный ответ 3).

14. Пластикеми с минимальной плотностью являются:

- 1) стеклопластики;
- 2) базальтопластики;
- 3) органопластики;
- 4) углепластики;
- 5) карбидопластики;
- 6) углерод-углеродные композиты.

(правильный ответ 3).

15. Материалом для изготовления спортивного инвентаря служит:

- 1) стеклопластики;
- 2) базальтопластики;
- 3) органопластики;
- 4) углепластики;
- 5) карбидопластики;
- 6) углерод-углеродные композиты.

(правильный ответ 4).

16. Материалом, сочетающим в себе высокую жесткость, вибрационную прочность и демпфирующую способность, является:

- 1) стеклопластики;
- 2) базальтопластики;
- 3) органопластики;
- 4) углепластики;
- 5) карбидопластики;
- 6) углерод-углеродные композиты.

(правильный ответ 4).

17. Недостатком углепластиков является:

- 1) низкая прочность при межслоевом сдвиге;
- 2) низкая усталостная прочность;
- 3) низкая прочность при растяжении.

(правильный ответ 1).

18. Отличительной особенностью боропластиков является их высокая устойчивость к сжимающим нагрузкам, что объясняется:

- 1) высокой степенью наполнения 65-70%;
- 2) диаметром волокон;
- 3) высоким модулем Юнга.

(правильный ответ 2).

19. Наиболее высокие значения теплостойкости (до 5000°C) характерны для:

- 1) стеклопластиков;
- 2) базальтопластиков;
- 3) органопластиков;
- 4) углепластиков;
- 5) карбидопластиков;
- 6) углерод-углеродных композитов.

(правильный ответ 6).

20. Высокотемпературная обработка (до 800°C) изделий из углепластика в неокисляющей среде называется:

- 1) карбонизацией;
- 2) вискеризацией;
- 3) пиролизом;
- 4) инертризацией;
- 5) графитизацией.

(правильный ответ 1).

21. Жаропрочные и жаростойкие изделия изготавливают из:

- 1) стеклопластиков;
- 2) базальтопластиков;
- 3) органопластиков;
- 4) углепластиков;
- 5) карбидопластиков;
- 6) углерод-углеродных композитов.

(правильный ответ 6).

22. Высокая демпфирующая способность характерна для:

- 1) стеклопластиков;
 - 2) базальтопластиков;
 - 3) органопластиков;
 - 4) углепластиков;
- (правильный ответ 4).

Типовые задания второй КР:

1. Численное прогнозирование механического поведения композитов осуществляется:

- 1) методом конечных элементов
 - 2) по правилу смеси
 - 3) методом осреднения свойств по объему материала
 - 4) по соотношениям Чамиса
- (правильный ответ 1)

2. Ориентация локальных систем координат конечных элементов необходима:

- 1) для любых структурных элементов композиционного материала
 - 2) для матрицы
 - 3) для нитей армирующего каркаса
- (правильный ответ 3)

3. Сколько упругих констант необходимо задавать при добавлении ортотропного материала в расчет:

- а) 3
- б) 5
- в) 9
- г) 81

(правильный ответ 3)

4. Упругие свойства пропитанного волокна рассчитываются по:

- 1) методу конечных элементов
- 2) модели Хашина-Штрихмана
- 3) модели Фойгта-Реисса
- 4) модели однонаправленного волокнистого композита

(правильный ответ 4)

5. Численный анализ напряженно-деформированного состояния в ПК ANSYS проводится в модуле:

- 1) Transient Thermal;
- 2) Static Structural;
- 3) Steady-State Thermal.

(правильный ответ 3)

6. Основной причиной усталостного износа элементов воздушного судна является:

- 1) работа в течение продолжительного времени;
- 2) воздействие твердых частиц, попавших в зазоры между деталями;
- 3) длительное воздействие знакопеременных нагрузок.

(правильный ответ 3)

7. Запас прочности определяется при численном расчете в ПК ANSYS, только если задан:

- 1) критерий прочности
 - 2) предел прочности материала
 - 3) функция поврежденности
- (правильный ответ 2)

8. Каким образом схема армирования материала влияет на распределение напряжений в конструкции?

- 1) укладка волокон в различном направлении влияет только на упругие характеристики
 - 2) волокна должны быть уложены по направлению главных напряжений
 - 3) схема армирования должна быть симметричной для обеспечения устойчивости
- (правильный ответ 2)

9. Применимо ли правило смеси для прогнозирования эффективных свойств пространственно-армированных композиционных материалов:

- 1) Абсолютно нет
 - 2) Применимо только для определения модулей в некоторых направлениях, в которых нити практически не имеют искривлений в пространстве
 - 3) Полностью применимо
- (правильный ответ 2)

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

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

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

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

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

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

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

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

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при

проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

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

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

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Алгоритм построения функционала краевой задачи
2. Принципы построения моделей композиционных материалов
3. Понятие о моментных функциях
4. Классификация, номенклатура и свойства композиционных материалов
5. Основы проектирования технологических процессов, используемых в профессиональной деятельности

6. Законы механики композитов

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Составление объемной схемы расчета конструкций из композиционных материалов
2. Прогнозирование макроскопических упругих свойств однонаправленных композитов
3. Прогнозирование макроскопических упругих свойств слоистых композитов
4. Прогнозирование макроскопических упругих свойств перекрестно и объемно-армированных композитов
5. Выполнение термодинамических расчетов
6. Применение основных законов и теории физического материаловедения в экспериментальных исследованиях и профессиональной деятельности

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Расчет эффективных модулей упругости однонаправленных волокнистых композитов аналитическими методами
2. Расчет эффективных модулей упругости однонаправленных волокнистых композитов численными методами
3. Построение функционала краевой задачи
4. Принципы построения моделей композиционных материалов
5. Подбор методов анализа механического и термо-динамического поведения

- композиционного материала в зависимости от его структуры
6. Использование методов физического материаловедения к описанию, анализу и экспериментальному исследованию физических систем, процессов и явлений

2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

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

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

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

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

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

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

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

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