

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:** Цифровое проектирование конструкций авиационной техники из  
композиционных материалов  
\_\_\_\_\_  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 180 (5)  
(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: Получение студентами знаний по основам разработки конструкторской документации, а также методам цифрового проектирования и моделирования процесса изготовления конструкций авиационной техники из композиционных материалов.

Задачи:

- освоение студентом основ разработки конструкторской документации и создании моделей авиационной техники из композиционных материалов;
- освоение применения методического аппарата по проектированию конструкций из композиционных материалов;
- освоение инженерных прикладных программ при проведении конструкторских работ.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- Проектирование и разработка конструкторской документации;
- Способы моделирования технологических процессов для изготовления конструкций из КМ;
- Методика расчета и проектирования технологических процессов.

### 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
ПК-2.2	ИД-1ПК-2.2	Знать основы разработки конструкторской документации и создания моделей изделий из КМ; методы прогнозирования ФМХ и ТФХ КМ; методы цифрового проектирования и моделирования процесса изготовления изделий из КМ; методы расчёта прочности и жесткости конструкций авиационной техники из композиционных материалов	Знает взаимосвязь физических явлений и методов исследования свойств и контроля качества материалов и изделий	Тест

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	Уметь формировать требования к конструкциям, изготовленных из композитных материалов. Уметь составлять конструкторско-технологическую схему детали или конструктивно-подобного элемента из композиционного материала	Умеет применять методический аппарат по проектированию конструкций из композиционных материалов; оценивать эффективность различных методов исследований и возможности снижения их трудоемкости	Курсовой проект
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	Владеть навыками разработки конструкторской документации и технологического процесса изготовления конструкций из КМ	Владеет навыками использования инженерных прикладных программ при проведении расчетных и проектно- конструкторских работ; техникой контроля материалов и покрытий, процессов их производства, переработки и обработки	Дифференцированный зачет

### 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)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	32	32	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	108	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)	36	36	
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

#### 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				
Введение	2	0	0	0
Применение композиционных материалов в авиационной и ракетно-космической технике				
Методы прогнозирования физико-механических и теплофизических характеристик композиционных материалов	4	0	6	18
- Модели современной механики КМ прогнозирования упругих и прочностных характеристик. - Модели прогнозирования теплофизических характеристик КМ.				
Инженерные методы расчёта прочности и жесткости конструкций авиационной техники из композиционных материалов	4	0	8	26
1. Особенности слоистых конструкций из КМ. Плоское напряженное состояние в слоистых конструкциях. Жесткостные характеристики слоев при ПНС. 2. Построение диаграмм анизотропии слоистых композитов. 3. Вычисление деформаций и напряжений в слоях по различным моделям при заданных макронапряжениях. 4. Критерии повреждения слоев. Прогнозирование повреждения и разрушения конструкций по повреждениям слоев. Прогнозирование пределов несущей способности слоистых конструкций. 5. Прогнозирование теплофизических свойств композитов. 6. Инженерные расчетные схемы анализа деформируемости и прочности сложных конструкций (схема кольца для шпангоутов, безмоментные оболочки вращения при осесимметричном и неосесимметричном нагружении - безмоментные оболочки вращения при неосесимметричном нагружении. - и другие. 7. Инженерные методы оценки теплового состояния и температурных деформаций конструкций из КМ. 8. Нормы прочности для деталей и узлов авиационной техники.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основы разработки конструкторской документации изделий из композиционных материалов	4	0	10	20
<p>1. Основные этапы проектирования конструкции авиационной техники из композиционного материала</p> <p>2. Основные нормы взаимозаменяемости</p> <p>3. Основы ЕСКД</p> <p>4. Особенности проектирования конструкций из КМ. Понятие конструктивно-технологической схемы Изделия:</p> <p>а) тесная взаимосвязь конструирования, технологии изготовления и расчетов на прочность, устойчивость и деформативности изделий из КМ;</p> <p>б) отсутствие унифицированных технологий, большое количество необходимой нестандартной технологической оснастки;</p> <p>в) учет пониженной по сравнению с металлами предельно достижимой точности исполнения размеров, границы достижимой точности для разных конструктивно–технологических схем.</p> <p>г) влияние деформативности и теплового расширения технологической оснастки и изделия на конечные размеры</p> <p>д) учет особенностей мехобработки деталей из КМ</p> <p>е) особенности в задании размеров, допусков формы и расположения, выборе конструкторских баз и т.д.</p> <p>ж) технологические припуски.</p> <p>з) выбор и назначение схем армирования деталей и узлов.</p> <p>5. Основные факторы, влияющие на принятие конструкторских решений:</p> <p>а) функциональное назначение;</p> <p>б) силовые факторы, температура эксплуатации, действие агрессивных сред и др.;</p> <p>в) анизотропия КМ;</p> <p>г) возможности существующих технологий, наличие основного и вспомогательного оборудования, необходимость проектирования спецоснастки, требуемая точность исполнения размеров и ее достижимость, относительная нестабильность размеров КМ, доступность основных и вспомогательных материалов;</p> <p>д) стоимость, окупаемость инвестиций (evenpoint) на примере известных изделий;</p> <p>е) сроки осуществления проекта;</p> <p>ж) тиражируемость.</p> <p>5. Основные типы конструкций из КМ (баллоны давления; отсеки и др. оболочечные конструкции, работающие на устойчивость, жесткость и</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
прочность; трехслойные панели и оболочки; люки, технологические вырезы и отверстия; узлы крепления навесных агрегатов и другие типы конструкций.) 6. Типовые элементы конструкций из КМ: а) силовая оболочка б) подкрепляющие элементы (ребра жесткости, стрингеры) в) соединительные элементы (шпангоуты, фланцы, законцовки) г) типы соединений деталей из КМ, их преимущества и недостатки. 7. Ознакомление с проектами реальных конструкций узлов авиадвигателей				
Методы цифрового проектирования и моделирования процесса изготовления изделий из композиционных материалов	2	8	4	22
Определение рациональной структуры армирования конструкций из ПКМ, получаемых ручной и автоматизированной выкладкой. Определение рациональной структуры армирования конструкций из ПКМ, получаемых намоткой.				
Компьютерное моделирование технологических процессов в программном комплексе FiberSim	2	10	4	22
Численное моделирование технологических процессов изготовления конструкций из полимерных композиционных материалов с использованием пакетов прикладных программ. Введение. Последовательность работы и интерфейс программного комплекса FiberSim. Препроцессинг модуль Basic. Поверхностное моделирование. Системы координат, перенесенные системы координат. Производственное моделирование. Расчетно-экспериментальное определение предельного угла деформирования. Проектирование и документация. Проектирование и подготовка данных для производства				
ИТОГО по 3-му семестру	18	18	32	108
ИТОГО по дисциплине	18	18	32	108

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Прогнозирование упругих свойств по различным моделям КМ
2	Построение диаграмм анизотропии КМ заданной структуры

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
3	Расчет напряжений в слоях слоистого композита
4	Оценка несущей способности слоистой конструкции по заданным критериям
5	Оценка предельных разрушающих нагрузок на конструкцию из КМ
6	Назначение схемы армирования силовой детали
7	Решение практических задач по ОБЗ
8	Практические занятия по назначению допусков на размеры, посадки с учетом особенностей КМ
9	Практические занятия по освоению методов цифрового проектирования и моделирования процесса изготовления изделий из композиционных материалов, разработка эскизной и рабочей конструкторской документации
10	Практические занятия по освоению методов расчёта и прогнозирования физико-механических и теплофизических характеристик композиционных материалов

### Тематика примерных лабораторных работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>
1	Анализ напряженно-деформированного состояния конструкции из изотропного материала
2	Анализ напряженно-деформированного состояния конструкции из композиционного материала с квазиизотропной схемой армирования
3	Определение рациональной структуры армирования конструктивно-подобного элемента из композиционного материала
4	Оценка запаса прочности конструктивно-подобного элемента из композиционного материала
5	Анализ полей температурных напряжений и деформаций конструктивно- подобного элемента после технологического процесса изготовления

### Тематика примерных курсовых проектов/работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы курсовых проектов/работ</b>
1	Разработка конструкторско-технологической схемы детали или конструктивно-подобного элемента из композиционного материала

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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.

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.

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.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

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
<b>1. Основная литература</b>		
1	Костиков В. И. Физико-химические основы технологии композиционных материалов: теоретические основы процессов создания композиционных материалов : учебное пособие для вузов. Москва : Издат. дом МИСиС, 2011. 239 с. 15 усл. печ. л.	2

2	Котов А. Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008. 350 с.	123
3	Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология : учебное пособие для вузов / Кербер М. Л., Виноградов В. М., Головкин Г. С., Горбаткина Ю. А. 5-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург : Профессия, 2019. 623 с.	19
4	Твердотельное моделирование сборочных единиц в САД-системах : учебное пособие для вузов / Большаков В. П., Бочков А. Л., Лебедева Е. А., Чернов А. В. Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2018. 366 с. 29,670 усл. печ. л.	10
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Болотин В. В., Новичков Ю. Н. Механика многослойных конструкций. М. : Машиностроение, 1980. 323 с.	11
2	Буланов И. М., Воробей В. В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов : учебник для вузов. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998. 514 с.	8
3	Композиционные материалы : справочник / Васильев В. В., Протасов В. Д., Болотин В. В., Алфутов Н. А. Москва : Машиностроение, 1990. 510 с.	48
4	Научные основы технологии композиционно-волоконистых материалов. Ч.1. Пермь : Пермское книжное издательство, 1974. 317 с.	10
5	Научные основы технологии композиционно-волоконистых материалов. Ч.2. Пермь : Пермское книжное издательство, 1975. 276 с.	12
<b>2.2. Периодические издания</b>		
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 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	ГОСТ 2.001-2013 Единая система конструкторской документации. Общие положения	<a href="https://internet-law.ru/gosts/gost/55714/">https://internet-law.ru/gosts/gost/55714/</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	ГОСТ 3.1001-2011 Единая система технологической документации	<a href="https://docs.cntd.ru/document/1200086244">https://docs.cntd.ru/document/1200086244</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	В.А. Пронин, Д.В. Жигновская, В.А. Цветков, Введение в расчетную платформу Ansys Workbench: Лабораторные работы. Часть 1 – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 46 с.	<a href="https://books.ifmo.ru/file/pdf/2547.pdf">https://books.ifmo.ru/file/pdf/2547.pdf</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Ендогур А.И. Проектирование авиационных конструкций. Проектирование конструкций деталей и узлов: учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. – 540 с.	<a href="https://djvu.online/file/gtNB0Xa5ut8Mk">https://djvu.online/file/gtNB0Xa5ut8Mk</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Авдюхина Т.М., Алявин И.М., Васильев В.В. Конструирование деталей самолета: учеб. Пособие. - М.: МАИ, 1993. - 95 с.	<a href="http://mai.udodov.club/materials/method_constr_details.pdf">http://mai.udodov.club/materials/method_constr_details.pdf</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Алявдин И.М. Конструирование агрегатов планера самолёта. Методические указания к курсовому проекту. — М.: Изд-во МАИ, 1991. — 44 с.	<a href="http://mai.udodov.club/Lecture-10/KP_Constructions_2.pdf">http://mai.udodov.club/Lecture-10/KP_Constructions_2.pdf</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Жидков А.В. Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006, 115 с.	<a href="http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2006/1.pdf">http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2006/1.pdf</a>	сеть Интернет; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	SciLab ( лиц. CeCILL <a href="https://www.scilab.org/">https://www.scilab.org/</a> )
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	NX 11 ( акад. лиц. дог. P/43469-04) каф.МКМК, АКФ
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	КОМПАС-3D V18 Уч.вер.(АКФ, МКМК, лиц.Иж-17-00089)

### 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	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Springer Nature e-books	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> <a href="http://jwww.springerprotocols.com/">http://jwww.springerprotocols.com/</a> <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a> <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	<a href="http://www.diss.rsl.ru/">http://www.diss.rsl.ru/</a>

## **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовой проект	компьютеры	12
Лабораторная работа	компьютеры	12
Лекция	ноутбук	1
Лекция	проектор	1
Практическое занятие	компьютеры	12

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
«**Цифровое проектирование конструкций авиационной техники из  
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: 5 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 180 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Диф. Зачет: 3 семестр

Курсовой проект: 3 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** 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 5 учебных модулей. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные 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 практическим и лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР		Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>З.1</b> знать основы разработки конструкторской документации		ТО1		КР2		ТВ
<b>З.2</b> знать основные методы прогнозирования характеристик КМ	С1	ТО2		КР1		ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
<b>У.1</b> уметь применять методический аппарат по проектированию конструкций из КМ				КР2		ПЗ
<b>У.2</b> уметь оценивать эффективность различных методов исследований и возможности их трудоемкости				КР1		ПЗ
<b>У.3.</b> уметь применять знания о автоматизированном проектировании конструкций из КМ				КР2		ПЗ
<b>У.4.</b> уметь систематизировать, обрабатывать и подготавливать данные проведенных работ для составления планов мероприятий и методик				К3		
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>В.1</b> владеть навыками пользования инженерными прикладными программами (ANSYS, NX, Abaqus)				К3		ПЗ
<b>В.2</b> владеть методами расчета прочности и жесткости				К3		ПЗ

конструкций авиационной техники из КМ						
<b>В.3</b> владеть методами цифрового проектирования изделий из КМ				ТО		ПЗ

*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.

### **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 лабораторных работ**

Темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Результаты защиты лабораторных работ по 4-балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

#### **Типовые задания первой КР:**

1. По заданным свойствам монослоя рассчитать матрицу жесткости слоистого композита с заданной структурой укладки слоев.

2. Теоретически построить диаграмму анизотропии слоистого композита с заданной структурой армирования для случая плоского напряженного состояния.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Вычислить напряжения во всех слоях слоистого композита заданной структуры по известному макронапряжению.

2. Определить макронапряжение, при котором появляется первое повреждение в каком-либо слое.

#### **Типовые задания третьей КР:**

1. Оценить предельную разрушающую нагрузку (несущую способность) на конструкцию из КМ заданной структуры укладки слоев.

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

### **2.3. 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, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

##### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

###### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Основные факторы, влияющие на принятие конструкторских решений при разработке изделий авиационной техники из КМ.
2. Прогнозирование физико-механических характеристик КМ.
3. Прогнозирование теплофизических характеристик КМ.

###### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Особенности проектирования конструкций из КМ.
2. Основные этапы проектирования конструкции авиационной техники из композиционного материала

###### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Провести расчет прочности и жесткости конструктивно-подобного элемента авиационной техники
2. Оценка запаса прочности конструктивно-подобного элемента из композиционного материала

##### **2.3.2. 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.

## **Приложение 1**

### **Список детализированных вопросов для аттестации по дисциплине**

1. Основные особенности композиционных материалов, их классификация. Анизотропия композитов. Механические свойства полимерных матриц и стекло-, угле-органонаполнителей.

2. Деформационные, прочностные и теплофизические характеристики композиционных материалов. Механические свойства стекло-, угле- и органопластиков. Влияние эксплуатационных, конструкционных и технологических факторов на характеристики композитов.

3. Модели вычисления упругих свойств однонаправленного слоя по свойствам волокон и матриц (правило смесей, модель Хашина-Хилла).

4. Плоское напряженное состояние. Число компонент тензоров напряжений, деформаций и упругих постоянных ортотропного тела, участвующих в описании деформирования при ПНС.

5. Закон Гука при ПНС для ортотропного тела, выраженный через матрицы жесткостей и податливостей.

6. Правила преобразования тензоров (матриц-столбцов) напряжений и деформаций при повороте системы координат для случая ПНС. Вывод правил из общего тензорного выражения для тензоров.

7. Правила преобразования матриц жесткости и податливости ортотропного тела при повороте системы координат для случая ПНС. Вывод правил из общего тензорного выражения (для одной-двух компонентной матриц).

8. Вычисление матриц жесткости монослоя по техническим упругим постоянным слоя.

9. Вычисление матриц жесткости слоистого пластика по свойствам слоев.
10. Плоское напряженное состояние для слоистого композита. Средние напряжения и деформации в слоях.
11. Прогнозирование эффективных упругих характеристик слоистых пластиков по свойствам слоев. Построение диаграмм анизотропии.
12. Вычисления напряжений в слоях по известным средним напряжениям пакета.
13. Прогнозирование прочности слоистых пластиков по свойствам слоев.
14. Критерий прочности наибольших нормальных и касательных напряжений и критерий прочности Цая-Ву.
15. Что такое взаимозаменяемость. Причины и преимущества введения взаимозаменяемости в машиностроении. Виды взаимозаменяемости.
16. Виды размеров: номинальный, действительный, предельный.
17. Отклонение, основное отклонение, допуск, интервал допуска.
18. Посадки, виды посадок. Вал и отверстие в системе взаимозаменяемости.
20. Обозначение допусков и посадок. Выбор допусков и посадок.
21. Отклонения формы.
22. Позиционные допуски. Зависимые и независимые допуск, их преимущества и недостатки.
23. Понятие о шероховатости поверхностей. Числовые характеристики шероховатости.
24. Понятие о базах и базовых поверхностях.
25. Что такое ЕСКД, ее назначение.
26. Виды изделий.
27. Виды и комплектность конструкторских документов.
28. Стадии разработки конструкторской документации.
29. Основной конструкторский документ.
30. Основная надпись конструкторского документа. Ее содержание.
31. Эксплуатационные и расчетные нагрузки. Коэффициенты безопасности. Запасы прочности.
32. Нормирование расчетов на прочность. Нормы прочности (КД).