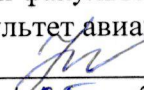


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
Факультет авиационной и морской техники  
 Красильникова О.А.  
«22» 05 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование конструкций из композиционных материалов»

Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Самолетостроение
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	8	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Авиастроение»

Разработчик рабочей программы:

Доцент, Кандидат физико-математических наук




Щербатюк Г.А

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

Кафедра «Авиастроение»



Марьин С.Б.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Проектирование конструкций из композиционных материалов» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации ФГОС ВО, утвержденный приказом Минобрнауки России от 04.08.2020 №877, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Самолетостроение» по специальности «24.05.07 Самолето- и вертолетостроение».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 32.004 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПРОЧНОСТНЫМ РАСЧЕТАМ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ».

Обобщенная трудовая функция: D Руководство проектно-расчетными работами по прочности авиационных конструкций.

НУ-5 Проводить расчеты прочности конструкции из композиционных материалов.

Задачи дисциплины	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Дать студентам (слушателям) знания о: строении, деформировании, разрушении КМ и конструкционной прочности; о методах расчета упругих характеристик КМ, прочности композиционных конструкций</li><li>2. Сформировать знания, умения и навыки выполнения проектных и проверочных расчетов элементов конструкций из полимерных композиционных материалов</li><li>3. Научить использовать программы инженерного анализа для моделирования изделий из КМ</li></ol>
Основные разделы / темы дисциплины	Строение и свойства композитов Общие вопросы проектирования конструкций из полимерных композиционных материалов. Проектирование элементов конструкций из слоистых композиционных материалов.

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Проектирование конструкций из композиционных материалов» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ПК-3 Способен проводить прочностные расчеты авиационных конструкций при про-	ПК-3.1 Знает методы расчетов на прочность и устойчивость различных типов конструкций при статических и динамических	<b>ЗНАТЬ:</b> Конструкционные и технологические свойства композитов, классификацию ком-

ектировании и конструировании авиационной техники	<p>нагрузках</p> <p>ПК-3.2 Умеет пользоваться программным обеспечением для моделирования напряженного состояния при статических и динамических нагрузках; использовать нормативно-техническую документацию (нормы прочности, авиационные правила, руководство для конструкторов по прочности)</p> <p>ПК-3.3 Владеет навыками анализа результатов расчетных и экспериментальных исследований в рамках проектно-конструкторской и производственно-технологической деятельности</p>	<p>позитов, компоненты композиционных материалов, физические соотношения и методы проектирования изделий из композиционных материалов;</p> <p>Теорию многослойных пластин и оболочек, модели деформирования многослойных конструкций.</p> <p><b>УМЕТЬ:</b></p> <p>Определять физико-механические характеристики композиционных материалов</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b></p> <p>методами математического моделирования и вычислительного эксперимента, САД/САЕ-системами проектирования и моделирования элементов машин, конструкций, сооружений и приборов из композитов</p>
---	--	---

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Проектирование конструкций из композиционных материалов» изучается на 4 курсе, 8 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Аэродинамика самолетов», «Динамика полета самолетов», «Механика разрушения», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Строительная механика самолетов», «Теория упругости, пластичности и ползучести», «Прочность авиационных конструкций».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Проектирование конструкций из композиционных материалов», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Применение пакетов прикладных программ в механике конструкций», «Управление качеством», «Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика), 11 семестр», «Производственная практика (преддипломная практика)».

Дисциплина «Проектирование конструкций из композиционных материалов» частично реализуется в форме практической подготовки.

Дисциплина «Проектирование конструкций из композиционных материалов» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся активной гражданской позиции, уважения к правам и свободам человека, знания правовых основ и законов, воспитание чувства ответственности или умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

**4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 з.е., 144 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	48
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками), в том числе в форме практической подготовки:	16
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	32
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	96
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой	0

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Тема 1. Строение и свойства компо-</b>	2	2	2	12

зитов. Основные определения, классификация КМ, принцип армирования, основные материалы связующих и армирующих элементов, свойства границы раздела, тканевые композиционные материалы, физико-механические свойства композитов				
<b>Тема 2. Проектирования конструкций из полимерных композиционных материалов.</b> Уровни структурной неоднородности композиционных материалов. Микро-механика	2	2	2	12
Основные соотношения механики композитов. Моделирование упругих характеристик КМ, НДС, критерии прочности	2	2	2	12
Механика разрушения.	2	2	2	12
<b>Тема 3. Проектирование элементов конструкций из слоистых композиционных материалов.</b> Соотношения для слоистых композиционных материалов. Этапы проектирования элементов конструкций из композиционных материалов. Методы проектирования элементов конструкций из композиционных материалов.	2	2	2	12
Проектирование подкрепленных композитных панелей.	2	2	2	12
Расчет многослойных композитных балок.	2	2	2	12
Проектирование конструкций-оболочек из композиционных материалов.	2	2	2	12
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>96</b>

## 6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	32
Подготовка к занятиям семинарского типа	32
Подготовка и оформление РГР	32
<b>Итого</b>	<b>96</b>

## 7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1 Основная литература

1. Адаскин, А.М. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов : учебник [Электронный ресурс] / А.М. Адаскин, А.Н. Красновский. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2018. - 400 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?>, ограниченный. - Загл. с экрана.
2. Батаев, А.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение : учебное пособие для вузов / А. А. Батаев, В. А. Батаев. - М.: Логос, 2006. - 398с.
3. Гусева, Р. И. Особенности производства композиционных полимерных изделий в самолетостроении : учеб. пособие / Р. И. Гусева. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017. – 165 с.
4. Гусева, Р.И. Производство изделий из полимерных композитных материалов : учеб. Пособие / Р.И. Гусева. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольск-на-Амуре :ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2013. - 135 с.
5. Гусева, Р. И. Основы проектирования элементов конструкций из полимерных композитов: Учебное пособие для вузов / Р. И. Гусева, А. В. Вялов. – Комсомольск-на-Амуре: Изд-во КГТУ, 1995. - 95с.
6. Ким, В.А. Композиционные материалы. Компоненты дисперсноупрочнённых полимерных композитов: учеб. пособие для вузов / В. А. Ким, Р. В. Кургачев. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2010. - 103с
7. Полимерные композиционные материалы: Структура, свойства, технология : учебное пособие для вузов / Под общ.ред. А.А.Берлина. - СПб.: Профессия, 2009; 2011; 2008. - 558с.
8. Тышкевич, В.Н. Прочность композиционных материалов : учебное пособие для вузов / В. Н. Тышкевич, Б. Н. Корнев. – Хабаровск: Изд-во Ха-баровского поли-

техн.ин-та, 1991. - 99с.

9. Чумадин, А.С. Основы авиа-и ракетостроения: Учебное пособие для вузов / А. С. Чумадин, В. И. Ершов, К. А. Макаров и др. – М.: Инфра-М, 2008. - 992с.

## 8.2 Дополнительная литература

1. Богатов, В.И. Технология изготовления агрегатов легких самолетов из полимерных композиционных материалов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Бгатов В.И., Кропивенцев Д.А., Шахмистов В.М. – Самара, 2006. // БиблиоРоссика: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.bibliorossica.com/catalog.html?ln=ru>, ограниченный. – Загл. с экрана.

2. Капитонов, А. М. Физико-механические свойства композиционных материалов. Упругие свойства [Электронный ресурс] : монография / А. М. Капитонов, В. Е. Редькин. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 532 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.

3. Композиционные материалы : справочник/ В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин [и др.]. – М. : Машиностроение, 1990. – 512 с.

4. Кузьмин, М.А. Расчёты на прочность элементов многослойных композитных конструкций: учеб. пособие для вузов / М. А. Кузьмин, Д. Л. Лебедев, Б. Г. Попов; под ред. В.Л.Данилова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2012. - 342с.: ил.

5. Панин, В. Ф. Конструкции с наполнителем : справочник / В. Ф. Панин, Ю. А. Гладков. – М. : Машиностроение, 1991. – 272 с.

6. Черепяхин, А. А. Материаловедение [Электронный ресурс] : учебник / Черепяхин А.А., Смолькин А.А. - М.:КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 288 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.

7. Шевченко, А.А. Физикохимия и механика композиционных материалов: учеб. пособие для вузов / А. А. Шевченко. - СПб.: Профессия, 2010. - 223с.

## 8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

1. Гусева, Р. И. Особенности производства композиционных полимерных изделий в самолетостроении : учеб. пособие / Р. И. Гусева. □ Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017. □ 165 с.

2. Гусева, Р. И. Производство изделий из полимерных композитных материалов : учеб. Пособие / Р.И. Гусева. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольск-на-Амуре :ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2013. - 135 с.

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

1. Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM Договор № 4997 эбс ИКЗ 21 1 2727000769 270301001 0010 004 6311 244 от 13 апреля 2021 г. (с 17 апреля 2021 г. по 16 апреля 2022 г.).

2. Электронно-библиотечная система IPRbooks Лицензионный договор № ЕП 44/4 на предоставление доступа к электронно-библиотечной системе IPRbooks ИКЗ 21 1 2727000769 270301001 0010 003 6311 244 от 05 февраля 2021 г. (с 27 марта 2021 г. по 27 марта 2022 г.).



3. Образовательная платформа "Юрайт". Договор № ЕП44/2 на оказание услуг по предоставлению доступа к образовательной платформе ИКЗ 21 1 2727000769 270301001 0010001 6311 244 от 02 февраля 2021 г. (с 07 февраля 2021 г. по 07 февраля 2022 г.).

4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. Договор № ЕП 44/3 на оказание услуг доступа к электронным изданиям ИКЗ 211 272 7000769 270 301 001 0010 002 6311 244 от 04 февраля 2021 г. (с 04 февраля 2021 г. по 04 февраля 2030 г.).

5. Справочная правовая система Консультант Плюс. Договор № 45 от 17 мая 2017 (бессрочный).

6. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/> Безвозмездное пользование (открытый доступ).

7. Национальная электронная библиотека (НЭБ) <https://rusneb.ru/> Безвозмездное пользование (открытый доступ).

8. Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" <https://cyberleninka.ru/> Безвозмездное пользование (открытый доступ).

## **9 Организационно-педагогические условия**

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### **9.1 Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### **9.2 Занятия лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### **9.3 Занятия семинарского типа**

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

#### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

#### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению 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 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.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

## 10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

### 10.1 Учебно-лабораторное оборудование

Для реализации программы дисциплины используется материально-техническое оборудование, КнАГУ и оборудование на предприятии КнААЗ (р рамках практической подготовки).

Перечень покупаемого оборудования и материально-технического оснащения приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Используемое оборудование	Назначение оборудования
1	2	3
111/3 Комплексная лаборатория по авиастроению		
225/3 компьютерный класс	ПЭВМ, Интерактивная доска	Выполнение расчетных и проектных работ, составление отчетов по результатам выполненных работ
	Автоклав до 40 литров с температурой до 200 °С и давлением 6 – 7 атм (до 10 атм)	Создание давления и формование изделий по программе
	Термопечь с приборами	Формование изделий с замерами давления, температуры, время выдержки (тензодатчики, приборы замера давления, компрессор, вакуумная система)
	Контрольные приборы и оборудование для проверки качества панели из ПКМ:	Проверка качества изделия

	Импедансный акустический дефектоскоп	
	Контрольные приборы и оборудование	Для определения липкости связующего на препреге
	Устройство для пропитки волокон или тканей для получения препрега или пропиточная машина	Изготовление препрега
	Комплекты вспомогательных материалов для повышения качества формования изделий	Дренажные ткани, разделительные пленки, пористые материалы, цулаги, материал для вакуумного мешка, антиадгезионное покрытие, герметик
	Болванка и оправка для подготовки изделия к формованию.	Оснастка
	Цулаги для болванок и оправок.	
	1. Образцы композитных изделий из стекло, угле- и органо-пластика 2. Образцы компонентов ПКМ (связующее и наполнитель)	

## 10.2 Технические и электронные средства обучения

### Лекционные занятия.

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

Для реализации дисциплины подготовлены презентации по всем темам.

### Практические занятия

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук). Для проведения ряда практических работ применяются ПВМ.

### Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КНАГУ:

компьютерные классы (225 корпус № 3, 124 корпус № 3).

## 11 Иные сведения

### Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине**

**«Проектирование конструкций из композиционных материалов»**

Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Самолетостроение
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	8	3

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Авиастроение»

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ПК-3 Способен проводить прочностные расчеты авиационных конструкций при проектировании и конструировании авиационной техники	<p>ПК-3.1 Знает методы расчетов на прочность и устойчивость различных типов конструкций при статических и динамических нагрузках</p> <p>ПК-3.2 Умеет пользоваться программным обеспечением для моделирования напряженного состояния при статических и динамических нагрузках; использовать нормативно-техническую документацию (нормы прочности, авиационные правила, руководство для конструкторов по прочности)</p> <p>ПК-3.3 Владеет навыками анализа результатов расчетных и экспериментальных исследований в рамках проектно-конструкторской и производственно-технологической деятельности</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> Конструкционные и технологические свойства композитов, классификацию композитов, компоненты композиционных материалов, физические соотношения и методы проектирования изделий из композиционных материалов; Теорию многослойных пластин и оболочек, модели деформирования многослойных конструкций.</p> <p><b>УМЕТЬ:</b> Определять физико-механические характеристики композиционных материалов</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> методами математического моделирования и вычислительного эксперимента, САД/САЕ-системами проектирования и моделирования элементов машин, конструкций, сооружений и приборов из композитов</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Тема 1 Строение и свойства композитов	ПК-3	Конспект лекции Практическая работа №1 Лабораторная работа №1 Опрос по теме	знание основных компонентов композиционных материалов, их видов и назначения; знание классификации композиционных материалов. Умение подбирать и систематизировать данные для анализа, представлять

			<p>материал</p> <p>Умение применять методы и средства механических испытаний материалов, (подбирать и настраивать оборудование, правильно его эксплуатировать);</p> <p>навык работы с экспериментальным оборудованием;</p> <p>Знания особенностей испытаний образцов из КМ;</p> <p>Уметь проводить механические испытания;</p> <p>Иметь навык фиксации результатов исследования.</p> <p>Уметь интерпретировать результаты испытаний</p>
<p>Тема 2 Общие вопросы проектирования конструкций из полимерных композиционных материалов</p>	ПК-3	<p>Конспект лекции и тем на самостоятельное изучение</p> <p>Лабораторная работа №2</p> <p>Практическая работа №2,3</p> <p>Опрос по теме РГР (задача 1)</p>	<p>Системные знания, навык анализа информации по теме. Умение подготавливать исходные данные для расчетов в форме необходимой для выбранных методов систем компьютерной математики, системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для различных расчетных случаев</p> <p>Умение определять упругие постоянные слоистого пакета полимерного композита с использованием современных компьютерных технологий</p> <p>Умение решать задачи физико-механического моделирования методами микромеханики, анализировать полученные решения, интерпретировать результаты</p>
<p>Тема 3 Проектирование элементов конструкций из слоистых композиционных материалов</p>	ПК-3	<p>Практическая работа №4</p> <p>Лабораторная работа №3,4</p> <p>Опрос по теме РГР (задача 2,3)</p>	<p>Системные знания, навык анализа информации по теме. Умение применять основные положения методы математического.</p> <p>Способность выполнять и оценивать результаты расчетно-экспериментальной</p>



		<p>работы задач моделирования работы изделия из слоистого КМ при сложном случае нагружения с использованием вычислительных систем.</p> <p>Умение решать задачи преобразования упругих характеристик однонаправленного материала при повороте системы координат, анализировать полученные решения, интерпретировать результаты.</p> <p>Способность выполнять и оценивать результаты расчетно-экспериментальной работы задач оптимизации структуры слоистого композита с использованием вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий.</p> <p>Способность выполнять и оценивать результаты расчетно-экспериментальной работы задач расчет панели из КМ на прочность с использованием вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий</p> <p>Способность самостоятельно выполнять расчетно-экспериментальную работу по заданной тематике.</p> <p>Способность выполнять и оценивать результаты расчетно-экспериментальной работы задач расчета панели из КМ (поперечное напряжение сдвига и анализ жесткости) с использованием вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий.</p> <p>Умение оценить влияние кромочного эффекта для изделий из различных КМ</p>
--	--	---

## 2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
9 семестр Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»			
Лабораторные работы	В течение семестра	40 баллов	<p>40 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>30 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении.</p> <p>20 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень.</p> <p>10 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень умений и навыков, а также не способен пояснить полученный результат.</p>
Наличие опорного	В течение	10 баллов	10 баллов - Наличие полного комплек-

конспекта по темам.	семестра		<p><i>та конспектов лекций и тем для самостоятельного изучения, студент показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала.</i></p> <p><i>8 баллов - Наличие полного комплекта конспектов лекций и тем для самостоятельного изучения, студент показал знания теоретического материала с небольшими неточностями в формулировках и рассуждениях</i></p> <p><i>5 баллов - Наличие комплекта конспектов лекций и тем для самостоятельного изучения по большинству тем, Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала.</i></p>
Практические задания (практические работы, опросы, обзоры)	В течение семестра	20 баллов	<p><i>20 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</i></p> <p><i>15 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении.</i></p> <p><i>10 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень.</i></p> <p><i>5 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень.</i></p> <p><i>0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень умений и навыков, а также не способен пояснить полученный результат.</i></p>

Расчетно-графическое работа (задача 1)	5 неделя	10 баллов	<p>10 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>8 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении.</p> <p>5 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень умений и навыков, а также неспособен пояснить полученный результат.</p>
Расчетно-графическое работа (задача 2)	9 неделя	10 баллов	
Расчетно-графическое работа (задача 3)	11 неделя	10 баллов	
<b>ИТОГО:</b>		100	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>			

### 3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы

#### 3.1 Задания для текущего контроля успеваемости

В рамках практических занятий, на основе знаний и умений, отработанных на типовых задачах, студенты выполняют практические работы, направленные на закрепление навыка.

**Темы практических заданий:**

**Практическая работа № 1. «Анализ механических характеристик композиционных материалов».**

**Задание 1 Поиск и представление доклада по теме (по вариантам)**

**Задание 2 «Определение механических характеристик композиционных материалов»:** изучить особенности проведения статических испытаний образцов из КМ.

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении работ.
2. Изучить изложенный материал.
3. Изучить предложенные образцы.
4. Провести испытание на растяжение и сжатие. Вычислить предел прочности и модуль Юнга при растяжении и сжатии ( $\sigma$ ,  $E$ ), коэффициент Пуассона.
5. Ответить на вопросы. Составить отчет.

**Вопросы:**

1. Основные механические свойства композиционных материалов.
2. Требования, предъявляемые к образцам из КМ при испытаниях.
3. Особенности схем нагружения при испытаниях на растяжение, сжатие.
4. Формулы для расчета модулей упругости, пределов прочности и коэффициентов Пуассона при одноосном растяжении, сжатии армированных КМ.

**Практическая работа № 2. «Определение упругих постоянных слоистого пакета полимерного композита».**

**Задание:** При помощи системы компьютерной алгебры составить программу расчетов по определению упругих постоянных слоистого пакета полимерного композита для разных коэффициентов армирования. Построить график зависимостей модулей упругости от углов армирования.

**Вопросы:**

1. Дать определение изотропного и анизотропного материала.
2. Почему композиционные материалы являются анизотропными?
3. Какой материал называется ортотропным?
4. Какой вид имеет обобщенный закон Гука для ортотропного композиционного материала?
5. Какие упругие характеристики необходимы для описания упругих свойств композиционного материала?

**Практическая работа № 2. «Определение упругих постоянных слоистого пакета полимерного композита».**

**Задание:** При помощи системы компьютерной алгебры составить программу расчетов по определению упругих постоянных слоистого пакета полимерного композита для разных углов армирования:

- рассчитать матрицы мембранных, изгибных и мембранно-изгибных жесткостей многослойного пакета для следующих структур укладки слоёв:

$[\varphi^\circ/-\varphi^\circ/90^\circ]$ ,  $[\varphi^\circ/-\varphi^\circ/0^\circ]$ ,  $[\varphi^\circ/0^\circ/90^\circ/-\varphi^\circ]$  и  $[\pm\varphi^\circ]_s$ ;

- показать, что композиты  $[\varphi^\circ/-\varphi^\circ/90^\circ]$  и  $[\varphi^\circ/0^\circ/90^\circ/-\varphi^\circ]$  при плоском напряжённом состоянии являются квази-изотропными материалами;
- построить график зависимостей модулей упругости от углов армирования.

где  $\varphi$  задается вариантом

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении работ.
2. Изучить изложенный материал.
3. Ввести исходные данные. Произвести расчет усредненных показателей механических свойств пакета, при этом алгоритмически предусмотреть возможность изменения угла армирования для каждого слоя и фиксации результатов в целом для пакета.
4. Построить график зависимости модуля упругости первого и второго рода в зависимости от угла армирования
5. Сделать выводы об оптимальном расположении армированного слоя по отношению к приложенной растягивающей нагрузке.
6. Ответить на вопросы. Составить отчет.

**Практическая работа № 3. Расчёты на прочность элементов многослойных композитных конструкций**

**Практическая работа № 4. Расчёты на прочность элементов многослойных композитных конструкций**

**Темы Лабораторных работ**

**Лабораторная работа №1 «Определение механических характеристик композиционных материалов».**

**Цель:** определение основных механических свойств композиционных материалов методами статических испытаний на растяжение и сжатие.

**Задание:** изучить особенности проведение статических испытаний образцов из КМ.

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении работ.
2. Изучить изложенный материал.
3. Изучить предложенные образцы.
4. Провести испытание на растяжение и сжатие. Вычислить предел прочности и модуль Юнга при растяжении и сжатии ( $\sigma$ ,  $E$ ), коэффициент Пуассона.
5. Ответить на вопросы. Составить отчет.

**Контрольные вопросы:**

5. Основных механические свойства композиционных материалов.
6. Требования, предъявляемые к образцам из КМ при испытаниях.
7. Особенности схем нагружения при испытаниях на растяжение, сжатие.
8. Формулы для расчета модулей упругости, пределов прочности и коэффициентов Пуассона при одноосном растяжении, сжатии армированных КМ.

**Лабораторная работа № 2 «Моделирование а системе MSC Nastran/Patran»**

**Задание 1 «Моделирование сплошной составной оболочки а системе MSC Nastran/Patran»:** Создать модель сплошной ортотропной композитной плиты. Пластина нагружена по ширине и в ее центре. С левого края пластина жестко закреплена, на середине пластины просто поддерживается по ширине. Применить нелинейное статическое решение. Определить максимальное напряжение.

**Порядок выполнения работы:**

1. Создайте новую базу данных с именем solid\_composite.db.
2. Создайте 2 поверхности.
3. Создайте твердые частицы, выдавливая поверхности на 1 единицу в направлении

z.

4. Создайте граничные условия.
5. Создайте свойство трехмерного ортотропного материала(см. таблицу 1).
6. Создайте композитный ламинат с 9 слоями(см. таблицу 2).

Таблица 1

Elastic Modulus 11	100e3
Elastic Modulus 22	5e3
Elastic Modulus 33	5e3
Poisson Ratio 12	.4
Poisson Ratio 23	.3
Poisson Ratio 31	.02
Shear Modulus 12	3e3
Shear Modulus 23	2e3
Shear Modulus 31	2e3
Density	1e-4

Таблица 2

	Material Name	% Thickness	Orientation
1	Ortho1	1e-3	0
2	Ortho1	9.999	0
3	Ortho1	10	90
4	Ortho1	10	0
5	Ortho1	40	90
6	Ortho1	10	0
7	Ortho1	10	90
8	Ortho1	9.999	0
9	Ortho1	1e-3	0

7. Создайте систему координат материала, расположенную в начале координат и параллельно основной системе координат.

8. Создайте трехмерное твердое свойство, используя композитный материал с новой координатой.

9. Создайте начальные значения сетки таким образом, чтобы при построении сетки были:

- 4 элемента по ширине пластины
- 1 по толщине
- 5 элементов по длине для тела длиной 10 единиц
- 10 элементов по длине для тела длиной 15 единиц.
- назначить тип элементов сетки обоих тел - Hex.

11. Объединить совпадающие узлы.

12. Приложите усилия к верхнему правому краю.

13. Настройка анализа.

14. Из-за ошибки NAS-11593 в Патране измените входной файл MSC Nastran.

15. Отправьте входной файл в MSC Nastran.

16. Прикрепите файл результатов MASTER.

17. Построить график результатов. Проверьте результаты в \*.f06 файле.

18. Ответить на вопросы. Составить отчет.

### Вопросы:

1. Назовите основные этапы расчета конструкций в системе MSC/NASTRAN.
2. Назовите основные этапы создания конечно-элементной модели.
3. Зачем нужна геометрическая модель?
4. Какое меню программы предназначено для создания геометрической модели?
5. Какие особенности создания модели применялись.
6. Как характеристики КМ определяются для модели?
7. Как задать несколько случаев нагружения?
8. Отображение напряжений в сечении модели.
9. Где можно посмотреть максимальное и минимальное значение напряжений?
10. Объясните распределение напряжений и деформаций конструкции, положение концентратора напряжений.
11. Как проводилась проверка правильности модели?

**Задание 2 «Оптимизация структуры слоистого композита».**

Разработайте компоновку структуры слоистого композита, которая будет удовлетворять условиям прочности при заданной нагрузке и условиях закрепления.

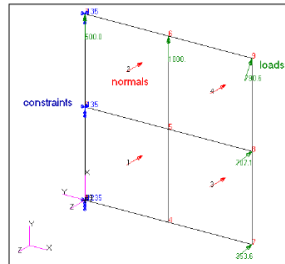
Описание материала:

- Композитные слои представляют собой графит / эпоксидную ленту толщиной 0,0054 дюйма.

- Упругие и прочностные свойства приведены в таблице ниже.

- Для анализа долен использоваться критерий прочности «Хилла».

E11	20e6
E22	2e6
U12	.35
G12	1e6
G13	1e6
G23	1e6
Xt	130 ksi
Xc	120 ksi
Yt	11 ksi
Yc	12 ksi
S	12.5 ksi
Sb	5 ksi



### Порядок выполнения работы:

1. Откройте и просмотрите входной файл MSC Nastran.
2. Проведите анализ, просмотрите индексы ошибок.
3. Просмотрите индексы ошибок.
4. Измените входной файл Nastran и повторите анализ.
5. Чтобы уменьшить показатель отказов, укрепите композит, увеличив количество слоев:

а. Начните с увеличения количества слоев угла, который имеет максимальный индекс ошибки больше 1. Сохраните ваш новый входной файл и повторите анализ с помощью MSC Nastran и проверьте показатели отказа. Продолжайте до тех пор, пока все показатели не будут менее 1.

б. После нескольких итераций, если он не сходится, вы можете захотеть увеличить толщину наружных слоев, так как они больше эффективен при переносе изгибающих нагрузок.

с. Примечание: это процесс проб и ошибок.

6. Ответить на вопросы. Составить отчет.

### Вопросы:

1. Конечный элемент Laminate. Свойства. Угол ориентации материала.
2. Возможные способы оптимизации структуры композита.
3. Способ указания и применения критериев прочности при анализе.

### Лабораторная работа № 3.

**Задание 1:** Используя графическую зависимость прочности ПКМ от объемного содержания наполнителя, определить максимальную прочность предложенной марки материала.

### Вопросы:

- 1 Основные компоненты композиционного материала.
- 2 Свойство анизотропии полимерных композитов.
- 3 Какова предельная деформация у углепластика и стеклопластика, сравните?

**Задание 2:** Определить структурные параметры тканых наполнителей.

### Вопросы:

- 1 Ткани. Нетканые материалы.
- 2 Метод определения массы на единицу площади.
- 3 Метод определения толщины.



4 Метод определения количества нитей на единицу длины основы и утка.

#### Лабораторная работа №4 «Моделирование работы изделия из слоистого КМ при сложном случае нагружения».

##### Цель:

- Понять формат MSC Nastran Bulk Data Entries PCOMP, CORD2R, MAT8 и CQUAD4.

- Найти смещения сетки переднего крыла.

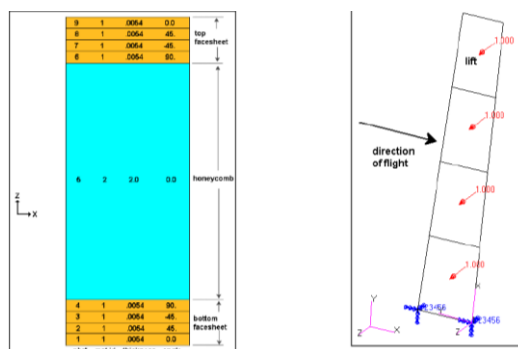
**Задание:** Передние стреловидные крылья вызывают аэродинамику отклонения, потому что чем больше крыло отклоняется от вершины, тем больше подъема это вызывает до тех пор, пока крыло не сломается.

Составная укладка крыла фиксируется в корне, к ней приложена изгибающая и растягивающая нагрузка. В этой модели, при использовании квазиизотропное расположение, передний край отклоняется больше, чем задний конец, вызывая больший подъем.

Найти такой расклад, чтобы передний край и задняя стенка имеют почти одинаковое отклонение.

##### Порядок выполнения работы:

1. Откройте и просмотрите входной файл MSC Nastra.
2. Измените входной файл MSC Nastran, заполнив запись PCOMP, используя информацию в Свойствах материала.
3. Проверьте на изгиб / скручивание, наблюдая вертикальные отклонения точки сетки 5 и 10.
4. Измените расположение так, чтобы смещение по z GRID 10 было меньше или равен GRID 5.



9. Ответить на вопросы. Составить отчет.

##### Контрольные вопросы:

1. Конечный элемент Laminate. Свойства. Угол ориентации материала.
2. Что регламентируют записи: a. PCOMP; b. QUAD4; c. MAT8; d. CORD2R. Особенности заполнения полей.

##### Выполнение расчетно-графической работы

В течение семестра студенты должны выполнить расчетно-графическую работу, состоящую из 3 заданий.

##### Задание №1

Определить критическое значение усилия при равномерном одноосном сжатии свободно опертой слоистой композитной пластины шириной \_\_\_\_ м.

Исследовать изменение величины критического усилия в зависимости от угла армирования  $\varphi_i$  косоугольных слоев.

Построить график  $T_x^{кр}(\varphi)$ .

Характеристики жесткости композиционного материала рассчитывать по данным, которые использовались при выполнении Задания №1.

Таблица – Исходные данные (по вариантам)

Материал	Толщина слоя, мм			Угол армирования, град.			Ширина пластины, м
	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$	$b$
Углепластик	1,2	1,8	1,8	90	45	-45	0,4
Стеклопластик	0,8	1,6	1,6	0	20	-20	0,25
Боропластик	0,9	1,8	1,8	0	50	-50	0,3
Углепластик	1,0	0,5	0,5	90	40	-40	0,8
Органопластик	0,6	1,2	1,2	90	60	-60	0,15
Боропластик	0,8	0,4	0,4	0	30	-30	0,2
Углепластик	1,2	1,8	1,8	0	70	-70	0,4
Органопластик	0,6	1,2	1,2	90	80	-80	0,35
Стеклопластик	0,2	0,4	0,4	90	10	-10	0,45
Органопластик	0,7	1,8	1,8	90	50	-50	0,28
Углепластик	0,6	1,2	1,2	90	70	-70	0,18
Боропластик	0,8	0,8	0,8	0	40	-40	0,3

Таблица – Упругие характеристики композиционного материала

Материал	Характеристики упругости			
	$E_1$ , МПа	$E_2$ , МПа	$G_{12}$ , МПа	$\mu_{21}$
Стеклопластик	65000	8500	4200	0,26
Органопластик	105000	6000	4200	0,21
Углепластик	150000	12000	4400	0,28
Боропластик	211000	39000	4550	0,21

### Задание №2 «Нелинейное моделирование процесса растяжения образца из слоистого композита»

Выполните прогрессивный анализ отказов на композитной пластине для нелинейного моделирования процесса растяжения образца из слоистого композита. Изделие - 15-слойная композитная пластина с начальным дефектом (отверстие). Левая сторона зафиксирована, а справа - тяга. Для этого:

- Определить граничные условия и нагрузки.
- Определить свойства материала слоя и критерий прочности.
- Определить составное свойство.
- Установите настройки неявного нелинейного анализа

### Задание №3 Разработка схемы технологического процесса изготовления заданного изделия

- 1 Описать изделие
- 2 Описать применяемые материалы
- 3 Выбрать метод формования
- 4 Описать применяемое оборудование
- 5 Разработать схему директивного технологического процесса изготовления изделия

Исходные данные по вариантам выдает преподаватель

**Примечание.** На усмотрение ведущего преподавателя допускается выдавать задания аналогичные по тематике и трудоёмкости, из других учебно-методических пособий.

**Вопросы для защиты РГР.**

1. Основные понятия механики композиционных материалов
2. Представление о композитах и их классификация
3. Свойства композитов, их преимущества и недостатки
4. Предмет и задачи курса
5. Волокнистые композиционные материалы
6. Компоненты волокнистых композитов
7. Роль компонентов в механическом поведении композитов
8. Армирующие волокна
9. Матричные материалы
10. Схемы армирования композитов
11. Однонаправленные волокнистые композиты
12. Материалы, армированные тканями
13. Композиты с хаотическим армированием
14. Композиты с пространственным армированием
15. Упругие свойства волокнистых композитов
16. Обобщённый закон Гука для анизотропного тела
17. Эффективные модули упругости однонаправленного материала
18. Определение свойств композитов методами микромеханики
19. Простейшая микромодель композита
20. Микромодель, учитывающая форму волокон
21. Расчёт слоистых материалов
22. Преобразование упругих характеристик однонаправленного материала при повороте системы координат
23. Упругие характеристики многослойных композитов при плоском напряжённом состоянии
24. Изгиб многослойных композиционных материалов
25. Основы теории прочности композитов
26. Критерии разрушения однонаправленного композиционного материала
27. Основы теории многослойных конструкций
28. Стержни из композиционных материалов
29. Композитные пластины
30. Физические соотношения с учётом деформаций поперечного сдвига
31. Уравнения теории слоистых пластин
32. Частные случаи
33. Трёхслойные конструкции
34. Понятие о трёхслойных конструкциях
35. Модели деформирования трёхслойных конструкций
36. Концентраторы и дефекты в композитах
37. Кромочные эффекты
38. Влияние дефектов типа расслоения
39. Моделирование расслоений в трёхслойных конструкциях
40. Анализ роста расслоений
41. Технологические процессы изготовления элементов конструкций из композиционных материалов
42. Основные этапы технологического процесса
43. Прессование элементов из волокнистых композитов
44. Вакуумное и автоклавное формование
45. Намотка
46. Основные этапы процесса
47. Виды и способы намотки

