

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

Кафедра «Технология самолетостроения»



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

И.В. Макурин

«12» 02 20 18г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

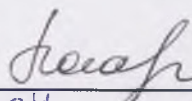
**дисциплины «Проектирование конструкций
из композиционных материалов»**

основной профессиональной образовательной программы
подготовки специалистов
по специальности 24.05.07 «Самолёто- и вертолётостроение»
специализация «Технологическое проектирование
высокоресурсных конструкций самолётов и вертолётов»

Форма обучения	заочная
Технология обучения	традиционная


Комсомольск-на-Амуре 20 18

Автор рабочей программы
старший преподаватель кафедры
«Технология самолётостроения»

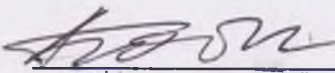

М.М. Погарцева
« 04 » . 02 2018 г.

СОГЛАСОВАНО

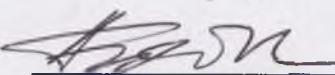
Директор библиотеки


И.А. Романовская
« 10 » . 02 2018 г.


Заведующий кафедрой
«Технология самолетостроения»


А.В. Бобков
« 04 » . 02 2018 г.


Заведующий выпускающей кафедрой
«Технология самолетостроения»


А.В. Бобков
« 04 » . 02 2018 г.

/Декан ФЗДО


М.В. Семибратова
« 08 » . 02 2018 г.

Начальник учебно-методического
управления


Е.Е. Поздеева
« 09 » . 02 2018 г.

Введение

Рабочая программа дисциплины «Проектирование конструкций из композиционных материалов» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.09.2016 № 1165, и основной профессиональной образовательной программы подготовки специалистов по специальности 24.05.07 «Самолёто- и вертолётостроение».

1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	Проектирование конструкций из композиционных материалов							
Цель дисциплины	Изучение теоретических основ и получение практических навыков специалиста в области проектирования конструкций из полимерных композиционных материалов.							
Задачи дисциплины	Сформировать знания, умения и навыки выполнения проекторочных и проверочных расчетов элементов конструкций из полимерных композиционных материалов.							
Основные разделы дисциплины	1. Основные сведения о композиционных материалах. 2. Общие вопросы проектирования конструкций из композиционных материалов. 3. Соотношения упругости для композиционных материалов. 4. Проектирование элементов конструкций из слоистых композиционных материалов. 5. Проектирование композитных оболочек.							
Общая трудоемкость дисциплины	4 зач ед/ 144 академических часов							
	Се- мestr	Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промежу- точная ат- тестация, ч	Всего за се- мestr, ч
		Лекции	Пр. заня- тия	Лаб. рабо- ты	Курсовое проектиро- вание			
10	6	4	4	-	126	4	144	
ИТОГО:		6	4	4	-	126	4	144

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Проектирование конструкций из композиционных материалов» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
ПСК-4.1 Способностью и готовностью участвовать в разработке проектов летательных аппаратов различной конструкции	З1 (ПСК-4.1-7) Знать: компоненты композиционных материалов, физические соотношения и методы проектирования изделий из композиционных материалов	У1 (ПСК-4.1-7) Уметь: определять упругие характеристики композиционных материалов	Н1 (ПСК-4.1-7) Владеть: общими навыками решения задач по определению характеристик упругости изделий из композиционных материалов

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Проектирование конструкций из композиционных материалов» изучается на 5-ом курсе в 10-ом семестре.

Дисциплина является дисциплиной по выбору, входит в состав блока 2 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные на предыдущих этапах освоения компетенции ПСК-4.1 в процессе изучения дисциплин «Строительная механика самолета», «Прочность конструкций самолета».

Входной контроль не проводится.

4 Объем дисциплины (модуля) в зачётных 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 зачётные единицы, 144 академических часа.

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

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

Объем дисциплины	Заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	14
В том числе:	
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками):	6
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	8
Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	126
Промежуточная аттестация обучающихся	4

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

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Раздел 1 Основные сведения о композиционных материалах					
Тема 1 Понятие о композиционных материалах. Применение композиционных материалов в конструкции летательного аппарата.	Лекция	1	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
Тема 2 Основные компоненты композиционных материалов	Лекция	1	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
Тема 3 Классификация композиционных материалов.	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	4	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)

Тема 4 Структурные особенности и механические свойства композиционных материалов	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	6	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	4	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1	31 (ПСК-4.1-7)
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к коллоквиуму)	6	Изучение теоретического материала	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
	Текущий контроль по разделу 1	1	Коллоквиум (теоретический опрос)	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
ИТОГО по разделу 1	Занятия лекционного типа	2	-	-	-
	Занятия семинарского типа	1	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	20	-	-	-
Раздел 2 Общие вопросы проектирования конструкций из композиционных материалов					
Тема 1 Этапы проектирования элементов конструкций из композиционных материалов.	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	8	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
Тема 2 Методы проектирования элементов конструкций из композиционных материалов.		8		ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
ИТОГО по разделу 2	Занятия лекционного типа	0	-	-	-
	Занятия семинарского типа	0	-	-	-

	Самостоятельная работа обучающихся	16	-	-	-
Раздел 3 Соотношения упругости для композиционных материалов					
Тема 1 Уровни структурной неоднородности композиционных материалов.	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	4	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
Тема 2 Основные соотношения теории упругости анизотропных тел	Лекция	1	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
Тема 3 Определение характеристик упругости однонаправленных композиционных материалов.	Лекция	1	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
	Практическое занятие	1	Выполнение заданий на ПК в среде MathCAD	ПСК-4.1-7	У1 (ПСК-4.1-7) Н1 (ПСК-4.1-7)
	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	8	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1	31 (ПСК-4.1-7)
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к практическому занятию)	2	Освоение материала раздела дисциплины. Подготовка к практическому занятию.	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
ИТОГО по разделу 3	Занятия лекционного типа	2	-	-	-
	Занятия семинарского типа	1	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	14	-	-	-
Раздел 4 Проектирование элементов конструкций из слоистых композиционных материалов					
Тема 1 Соотношения для слоистых компо-	Самостоятельная работа обучающихся (изу-	6	Чтение основной и дополнительной лите-	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)

позиционных материалов при растяжении	чение теоретических разделов дисциплины)		ратуры. Конспектирование		
Тема 2 Расчет характеристик упругости по нитяной модели		6		ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
Тема 3 Определение характеристик упругости слоистых композиционных материалов	Лекция	1	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
	Практическое занятие	2	Выполнение заданий на ПК в среде MathCAD	ПСК-4.1-7	У1 (ПСК-4.1-7) Н1 (ПСК-4.1-7)
	Лабораторная работа	1,5	Выполнение заданий на ПК в среде MathCAD	ПСК-4.1-7	У1 (ПСК-4.1-7) Н1 (ПСК-4.1-7)
Тема 4 Устойчивость слоистой композитной пластины при одноосном сжатии	Лекция	1	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
	Лабораторная работа	1,5	Выполнение заданий на ПК в среде MathCAD	ПСК-4.1-7	У1 (ПСК-4.1-7) Н1 (ПСК-4.1-7)
Тема 5 Проектирование подкрепленных композитных панелей	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	6	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
Тема 5 Устойчивость подкрепленных композитных пластин		6		ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
Тема 6 Расчет многослойных композитных балок		6		ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)
	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	10	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1	31 (ПСК-4.1-7)
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к практическому занятию)	2	Освоение материала раздела дисциплины. Подготовка к практическому занятию.	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7)

	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка отчета по лабораторной работе)	4	Освоение материала раздела дисциплины. Подготовка к защите лабораторных работ	ПСК-4.1-7	У1 (ПСК-4.1-7)
	Самостоятельная работа обучающихся (выполнение контрольной работы)	12	Защита контрольной работы	ПСК-4.1-7	31 (ПСК-4.1-7) У1 (ПСК-4.1-7) Н1 (ПСК-4.1-7)
	Текущий контроль по разделу 4	1	Отчеты по лабораторным работам	ПСК-4.1-7	У1 (ПСК-4.1-7)
ИТОГО по разделу 4	Занятия лекционного типа	2	-	-	
	Занятия семинарского типа	6	-	-	
	Самостоятельная работа обучающихся	56	-	-	
Раздел 5 Проектирование композитных оболочек					
Тема 1 Проектирование баллонов давления из композиционных материалов	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	10	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1	31 (ПСК-4.1-7)
Тема 2 Проектирование сетчатых цилиндрических композиционных оболочек		10		ПСК-4.1	31 (ПСК-4.1-7)
ИТОГО по разделу 5	Занятия лекционного типа	0	-	-	
	Занятия семинарского типа	0	-	-	
	Самостоятельная работа обучающихся	20	-	-	
Промежуточная аттестация по дисциплине			Зачёт с оценкой		

ИТОГО по дисциплине	Занятия лекционного типа	6	-	-	-
	Занятия семинарского типа	8	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	126	-	-	-
ИТОГО: общая трудоемкость дисциплины 144 часа, в том числе с использованием активных методов обучения 4 часа					

6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Проектирование конструкций из композиционных материалов», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к коллоквиуму (теоретическому опросу), подготовка к практическим занятиям; подготовка отчетов к лабораторным работам и выполнение контрольной работы.

Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1. РД 013-2016 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления». – Введ. 2016-03-10. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – 56 с.

2. СТО 7.5-17 Положение о самостоятельной работе студентов ФГБОУ ВПО «КнАГТУ». – Введ. 2015-04-06. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015. – 24 с.

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 4.

Таблица 4 – График выполнения самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Часов в неделю																	Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Изучение теоретических разделов дисциплины	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8	6	6	6	6	4		100
Подготовка к коллоквиуму (теоретическому опросу)													2	2	2			6
Подготовка к практическим занятиям																2	2	4
Подготовка к лабораторным работам																2	2	4
Выполнение и подготовка контрольной работы							2	2	2	2	2	2						12
ИТОГО в 10 семестре	6	6	6	6	6	6	8	8	10	10	10	8	8	8	8	8	4	126

7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Основные сведения о композиционных материалах	31 (ПСК-4.1-7)	Коллоквиум по разделу 1	<ul style="list-style-type: none"> - знание основных компонентов композиционных материалов, их видов и назначения; - знание классификации композиционных материалов; - умение логически построить ответ; - владение монологической речью
Определение характеристик упругости однонаправленных композиционных материалов.	У1 (ПСК-4.1-7)	Практическое занятие	<ul style="list-style-type: none"> - понимание метода расчета характеристик упругости однонаправленных композиционных материалов и умение его правильно применить; - качество оформления; - достаточность пояснений
	Н1 (ПСК-4.1-7)		<ul style="list-style-type: none"> - понимание методики решения задач по определению характеристик упругости однонаправленных композиционных материалов и умение ее правильно применить; - качество оформления; - достаточность пояснений
Определение характеристик упругости слоистых композиционных материалов	У1 (ПСК-4.1-7)	Практическое занятие. Лабораторная работа. Контрольная работа.	<ul style="list-style-type: none"> - понимание метода расчета характеристик упругости слоистых композиционных материалов и умение его правильно применить; - качество оформления; - достаточность пояснений
	Н1 (ПСК-4.1-7)		<ul style="list-style-type: none"> - понимание методики решения задач по определению характеристик упругости слоистых композиционных материалов и умение ее правильно применить; - качество оформления; - достаточность пояснений
Устойчивость слоистой композитной пластины при одноосном	У1 (ПСК-4.1-7)	Лабораторная работа. Контрольная работа.	<ul style="list-style-type: none"> - понимание метода определения величины критического усилия при одноосном сжатии слоистой композит-

сжатии		ной пластины и умение его правильно применить; - качество оформления; - достаточность пояснений
	Н1 (ПСК-4.1-7)	

Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта с оценкой (дифференцированного зачёта).

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
10 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме зачёта с оценкой (дифференцированного зачёта)</i>				
1	Коллоквиум по разделу 1	16-я неделя	5 баллов	5 баллов – студент правильно ответил на все теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – при ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.
2	Лабораторные работы	16-17-я недели	5 баллов за каждую лабораторную работу	5 баллов – студент имеет глубокие знания учебного материала по теме лабораторной работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий, используемых в работе,

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				ответил на все уточняющие и дополнительные вопросы.
				4 балла – студент показал знания учебного материала по теме лабораторной работы, усвоил основную литературу, ответил почти полно на все заданные уточняющие и дополнительные вопросы.
				3 балла – студент в целом освоил учебный материал по теме лабораторной работы, ответил не на все заданные уточняющие и дополнительные вопросы.
				2 балла – студент имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по теме лабораторной работы, не раскрыл содержание вопросов, не смог ответить на уточняющие и дополнительные вопросы.
3	Контрольная работа.	17-я неделя	5 баллов	5 баллов – студент правильно выполнил задание. Показал отличное владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
				4 балла – студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
				3 балла – студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
				2 балла – при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				усвоенного учебного материала.
ИТОГО:		-	20 баллов	-
<p>Средняя оценка, полученная студентом по итогам текущего контроля, определяется делением полученной суммы баллов на девять.</p> <p>Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачёта с оценкой (дифференцированного зачета):</p> <p>«Отлично» - средняя оценка \Rightarrow 4,5.</p> <p>«Хорошо» - средняя оценка \Rightarrow 3,7 и $<$ 4,5.</p> <p>«Удовлетворительно» - средняя оценка \Rightarrow 3,0 и $<$ 3,7 при отсутствии хотя бы одной неудовлетворительной оценки за компоненты компетенций.</p> <p>«Неудовлетворительно» - средняя оценка $<$ 3,0 или присутствует хотя бы одна неудовлетворительная оценка за компоненты компетенций.</p>				

Задания для текущего контроля

Вопросы коллоквиума (теоретического опроса)

- 1 Что такое композиционные материалы?
- 2 В каких элементах конструкции планера самолета применяются композиционные материалы?
- 3 Назовите главную особенность композиционных материалов?
- 4 Перечислите основные компоненты композиционных материалов?
- 5 Какую роль в композиционном материале выполняет связующее?
- 6 Какую роль в композиционном материале выполняет наполнитель?
- 7 Дайте классификацию композиционных материалов по виду армирующих волокон?
- 8 Дайте классификацию композиционных материалов по типу связующего?
- 9 Дайте классификацию композиционных материалов по схеме армирования?
- 10 Дайте классификацию композиционных материалов по структуре?
- 11 Перечислите положительные свойства стеклопластиков?
- 12 Перечислите отрицательные свойства стеклопластиков?
- 13 Перечислите положительные свойства углепластиков?
- 14 Перечислите отрицательные свойства углепластиков?
- 15 Перечислите положительные свойства органопластиков?
- 16 Перечислите отрицательные свойства органопластиков?
- 17 Перечислите положительные свойства боропластиков?
- 18 Перечислите отрицательные свойства боропластиков?
- 19 В каких конструкциях, элементах, деталях применяются стеклопластики?
- 20 В каких конструкциях, элементах, деталях применяются углепластики?
- 21 В каких конструкциях, элементах, деталях применяются органопластики?
- 22 В каких конструкциях, элементах, деталях применяются боропластики?

Защита лабораторных работ

Лабораторная работа «Определение характеристик упругости слоистых композиционных материалов».

1. Чем вызвана необходимость определения характеристик упругости композитного материала?
2. Назовите особенности слоистых композитных материалов, влияющие на характеристики упругости?
3. Как определяются характеристики монослоев, которые используются в расчетах?
4. Назовите особенности определения характеристик упругости ортотропных композитных материалов?
5. Как влияет на характеристики упругости изменение углов армирования косоугольных слоев?

Лабораторная работа «Устойчивость слоистой композитной пластины при одноосном сжатии».

1. Какие допущения принимаются при расчете на устойчивость подкрепленных композитных пластин?
2. Как выполняется учет параметров элементов подкрепляющего набора при расчете жесткостных параметров подкрепленной композитной пластины?
3. Как влияет на величину критического сжимающего усилия изменение геометрических параметров элементов ребер?
4. Как влияет на величину критического сжимающего усилия изменение геометрических параметров пластины?
5. Как влияет на величину критического сжимающего усилия изменение характеристик упругости ребер?

Задание на выполнение контрольной работы

Задание №1

Определить средние характеристики упругости E_x , E_y , G_{xy} композиционного материала образованного однонаправленными продольными (поперечными) и косоугольными слоями.

Задание №2

Определить критическое значение усилия $T_{кр}$ при равномерном одноосном сжатии свободно опертой слоистой композитной пластины шириной _____ м.

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

Таблица 7 – Исходные данные (по вариантам)

№ варианта	Материал	Толщина слоя, мм			Угол армирования, град.			Ширина пластины, м
		h_1	h_2	h_3	φ_1	φ_2	φ_3	
1	Углепластик	1,2	1,8	1,8	90	45	-45	0,4
2	Стеклопластик	0,8	1,6	1,6	0	20	-20	0,25
3	Боропластик	0,9	1,8	1,8	0	50	-50	0,3
4	Углепластик	1,0	0,5	0,5	90	40	-40	0,8
5	Органопластик	0,6	1,2	1,2	90	60	-60	0,15
6	Боропластик	0,8	0,4	0,4	0	30	-30	0,2
7	Углепластик	1,2	1,8	1,8	0	70	-70	0,4
8	Органопластик	0,6	1,2	1,2	90	80	-80	0,35
9	Стеклопластик	0,2	0,4	0,4	90	10	-10	0,45
10	Органопластик	0,7	1,8	1,8	90	50	-50	0,28
11	Углепластик	0,6	1,2	1,2	90	70	-70	0,18
12	Боропластик	0,8	0,8	0,8	0	40	-40	0,3

Таблица 8 – Упругие характеристики композиционного материала

Материал	Характеристики упругости			
	E_1 , МПа	E_2 , МПа	G_{12} , МПа	μ_{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

8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8.1 Основная литература

1 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.

2 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.

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

4 Адашкин, А.М. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов : учебник [Электронный ресурс] / А.М. Адашкин, 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.

8.2 Дополнительная литература

1 Тышкевич, В.Н. Прочность композиционных материалов : учебное пособие для вузов / В. Н. Тышкевич, Б. Н. Корнев. – Хабаровск: Изд-во Хабаровского политехн.ин-та, 1991. - 99с.

9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1 Единое окно доступа к образовательным ресурсам // Электронный ресурс [Режим доступа: свободный] <http://window.edu.ru/>.

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Обучение дисциплине «Проектирование конструкций из композиционных материалов» предполагает изучение курса на аудиторных занятиях и в ходе самостоятельной работы. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций, практических занятий и лабораторных работ.

Таблица 9 – Методические указания к отдельным видам деятельности

Вид учебного занятия	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения. Выделять ключевые слова, формулы, отмечать на полях уточняющие вопросы по теме занятия
Практическое занятие	Работа с конспектом лекций, изучение разделов по теме занятия, решение задач в среде MathCAD
Лабораторная работа	Решение задач в среде MathCAD, анализ и обработка результатов расчета
Самостоятельная работа	Для более глубокого изучения разделов дисциплины предусмотрены отдельные виды самостоятельной работы: изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к коллоквиуму, подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам, выполнение контрольной работы

Самостоятельная работа является наиболее продуктивной формой образовательной и познавательной деятельности студента в период обучения. СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений. СРС по дисциплине «Проектирование конструкций из композиционных материалов» включает следующие виды работ:

- работу с лекционным материалом, изучение теоретических разделов дисциплины;
- подготовку к коллоквиуму;
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку отчетов по лабораторным работам;
- выполнение и оформление контрольной работы.

Контроль самостоятельной работы студентов и качество освоения дисциплины осуществляется посредством:

- проведения коллоквиума (теоретического опроса);
- выполнения и защиты лабораторных работ;
- выполнения и защиты контрольной работы;

Текущий контроль качества освоения отдельных тем дисциплины осуществляется на основе рейтинговой системы. Этот контроль осуществляется в течение семестра и качество усвоения материала (выполнения задания) оценивается в баллах, в соответствии с таблицей 6.

Промежуточная аттестация (зачёт с оценкой или дифференцированный зачёт) производится в конце семестра и также оценивается в баллах.

Пример оформления контрольной работы приведен в приложении 1.

В качестве опорного конспекта лекций используется учебное пособие для вузов:

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.

11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины «Проектирование конструкций из композиционных материалов» основывается на активном использовании Microsoft Office, PowerPoint, MathCAD в процессе изучения теоретических разделов дисциплины, подготовки к практическим занятиям, лабораторным работам и выполнении контрольной работы. С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения контрольной работы.

12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для реализации программы дисциплины «Проектирование конструкций из композиционных материалов» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 10.

Таблица 10 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
Ауд. 112 3 корпус	Мультимедийный класс ССФ	Экран, мультимедиа проектор, персональный компьютер	Проведение лекционных и практических занятий в виде презентаций
Ауд. 124 3 корпус	Вычислительный центр ССФ	12 персональных компьютеров	Проведение практических занятий. Проведение лабораторных работ

Пример оформления контрольной работы

Выполнение Задание №1 рассмотрим на примере определения характеристик упругости слоистого композитного материала образованного двумя слоями под углом $\pm \phi$ и поперечным слоем (рисунок 1).

Исходные данные приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Исходные данные

Материал	Толщина слоя, мм			Угол армирования, град.		
	h1	h2	h3	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3
Боропластик	1,2	1,8	1,8	90	30	-30

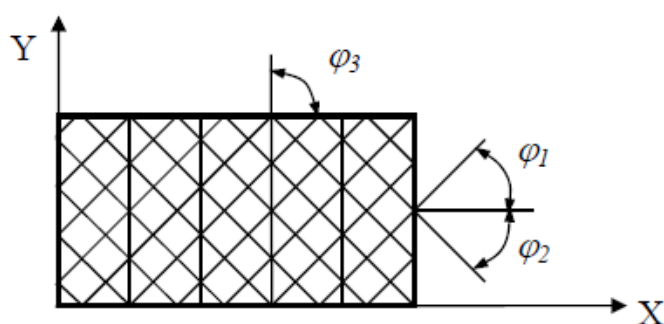


Рисунок 1 – Схема армирования пакета

В таблице 12 представлены упругие характеристики боропластика.

Таблица 12 – Упругие характеристики боропластика

Характеристики упругости			
E_1 , МПа	E_2 , МПа	G_{12} , МПа	μ_{21}
211000	39000	4550	0,21

Решение:

Средние характеристики упругости слоистого композитного материала определяем по следующим формулам:

$$E_x = B_{11} - \frac{B_{12}^2}{B_{22}},$$

$$E_y = B_{22} - \frac{B_{12}^2}{B_{11}},$$

$$G_{xy} = B_{33},$$

где E_x – продольный модуль упругости, МПа;

E_y – поперечный модуль упругости, МПа;

G_{xy} – модуль сдвига, МПа;

$B_{11}, B_{12}, B_{22}, B_{33}$ – обобщенные жесткости на растяжение-сжатие, МПа.

Обобщенные жесткости определяются по следующим зависимостям:

$$B_{11} = \sum_{i=1}^n \bar{h}_i (\bar{E}_1^i \cos^4 \varphi_i + 2\bar{E}_1^i \mu_{12}^i \sin^2 \varphi_i \cos^2 \varphi_i + \bar{E}_2^i \sin^4 \varphi_i + G_{12}^i \sin^2 2\varphi_i);$$

$$B_{12} = \sum_{i=1}^n \bar{h}_i [(\bar{E}_1^i + \bar{E}_2^i) \sin^2 \varphi_i \cos^2 \varphi_i + \bar{E}_1^i \mu_{12}^i (\sin^4 \varphi_i + \cos^4 \varphi_i) - G_{12}^i \sin^2 2\varphi_i];$$

$$B_{22} = \sum_{i=1}^n \bar{h}_i (\bar{E}_1^i \sin^4 \varphi_i + 2\bar{E}_1^i \mu_{12}^i \sin^2 \varphi_i \cos^2 \varphi_i + \bar{E}_2^i \cos^4 \varphi_i + G_{12}^i \sin^2 2\varphi_i);$$

$$B_{33} = \sum_{i=1}^n \bar{h}_i [(\bar{E}_1^i + \bar{E}_2^i - 2\bar{E}_1^i \mu_{12}^i) \sin^2 \varphi_i \cos^2 \varphi_i + G_{12}^i \cos^2 2\varphi_i],$$

где \bar{h}_i – относительная толщина i -го слоя;

\bar{E}_1^i, \bar{E}_2^i – приведенные модули упругости;

μ_{12}^i – коэффициент Пуассона i -го слоя;

n – количество слоев.

$$\bar{h}_i = \frac{h_i}{\sum_{i=1}^n h_i};$$

$$\bar{E}_1^i = \frac{E_1^i}{(1 - \mu_{12}^i \mu_{21}^i)};$$

$$\bar{E}_2^i = \frac{E_2^i}{(1 - \mu_{12}^i \mu_{21}^i)};$$

$$\mu_{12}^i = \frac{\mu_{21}^i E_2^i}{E_1^i}$$

Определяем коэффициент Пуассона μ_{12}^i и приведенные модули \bar{E}_1^i и \bar{E}_2^i :

$$\mu_{12} = \frac{0,21 * 39000}{211000} = 0,039;$$

$$\bar{E}_1 = \frac{211000}{(1 - 0,039 * 0,21)} = 212734;$$

$$\bar{E}_2 = \frac{39000}{(1 - 0,039 * 0,21)} = 39321.$$

Определяем относительные толщины слоев:

$$\bar{h}_1 = \frac{1,4}{1,4 + 2,8 + 2,8} = 0,2;$$

$$\bar{h}_2 = \frac{2,8}{7} = 0,4;$$

$$\bar{h}_3 = \frac{2,8}{7} = 0,4.$$

Определяем обобщенные жесткости композитного материала:

$$B_{11} = \sum_{i=1}^n [0,2 \cdot (212734 \cdot 0 + 2 \cdot 212734 \cdot 0,039 \cdot 1 \cdot 0 + 39321 \cdot 1 + 4550 \cdot 0) + 0,4 \cdot (212734 \cdot 0,25 + 2 \cdot 212734 \cdot 0,039 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 39321 \cdot 0,25 + 4550 \cdot 1) + 0,4 \cdot (212734 \cdot 0,25 + 2 \cdot 212734 \cdot 0,039 \times 0,5 \cdot 0,5 + 39321 \cdot 0,25 + 4550 \cdot 1)] = 63599;$$

$$B_{12} = \sum_{i=1}^n [0,2 \cdot [(212734 + 6015) \cdot 1 \cdot 0 + 212734 \cdot 0,039 \cdot (1 + 0) - 4550 \cdot 0] + 0,4 \cdot [(212734 + 39321) \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 212734 \cdot 0,039 \cdot (0,25 + 0,25) - 4550 \cdot 1] + 0,4 \cdot [(212734 + 39321) \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 212734 \cdot 0,039 \times (0,25 + 0,25) - 4550 \cdot 1]] = 49009;$$

$$B_{22} = \sum_{i=1}^n [0,2 \cdot (212734 \cdot 1 + 2 \cdot 212734 \cdot 0,039 \cdot 1 \cdot 0 + 39321 \cdot 0 + 4550 \cdot 0) + 0,4 \cdot (212734 \cdot 0,25 + 2 \cdot 212734 \cdot 0,039 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 39321 \cdot 0,25 + 4550 \cdot 1) + 0,4 \cdot (212734 \cdot 0,25 + 2 \cdot 105265 \cdot 0,039 \times 0,5 \cdot 0,5 + 39321 \cdot 0,25 + 4550 \cdot 1)] = 106953;$$

$$B_{33} = [0,2 \cdot (212734 + 39321 - 2 \cdot 212734 \cdot 0,039) \cdot 1 \cdot 0 + 4450 \cdot 1] + [0,4 \cdot (212734 + 39321 - 2 \cdot 212734 \cdot 0,039) \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 4450 \cdot 0] + [0,4 \cdot (212734 + 39321 - 2 \cdot 212734 \cdot 0,039) \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 4450 \cdot 0] = 45301.$$

Используя полученные значения обобщенных жесткостей определим средние характеристики упругости материала:

$$E_x = 63599 - \frac{49009^2}{106953} = 41142;$$

$$E_y = 106953 - \frac{49009^2}{63599} = 69188;$$

$$G_{xy} = 45301.$$

