

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

ГГТУ им. П.О. Сухого

О.Д. Асенчик

(подпись)

30.06. 2022

Регистрационный № УД-33-134/уч.

МЕХАНИКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов»

2022

Учебная программа составлена на основе: образовательного стандарта высшего образования первой ступени образования специальности 1-36 01 08 (ОСВО 1-36 01 08 - 2019) МО РБ от 17.07.2019 № 107, учебного плана учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» специализации 1-36 01 08 02 «Технология производства изделий из композиционных материалов и средства технологического оснащения» регистрационный № I36-1-07/уч от 05.02.2020

Составители:

Бобарикин Юрий Леонидович, заведующий кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент

Мартыанов Юрий Вадимович, старший преподаватель кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

Рецензенты:

Сычев Дмитрий Васильевич, начальник прессово-заготовительного цеха ОАО «Электроаппаратура»

Кадолич Жанна Владимировна, заведующий кафедрой «Материаловедение в машиностроении» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 22.04.2022);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 10 от 12.05.2022);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 28.06.2022).

Регистрационный номер МТФ: № УД-16-03/уч

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования первой ступени образования специальности 1 – 36 01 08 (ОСВО 1 – 36 01 08 - 2019) МО РБ от 17.07.2019, №107, учебного плана учреждения образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого" специальности 1 – 36 01 08 "Конструирование и производство изделий из композиционных материалов" специализация 1 – 36 01 08 02 "Технология производства изделий из композиционных материалов и средства технологического оснащения".

Целью изучения дисциплины «Механика композиционных материалов» является изучение законов механики, применяемых к композиционным материалам, особенностям формообразования из композиционных материалов.

Для достижения цели дисциплины необходимо решить следующие **задачи**:

- дать систематические сведения об основных методах расчёта изделий из композиционных материалов;
- дать теоретическую базу расчётов формообразования изделий из композиционных материалов;
- дать теоретические основы управления свойствами композиционных материалов при формообразовании;

В результате изучения учебной дисциплины студенты должны

Знать:

- методы изучения структуры и свойств композиционных материалов;
- математические основы описания формообразования композиционных материалов;
- закономерности, описывающие влияние структуры композиционных материалов на их свойства;

Уметь:

- прогнозировать величины и показатели свойств композиционных материалов при их формообразовании;
- определять характеристики и свойства композиционных материалов в зависимости от состояния композиционных материалов;

Владеть:

- современными методиками расчета напряженного и деформированного состояния композита;
- современными методиками расчета слоистых композитов;
- методами анализа нагружения композита;

Требования к компетентности специалиста

В результате изучения дисциплины студенты должны приобрести базовую профессиональную компетенцию: знать основные понятия, законы и методы механики композиционных материалов, особенности структуры и механического поведения композиционных материалов при формообразовании и эксплуатации изделий.

А также развить и закрепить ряд профессиональных компетенций:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

- уметь работать самостоятельно.

- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управление информацией и работы с компьютером - уметь работать в команде.

- анализировать и объективно оценивать достижения науки в области полимерных и композиционных материалов, разработки, производство и применение, перспективы и направления развития.

- работать с научной литературой и, словарями, справочными материалами, рациональнее использовать справочную литературу по выбору материалов и технологий их обработки, обеспечен необходимые показатели свойств композиционных материалов.

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий

Форма получения высшего образования: дневная.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Полимерные и композиционные материалы» для специальности 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» составляет – 274 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах, составляет 6 зачетных единиц.

Вид занятий, курс, семестр	
Курс	3
Семестр	5, 6
Лекции (часов)	68
Лабораторные занятия (часов)	39
Практические занятия (часов)	32
Всего аудиторных (часов)	139
Форма текущей аттестации по учебной дисциплине	
Экзамен (семестр)	5
Зачет (семестр)	6
Курсовая работа (семестр)	6

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Напряженное и деформированное состояние сплошного тела

1.1. Предмет и задачи изучения дисциплины. Связь с другими дисциплинами специальности.

1.2. Векторы и тензоры.

Зависимость между компонентами вектора при повороте системы координат. Тензоры. Законы преобразования тензоров. Символы Кронекера. Матричные представления. Симметрия тензоров и матриц. Главные значения и главные направления симметричных тензоров второго ранга. Оператор Гамильтона. Дифференцирование тензоров.

1.3. Тензор напряжений.

Напряженное состояние сплошной среды. Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Связь между тензором напряжений и вектором напряжений на произвольной наклонной площадке. Уравнения равновесия. Законы преобразования напряжений. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Максимальное и минимальное касательные напряжения. Октаэдрические напряжения. Девиатор и шаровой тензор напряжений.

1.4. Тензор деформаций.

Вектор перемещения. Тензор деформаций. Связь между тензором деформаций и вектором перемещений. Главные деформации. Инварианты деформаций. Шаровой тензор и девиатор деформаций. Уравнение совместности деформаций.

1.5. Обобщенный закон Гука.

Изотропные и анизотропные среды. Тензоры модулей упругости и упругих податливостей. Матрица коэффициентов жесткости и коэффициентов податливости для анизотропных и изотропных сред. Связь между компонентами тензоров и техническими постоянными, определяемыми экспериментально. Преобразование тензоров модулей упругости и упругих податливостей при повороте осей координат.

1.6. Задачи теории упругости.

Постановка статических и динамических задач теории упругости. Система уравнений. Граничные условия. Простейшие случаи напряженного и деформированного состояния. Особенности поведения композитов, обусловленные анизотропией. Плоская задача теории упругости. Функция напряжений. Плоская задача теории упругости в полярных и цилиндрических координатах. Осесимметричные задачи в цилиндрических координатах.

1.7. Вязкоупругие деформации.

Использование механических моделей для описания вязкоупругости. Ползучесть и релаксация напряжений. Определение параметров вязкоупругости. Линейная теория вязкоупругости.

1.8. Вязкое течение.

Механика вязкой жидкости. Напряжения. Физические уравнения. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Показатели вязких свойств. Теоретические основы оценки показателей вязких свойств.

Раздел 2. Структура композиционных материалов

2.1. Микро- и макроструктура композитов.

Характеристики состава, размеров и формы элементов, их пространственной ориентации.

2.2. Модели структуры.

Типы структуры композиционных материалов. Простейшие и компьютерные модели структуры типичных композитов.

Раздел 3. Жесткость композиционных материалов

3.1. Задачи и методы прогнозирования.

Прогнозирование постоянных упругости композиционных материалов. Схемы Фойгта и Ройсса. Метод осреднения. Сеточная модель.

3.2. Однонаправленно армированные композиты.

Постоянные упругости волокнистых композиционных материалов однонаправленной структуры.

3.3. Слоистые композиты.

Постоянные упругости слоистых композиционных материалов. Влияние ориентации слоев и сдвигов.

3.4. Композиты с тканым наполнителем.

Постоянные упругости композиционных материалов на основе тканых наполнителей. Влияние структуры ткани.

3.5. Материалы, наполненные частицами.

Постоянные упругости композиционных материалов, наполненных частицами. Влияние анизотропии и неоднородности компонентов. Пористость.

3.6. Теплофизические характеристики.

Теплофизические свойства композиционных материалов. Температурные коэффициенты линейного расширения и усадка композиционных материалов.

Раздел 4. Разрушение композиционных материалов

4.1. Напряжения в элементах структуры.

Напряжения и деформации на микро- и макроуровнях. Эффективная длина волокон. Термоструктурные и усадочные напряжения в компонентах.

4.2. Прочность компонентов композиционных материалов.

Распределение прочности волокон. Закон Вейбулла. Кинетика разрушения и прочность волокнистой системы. Масштабный эффект.

4.3. Прочность однонаправленного композиционного материала.

Особенности разрушения однонаправленного волокнистого композита.

4.4. Микроповреждения композиционных материалов.

Накопление повреждений. Кинетика разрушения. Влияние свойств компонентов и структуры композита на микроповреждения.

Раздел 5. Прочность композиционных материалов

5.1. Прочность при сложном напряженном состоянии.

Предельные поверхности прочности анизотропных композиционных материалов. Оценка прочности при плоском напряженном состоянии.

5.2. Прочность слоистых композиционных материалов.

5.3. Прочность композиционных материалов, хаотически армированных волокнами. Влияние анизотропии.

5.4. Влияние на прочность композитов условий нагружения.

Условие равновесия тел с повреждениями. Влияние на прочность условий нагружения и внешних факторов. Статическая прочность. Закон суммирования повреждений. Периодическое нагружение. Усталостная прочность. Показатели долговечности. Динамическое нагружение композиционных материалов. Распространение волн. Модель Гриффитса. Коэффициенты вязкости разрушения. Влияние напряженного состояния на разрушение композитов. Зависимость разрушения композитов от структуры композиционных материалов.

Раздел 6. Реологические свойства композиционных материалов

6.1. Проницаемость волокон.

Проницаемость волокон для связующих в вязком состоянии. Модель Кармана-Козени. Коэффициенты проницаемости. Влияние структуры и свойств матрицы на проницаемость.

6.2. Вязкие свойства композиционных материалов.

Вязкие свойства препрегов. Законы течения. Определение параметров течения.

6.3. Актуальные вопросы механики композиционных материалов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 1 – 36 01 08 «ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ» 1 – 36 01 08 02 «ПОЛИМЕРНЫЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Напряженное и деформированное состояние сплошного тела							
1.1	Предмет и задачи изучения дисциплины. Связь с другими дисциплинами специальности.	1						УО
1.2	Векторы и тензоры.	3	2					УО
1.3	Тензор напряжений.	2	2					УО
1.4	Тензор деформаций.	2	2					УО
1.5	Обобщенный закон Гука.	6	2					УО
1.6	Задачи теории упругости.	6	2					УО
1.7	Вязкоупругие деформации.	2						УО
1.8	Вязкое течение.	4	2					УО
2	Структура композиционных материалов							УО
2.1	Микро- и макроструктура композитов.	2						УО
2.2	Модели структуры.	2	2					УО
3	Жесткость композиционных материалов							УО
3.1	Задачи и методы прогнозирования.	2						УО
3.2	Однонаправленно армированные композиты.	2	3					УО
3.3	Слоистые композиты.	2						УО

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.4	Композиты с тканым наполнителем.	2						УО
3.5	Материалы, наполненные частицами.	2						УО
3.6	Теплофизические характеристики.	2						УО
4	Разрушение композиционных материалов							УО
4.1	Напряжения в элементах структуры.	2						УО
4.2	Прочность компонентов композиционных материалов.	2						УО
4.3	Прочность однонаправленного композиционного материала.	2						УО
4.4	Микрповреждения композиционных материалов.	3						УО
5	Прочность композиционных материалов							УО
5.1	Прочность при сложном напряженном состоянии.	2						УО
	Определение параметров степенного закона течения полимерных расплавов				4			УО, ЗЛР
	Постоянные упругости слоистых композитов		2					УО
5.2	Прочность слоистых композиционных материалов.	2	1					УО
	Постоянные упругости композитов с тканым наполнителем		2		3			УО, ЗЛР
	Проверка методов прогнозирования постоянных упругости однонаправленных волокнистых композитов				2			УО, ЗЛР

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.3	Прочность композиционных материалов, хаотически армированных волокнами. Влияние анизотропии.	2	1		2			УО, ЗЛР
	Определение параметров вязкоупругости				2			УО, ЗЛР
	Изучение структуры композиционных материалов		2		4			УО, ЗЛР
	Постоянные упругости материалов, наполненных частицами		2					УО
	Теплофизические свойства композитов		2					УО
5.4	Влияние на прочность композитов условий нагружения.	5						УО
	Исследование теплофизических свойств композитов				6			УО, ЗЛР
	Прочность волокон и волокнистой системы				5			УО, ЗЛР
	Прочность однонаправленно армированного композита		2		2			УО, ЗЛР
	Исследование прочности волокнистых композитов				2			УО, ЗЛР
6	Реологические свойства композиционных материалов							УО

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6.1	Проницаемость волокон. Проницаемость волокон для связующих в вязком состоянии. Модель Кармана-Козени. Коэффициенты проницаемости. Влияние структуры и свойств матрицы на проницаемость.	2	2					УО
6.2	Вязкие свойства композиционных материалов. Вязкие свойства препрегов. Законы течения. Определение параметров течения.	2	1		2			УО, ЗЛР
6.3	Актуальные вопросы механики композиционных материалов.	2						УО
	Итого	68	34		34			

Принятое обозначение: УО – устный опрос; ЗЛР – защита лабораторных работ;

ИНФОРМАЦИОННО МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Айнбиндер, С. Б. Свойства полимеров в различных напряженных состояниях / С. Б. Айнбиндер, Э. Л. Тюнина, К. И. Цируле. - Москва : Химия, 1981. - 231 с.;
2. Бартенев, Г. М. Физика и механика полимеров : учеб. пособие для втузов / Г. М. Бартенев, Ю. В. Зеленев. - Москва : Высшая школа, 1983. - 391 с.;
3. Винсон, Ж. Р. Поведение конструкций из композитных материалов / Ж. Р. Винсон, Р. Л. Сираковский ; пер. с англ. И. М. Пановой; под ред. В. В. Васильева, Б. С. Митина. - Москва : Металлургия, 1991. - 264 с
4. Мануйлов В. Ф. Расчеты процессов деформации композиционных материалов / под ред. А. И. Колпашникова. - Москва : Металлургия, 1992. - 208с.;
5. Пестриков В. М. Механика разрушения на базе компьютерных технологий : практикум. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2007. - 452 с.;
6. Полухин, П. И. Физические основы пластической деформации : учеб. пособие для студентов по спец. "Обработка металлов давлением" / П. И. Полухин, С. С. Горелик, В. К. Воронцов. - Москва : Металлургия, 1982. - 584 с.;
7. Экспериментальные методы механики деформируемых твердых тел : технологические задачи обработки давлением / В. К. Воронцов [и др.]. - Москва : Металлургия, 1990. - 480 с.;
8. Мэттьюс Ф., Ролингс Р. композитные материалы. механика и технология.-М. Техносфера, 2004.-407с.;
9. Костиков, В. И. Технология композиционных материалов : учебное пособие / В. И. Костиков, Ж. В. Еремеева. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 484 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617610> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0520-1. – Текст : электронный;
10. Оценка качества полимерных и композиционных материалов : учебное пособие : [16+] / Г. А. Кутырев, Л. Р. Галеева, С. С. Ахтямова, и др. ; Казанский национальный исследовательский технологический институт. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2019. – 140 с. : ил., табл., схем – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=683776> – Библиогр.: с. 123-124. – ISBN 978-5-7882-2698-9. – Текст : электронный;
11. Конструкционные и композиционные материалы : учебное пособие : [16+] / Д. А. Негров, Е. А. Рогачев, Г. С. Русских [и др.] ; Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2018. – 128 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?>

page=book&id=682120 – Библиогр.: с. 126. – ISBN 978-5-8149-2699-9. – Текст : электронный;

Дополнительная литература

1. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: Учебное пособие под ред А.А. Берлина -СПб: профессия, 2009.- 560с;
2. Лихачева, Л. Б. Композиционные материалы в машиностроении : практикум : [16+] / Л. Б. Лихачева, М. А. Акенченко ; науч. ред. В. Г. Егоров ; Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2020. – 65 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке.; – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612394> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-00032-498-1. – Текст : электронный.;
3. Технологические свойства полимерных материалов: учеб.-справ. пособие /В.К. Крыжановский, В.В. Бублов, А.Д.Паниматченко, Ю.В. Крыжановская - 2-е изд.,испр. и доп. - СПб:Профессия, 2007 - 240с.;
4. Справочник по композиционным материалам в кн. 2/ Под ред. Дж. Любина; пер. С англ. А.Б. Геллера и др. М.: Машиностроение,1988 - 448с.;
5. Композиционные материалы: справочник. /Под общ.ред. В.В.Васильева, Ю.М. Тарнопольского. - М.: Машиностроение, 1990. - 512с.;
6. Применение композиционных материалов в технике. композиционные материалы / Под ред. Л.Браутмана, Р.Крока. - М.: Машиностроение, 1978. - Т.3 - 508с.;
7. Углеродные волокна и углекомполиты: сб. Под ред. Э.Фитцера. _ М.: Мир,1988. - 336с.;
8. Малкин А.Я., Чалых А.Е. диффузия и вязкость полимеров. методы измерения - М.: Химия, 1979. - 237с.
9. Практикум по технологии переработки пластических масс / Под ред. В.М. Виноградова и Г.С.Головкина. - М.:Химия, 1980. - 242с.;
10. Головкин Г.С., Дмитриенко В.П. Научные основы производства изделий из термопластичных композиционных изделий - М.:РУСАКИ, 2005. - 472с.;
11. Бунаков В.А., Головкин Г.С., Машинская Г.П. и др. Армированные пластики - М.: Изд-во МАИ 1997 -404с.;
12. Головкин Г.С., Гончаренко В.А., Дмитриенко В.П. и др. Волоконная технология переработки термопластичных композиционных материалов - М.: Изд-во МАИ, 1993 - 232с.;
13. Феррично Т.Х. основные примеры выбора использования дисперсных наполнителей / Пер с англ. - М.:Химия, 1979. - 150с.;
14. Шалун Л.Г., Плоткин Г.Б. декоративные бумажно слоистые пластики - М.: Лесная промышленность, 1968. -200с.;

15. Наполненная термопласты. справочник В.А.Пахаренко, В.Г Зверлин, Е.М. Кириенко. - Киев:Техника, 1986. - 182с.;
16. Ю. А. Зыбин, Н.Н. Самосадский наполненные фторопласты. - Киев:Техника, 1965 -75с.;
17. Г.А. Сиренко, В.П. Свидерский,В.Д. Герасимов, В.З. Никонов. антифрикционные термостойкие полимеры - Киев: Техника, 1978 - 246с.;
18. Промышленные полимерные композиционные материалы / Под ред. М. Ричардсона; пер. С англ. - М. Химия 1980. - 472с.;
19. М.Ю. Кацисльон, П.А. Балаев полимерные материалы справочник - Л.:Химия,1982. - 317с.;
20. Армированные пластики / В.А. Бунаков, Г.С. Головкин, Г.П.Машинская и др./ Под ред. Г.С. Головкина, В.И.Семенова - М.:Изд-во МАИ, 1997. - 404с.;
21. Композиционные материалы: справочник /В.В. Васильев,В.Д. Протасов,В.В. Болотин и др.;Под общ. Ред. В.В Васильева, Ю.М. Торнопольского. - М.:Машиностроение, 1990 - 512с.;
22. Композиционные материалы: справочник / Л.Р. Вишняков, Т.В.Грудина, В.Х. Кадыров и др.;Под ред. Д.М. Карпиноса.-Киев:Наукова думка,1985.-592с.;
23. Машиностроения энциклопедия в 40 т. неметаллические конструкционные материалы. Т.11-4/Ю.В.Антипов, П.Г. Бабаевский, Ф.Я.Бородай и др.; Под ред. А.А.Кулькова.-М.:Машиностроение,2005.-464с.;
24. Монокристалльные волокна и армированные ими материалы: Пер. С англ. Б.Г. Арабея, Е.И.Гиваргазова и С.Т.Милейко / Под ред. А.Т. Туманова. - М.:Мир,1973.-464с.;
25. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. КН.1/Под ред. Дж.Любина; Пер с англ. А.Б. Геллера, М.М.Гельмонта; Под ред. Б.Э.Геллера.-М.:Машиностроение,1988.-488с.;
26. Углеродные волокна: Пер с япон./ Под ред. С.Симамуры.- М.:Мир,1987.-304с.;
27. Композиционные материалы. разрушение и усталость./Под ред. Л.Браутмана.-М.:Мир,1978.Т.5.-483с.;
28. Композиционные материалы. Справочник / под ред. В.В Васильева и Ю.М. Торнопольского.-М.:Машиностроение,1990.- 510с.;

Электронные учебно-методические комплексы

1. Бобарикин, Ю. Л. Технология получения и обработки композиционных материалов : электронный учебно-методический комплекс дисциплины / Ю. Л. Бобарикин ; кафедра "Металлургия и литейное производство". - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. - 1 папка + 1 электрон. опт. Диск, режим доступа: URL: <http://elib.gstu.by/handle/220612/2474>

Курсовая работа

Курсовая работа выполняется в шестом семестре параллельно с изучением дисциплины «Механика композиционных материалов». Выполнение курсовой работы предусмотрено в рамках 30 часов. Трудоёмкость – 1 зачётная единица (1 з.е.).

Цель курсовой работы – закрепление теоретических знаний и практических навыков расчётов и исследования свойств композиционных материалов, прогнозирования свойств материалов.

Курсовая работа по содержанию является учебно-исследовательской работой, при выполнении которой студенты приобретают навыки теоретических, исследовательских и экспериментальных работ, а также закрепляют знания по дисциплине.

Методика выполнения курсовой работы рассматривается на практических занятиях по курсовой работе согласно расписанию, а некоторые специальные вопросы курсовой работы рассматриваются в рамках дисциплины «Полимерные и композиционные материалы».

Основные этапы выполнения курсовой работы включают: выбор наполнителей для создания композиционного материала с заданными свойствами через литературно-патентный обзор, расчёт напряжённого и деформированного состояния композита в процессе прессования на специальной оснастке, изучение структуры композиционного материала, выбор и расчёт режима термической обработки композита, проведение испытаний композиционного материала. В графической части студенты отражают результаты расчётов, моделирования напряжённого и деформированного состояния, а также представляют режимы нагружения и термической обработки композиционного материала.

Характеристики (описание) инновационных подходов к преподаванию учебных дисциплин

Основными методами (технологиями) обучения в соответствии с целью, задачами дисциплины и направлениями развития современной системы образования является:

- элементы проблемного обучения (проблемная, вариативная изложение), реализуемое на лекционных занятиях;
- элементы интерактивного обучения, реализуемое на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемая на лабораторных занятиях и при управляемой самостоятельной работе;

При преподавании дисциплины в современных условиях является необходимым применение информационно-коммуникационных технологий. Лекционные занятия рекомендуется проводить с использованием компьютерных презентаций и информационной иллюстративной демонстрационных средств.

Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины должна использоваться такая форма самостоятельной работы, как выполнение индивидуальных заданий в аудитории на лабораторных занятиях под контролем преподавателя.

В процессе изучения дисциплины происходит развитие у обучающихся навыков работы с учебной и научной литературой, часть разделов дисциплины они могут изучать самостоятельно согласно списку литературы, указанному в данной программе. Вопросы для самостоятельного изучения включаются в перечень вопросов к экзамену.

Для организации самостоятельной работы студентов необходимо использовать современные информационные технологии: информационные ресурсы учебного портала или электронной библиотеки.

Эффективность самостоятельной работы студентов проверяется в ходе текущего контроля знаний в форме устного опроса по темам и разделам курса (модулям).

Средство диагностики и контроля качества усвоения знаний.

контроль знаний студентов осуществляется путем устного опроса при выполнении лабораторных работ и при приеме отчёта, устного опроса, письменного и устного опроса на экзамене.

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

1. самостоятельная работа в виде подготовки к защитам лабораторных работ с консультациями преподавателя;
2. подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
3. тестирование;
4. подготовка к сдаче экзамена.

Контроль самостоятельной работы студентов и оценка ее результатов организуется как единство двух форм: самоконтроль и самооценка, а также контроль и оценка со стороны преподавателя. Самостоятельную работу студентов можно разделить на обязательную и дополнительную. Обязательная самостоятельная работа обеспечивает подготовку студента к текущим аудиторным занятиям. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях, тестовых заданиях и других форм текущего контроля. Баллы, полученные студентом по результатам аудиторной работы, формируют рейтинговую оценку текущей успеваемости студента по дисциплине.

Дополнительная самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие аналитических навыков по проблематике учебной дисциплины.

Подведение итогов и оценка результатов таких форм самостоятельной работы осуществляется во время консультативных часов с преподавателем. Баллы, полученные по этим видам работы, формируют оценку по дополнительной самостоятельной работе студента и учитываются при итоговой аттестации по курсу.

Требования к обучающимся при прохождении текущей аттестации

Обучающиеся допускаются к сдаче экзамена (зачёта) по учебной дисциплине при условии выполнения всех видов работ, предусмотренных настоящей Учебной программой. При прохождении текущей аттестации обучающимся запрещается пользоваться учебными изданиями, записями, конспектами, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

Диагностика компетентности студента

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

1. Выступление студента на конференции по подготовленному реферату или по результатам законченной научно-исследовательской работы;
2. Проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам;
3. Защита выполненных на лабораторных работах индивидуальных заданий;
4. Компьютерное тестирование знаний студента;
5. Сдача экзамена по десятибалльной шкале.

Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний студента в баллах по десятибалльной шкале применяются критерии оценки результатов деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. №09-10/53-ПО).

Примерный перечень лабораторных занятий

- 1 Определение параметров степенного закона течения полимерных расплавов;
- 2 Определение параметров вязкоупругости;
- 3 Изучение структуры композиционных материалов;
- 4 Проверка методов прогнозирования постоянных упругости однонаправленных волокнистых композитов;
- 5 Проверка методов прогнозирования постоянных упругости слоистых композитов;
- 6 Исследование теплофизических свойств композитов;
- 7 Исследование прочности волокнистой системы;
- 8 Исследование прочности волокнистых композитов;
- 9 Исследование прочности хаотически армированных материалов;
- 10 Исследование течения термопластичных композиций;

Примерный перечень практических занятий

- 1 Векторы и тензоры
- 2 Напряжения
- 3 Деформации при плоском напряженном состоянии
- 4 Постоянные упругости ортотропного материала
- 5 Осесимметричные задачи теории упругости
- 6 Течение нелинейно-вязкой жидкости
- 7 Моделирование структуры волокнистых композитов
- 8 Постоянные упругости однонаправленного волокнистого композита
- 9 Постоянные упругости слоистых композитов
- 10 Постоянные упругости композитов с тканым наполнителем
- 11 Постоянные упругости материалов, наполненных частицами
- 12 Теплофизические свойства композитов
- 13 Прочность волокон и волокнистой системы
- 14 Прочность однонаправленно армированного композита
- 15 Прочность слоистого ортотропного и хаотически армированного
- 16 материалов
- 17 Проницаемость волокнистого слоя
- 18 Вязкость композиций

Вопросы для самостоятельной работы студента:

- 1 Зависимость между компонентами вектора при повороте системы координат;
- 2 Законы преобразования тензоров;
- 3 Символы Кронекера;
- 4 Симметрия тензоров и матриц;
- 5 Главные значения и главные направления симметричных тензоров второго ранга;
- 6 Оператор Гамильтона;
- 7 Напряженное состояние сплошной среды;
- 8 Напряженное состояние в точке;
- 9 Тензор напряжений;
- 10 Связь между тензором напряжений и вектором напряжений на произвольной наклонной площадке;
- 11 Уравнения равновесия;
- 12 Законы преобразования напряжений;
- 13 Главные напряжения;
- 14 Инварианты тензора напряжений;
- 15 Максимальное и минимальное касательные напряжения;
- 16 Октаэдрические напряжения;
- 17 Девиатор и шаровой тензор напряжений
- 18 Вектор перемещения;
- 19 Тензор деформаций;
- 20 Связь между тензором деформаций и вектором перемещений;
- 21 Главные деформации;
- 22 Инварианты деформаций;
- 23 Шаровой тензор и девиатор деформаций;
- 24 Уравнение совместности деформаций;
- 25 Обобщенный закон Гука;
- 26 Тензоры модулей упругости и упругих податливостей;
- 27 Матрица коэффициентов жесткости и коэффициентов податливости для анизотропных и изотропных сред;
- 28 Связь между компонентами тензоров и техническими постоянными, определяемыми экспериментально;
- 29 Преобразование тензоров модулей упругости и упругих податливостей при повороте осей координат;
- 30 Постановка статических и динамических задач теории упругости;
- 31 Простейшие случаи напряженного и деформированного состояния;
- 32 Особенности поведения композитов, обусловленные анизотропией;
- 33 Плоская задача теории упругости;
- 34 Плоская задача теории упругости в полярных и цилиндрических координатах;
- 35 Осесимметричные задачи в цилиндрических координатах;
- 36 Вязкоупругие деформации;

- 37 Использование механических моделей для описания вязкоупругости;
- 38 Ползучесть и релаксация напряжений;
- 39 Определение параметров вязкоупругости;
- 40 Линейная теория вязкоупругости;
- 41 Механика вязкой жидкости;
- 42 Ньютоновские и неньютоновские жидкости;
- 43 Показатели вязких свойств;
- 44 Теоретические основы оценки показателей вязких свойств;
- 45 Микро- и макроструктура композитов;
- 46 Характеристики состава, размеров и формы элементов, их пространственной ориентации;
- 47 Типы структуры композиционных материалов;
- 48 Жесткость композиционных материалов;
- 49 Схемы Фойгта и Ройсса. Метод осреднения. Сеточная модель;
- 50 Однонаправленно армированные композиты;
- 51 Постоянные упругости волокнистых композиционных материалов однонаправленной структуры;
- 52 Слоистые композиты;
- 53 Постоянные упругости слоистых композиционных материалов. Влияние ориентации слоев и сдвигов;
- 54 Композиты с тканым наполнителем;
- 55 Постоянные упругости композиционных материалов на основе тканых наполнителей. Влияние структуры ткани;
- 56 Материалы, наполненные частицами;
- 57 Постоянные упругости композиционных материалов, наполненных частицами;
- 58 Влияние анизотропии и неоднородности компонентов. Пористость;
- 59 Теплофизические свойства композиционных материалов;
- 60 Температурные коэффициенты линейного расширения и усадка композиционных материалов;
- 61 Напряжения в элементах структуры;
- 62 Напряжения и деформации на микро- и макроуровнях;
- 63 Эффективная длина волокон;
- 64 Прочность компонентов композиционных материалов;
- 65 Распределение прочности волокон. Закон Вейбулла;
- 66 Кинетика разрушения и прочность волокнистой системы. Масштабный эффект;
- 67 Прочность однонаправленного композиционного материала;
- 68 Особенности разрушения однонаправленного волокнистого композита;
- 69 Микроповреждения композиционных материалов;
- 70 Накопление повреждений. Кинетика разрушения;
- 71 Влияние свойств компонентов и структуры композита на микроповреждения;

- 72 Прочность при сложном напряженном состоянии;
- 73 Предельные поверхности прочности анизотропных композиционных материалов;
- 74 Оценка прочности при плоском напряженном состоянии;
- 75 Прочность слоистых композиционных материалов;
- 76 Прочность композиционных материалов, хаотически армированных волокнами;
- 77 Влияние на прочность композитов условий нагружения;
- 78 Условие равновесия тел с повреждениями;
- 79 Статическая прочность. Закон суммирования повреждений;
- 80 Периодическое нагружение. Усталостная прочность. Показатели долговечности;
- 81 Динамическое нагружение композиционных материалов. Распространение волн;
- 82 Модель Гриффитса. Коэффициенты вязкости разрушения;
- 83 Влияние напряженного состояния на разрушение композитов;
- 84 Зависимость разрушения композитов от структуры композиционных материалов;
- 85 Реологические свойства композиционных материалов;
- 86 Проницаемость волокон для связующих в вязком состоянии;
- 87 Модель Кармана-Козени. Коэффициенты проницаемости;
- 88 Влияние структуры и свойств матрицы на проницаемость;
- 89 Вязкие свойства композиционных материалов;
- 90 Вязкие свойства препрегов. Законы течения.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложение об изменениях в содержании учебной программы УО по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Полимерные и композиционные материалы	МиТОМ	нет	

Зав. кафедрой МиТОМ

Ю.Л.Бобаркин