

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по  
УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

«21»\_февраля\_ 2023 года

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.17**

Прикладная механика

Учебный план: 2023-2024 18.03.01 ИПХиЭ НКИБ ОЗО №1-2-93.plx

Кафедра: **41** Инженерного материаловедения и метрологии

Направление подготовки:  
(специальность) 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки: Наноинженерия, композиты и биоматериалы  
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очно-заочная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Лаб. занятия				
3	УП	17	17	73,75	0,25	3	Зачет
	РПД	17	17	73,75	0,25	3	
4	УП	17	17	73,75	0,25	3	Курсовая работа, Зачет
	РПД	17	17	73,75	0,25	3	
Итого	УП	34	34	147,5	0,5	6	
	РПД	34	34	147,5	0,5	6	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922

Составитель (и):

доктор технических наук, Профессор

\_\_\_\_\_

Цобкалло Екатерина  
Сергеевна

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой инженерного материаловедения  
и метрологии

\_\_\_\_\_

Цобкалло Екатерина  
Сергеевна

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Лысенко Александр  
Александрович

Методический отдел:

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области анализа и расчета элементов

конструкций, позволяющих проектировать надежные, эффективные и экономичные изделия.

**1.2 Задачи дисциплины:**

Объяснить основные законы и принципы механики материалов и конструкций, теоретические основы инженерных методов расчета типовых элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;

Рассмотреть особенности поведения материалов и конструкций при различных силовых воздействиях и обосновать теоретические положения механики деформирования;

Рассмотреть методы стандартных испытаний по определению механических свойств материалов;

Раскрыть принципы анализа и расчета, гарантирующих с заданным коэффициентом запаса на прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкции при максимально возможной экономии материала;

Раскрыть принципы подбора геометрии конструкций с учетом обеспечения их механической надежности.

**1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Физика

Математика

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности**

**Знать:** основные законы механики материалов и конструкций; подходы к проектированию надёжных технологических конструкций на основе анализа механических воздействий на элементы.

**Уметь:** проводить теоретические и экспериментальные исследования механических свойств материалов и конструкций по стандартным и нестандартным методикам; пользоваться методами и законами механики для анализа и моделирования технологических процессов, свойств материалов и характеристик выпускаемой продукции.

**Владеть:** методами определения целей и задач в экспериментальных исследованиях механических свойств материалов; методами моделирования надёжной работы конструкций при их механическом нагружении; методами проведения механических свойств материалов.

## 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Механическая надежность элементов конструкций. Деформации и напряжения.	3					О,Т
Тема 1. Виды напряжённо-деформированных состояний. Нагрузки, напряжения и деформации материалов и конструкций. Лабораторная работа. Прочность металлов. Определение разрывных характеристик.		2	2	6,25	ИЛ	
Тема 2. Растяжение и сжатие. Внешние силовые факторы. Условия равновесия. Внутренние силовые факторы. Деформации при растяжении. Лабораторная работа. Условие прочности. Определение допустимых значений напряжения на основе диаграмм растяжения.		2	2	9,5	ИЛ	
Тема 3. Закон Гука. Подбор рациональных размеров элементов конструкций на основе условия прочности и жёсткости, проверка прочности элементов конструкций. Лабораторная работа. Определение модуля упругости металлов при растяжении. Проверка справедливости закона Гука.		1	2	9,25	ИЛ	

Тема 4. Сдвиг. Кручение. Касательные напряжения. Условие прочности при кручении. Деформации при кручении. Условие жесткости. Лабораторная работа. Определение модуля сдвига металлов. Проверка справедливости закона Гука при	2	2	8,75	ИЛ	О,Т
Тема 5. Изгиб. Напряжения при изгибе. Условие прочности, и подбор рациональных размеров конструкций при изгибе. Лабораторная работа. Напряжения при изгибе. Определение опасных сечений.	4	2	7	ИЛ	
Раздел 2. Особенности механических свойств полимерных материалов					
Тема 6. Отличие деформационных свойств низкомолекулярных и высокомолекулярных материалов. Компоненты деформации. Лабораторная работа. Деформация полимеров. Определение компонентов деформации полимерных материалов.	2	2	10	ИЛ	
Тема 7. Механические свойства неориентированных и ориентированных полимеров. Лабораторная работа. Определение характеристик механических свойств неориентированных и ориентированных полимеров.	2	3	11	ИЛ	

Тема 8. Механическое поведение полимерных материалов в различных физических состояниях. Лабораторная работа. Определение механических свойств полимерных материалов при различных температурах.	2	2	12	ИЛ	О,Л,Т
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	17	73,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)	0,25				
Раздел 3. Взаимосвязь строения полимерных материалов с характеристиками механических свойств.					О,Л,Т
Тема 9. Структурные механизмы деформирования полимерных материалов.	2		7,25	ИЛ	
Тема 10. Деформационные свойства волокон. Взаимосвязь деформационных свойств с жёсткостью полимерных цепей. Лабораторная работа. Взаимосвязь деформационных свойств с жёсткостью полимерных цепей.	2	4	8	ИЛ	
Тема 11. Прочность и долговечность полимеров. Взаимосвязь строения с прочностными свойствами ориентированных структур полимеров.	1		8	ИЛ	
Тема 12. Взаимосвязь строения биополимеров с их механическими свойствами. Лабораторная работа. Определение характеристик механических свойств коллагеновых структур.	2	2	8,25	ИЛ	
Раздел 4. Механические свойства композиционных материалов.					

Тема 13. Структуры и компоненты полимерных композиционных материалов. Виды армирования.	2	2	8	ИЛ	
Тема 14. Характеристики механических свойств композиционных материалов с позиции их упругого поведения.	2	2	8	ИЛ	
Тема 15. Адгезионная прочность и влияние адгезионного взаимодействия на механические свойства композиционных материалов. Лабораторная работа. Определение адгезионной прочности.	2	2	8	ИЛ	
Тема 16. Армирующие нити и волокна, структура механические свойства, применение. Лабораторная работа. Определение характеристик механических свойств армирующих нитей.	2	2	9	ИЛ	
Тема 17. Армирующие полотна. Композиты на основе наполнителей в виде полотен. Лабораторная работа. Определение механических свойств текстильных полотен. Лабораторная работа. Механические свойства композиционных материалов.	2	3	9,25	ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	17	73,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Курсовая работа, Зачет)	0,25				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	68,5		147,5		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта):** Сформировать у обучающихся навыки исследования механических свойств материалов, производить расчет нагрузок на элементы конструкций, научить грамотно подбирать материалы для создания надежных конструкций.

**4.2 Тематика курсовой работы (проекта):** Тематика курсовой работы (проекта) направлена на исследование механических свойств материалов, а также на овладение навыками и умениями, позволяющими обучающимся успешно применять материалы для создания изделий из композитов - "Определение и расчет характеристик механических свойств различных материалов.

**4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):**

Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы

Курсовая работа выполняется обучающимися индивидуально.

Результаты представляются в виде пояснительной записки, содержащей следующие обязательные элементы:

Задание на курсовую работу

Введение

Литературный обзор

Экспериментальная часть

Расчеты

Теоретическая проработка полученных результатов на основе сбора и систематизации научно-технической информации об объекте исследования

Заключение, выводы

Список использованных источников

Пояснительная записка должна быть оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2001

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
-----------------	--	----------------------------------

ОПК-2	<p>Дает четкие формулировки основных законов механики, различает и анализирует виды напряженно-деформированных состояний нагруженных изделий и конструкций</p> <p>Определяет характеристики механических свойств материалов и конструкций по стандартным и нестандартным методикам. Анализирует свойства материалов и характеристик исследуемых материалов</p> <p>Пользуется методами исследований механических свойств и структуры материалов</p>	<p>Вопросы устного собеседования</p> <p>Практико-ориентированные задания</p> <p>Курсовая работа</p>
-------	--	---

### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	<p>Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу.</p>	<p>Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Все расчеты выполнены правильно и грамотно оформлены. Работа представлена в требуемые сроки</p>
4 (хорошо)	<p>Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но стандартный. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки</p>	<p>Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки в расчетах. Могут иметь место несущественные отступления от правил оформления работы или нарушены сроки предоставления работы к защите. При этом даны полные и исчерпывающие ответы на поставленные</p>

		<p>вопросы, что показывает подготовленность обучающегося.</p>
3 (удовлетворительно)	<p>только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали. Присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях по некоторым темам.</p>	<p>Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, либо качество представления работы низкое. При этом нарушены правила оформления или сроки представления работы. В ответах на вопросы наблюдаются неточности и принципиальные затруднения.</p>
2 (неудовлетворительно)	<p>Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки.</p>	<p>Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Содержание работы полностью не соответствует заданию. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.</p>
Зачтено	<p>Даёт полный ответ, демонстрирующий понимание предмета в оцениваемой области. Ответ основан на проработке всех обязательных источников информации.</p>	
Не зачтено	<p>Ответ не верный. Слабое понимание материала. Наличие существенных ошибок в большом количестве.</p>	

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 3	
1	Наука о механической надежности материалов.
2	Виды деформации. Растяжение-сжатие, кручение, изгиб.
3	Внешние и внутренние силовые факторы при растяжении-сжатии. Нормальные и касательные усилия. Метод сечений.
4	Построение эпюр внутренних силовых факторов при растяжении-сжатии. Примеры.
5	Деформации при растяжении-сжатии. Закон Гука при растяжении-сжатии. Понятие модуля Юнга.
6	Диаграмма растяжения. Определение основных механических характеристик материала из диаграммы растяжения.
7	Условие прочности при растяжении-сжатии. Понятие опасных сечений. Подбор сечения при растяжении-сжатии. Примеры.
8	Линейное, плоское и объёмное напряжённые состояния.
9	Сдвиг. Напряжения и деформации при сдвиге.
10	Внешние и внутренние силовые факторы при кручении.
11	Построение эпюр внутренних крутящих моментов. Примеры. Понятие опасного сечения вала при кручении.
12	Деформации при кручении. Закон Гука при кручении.
13	Касательные напряжения при кручении. Условие прочности. Подбор сечения вала из условия прочности при кручении.
14	Различные виды изгиба: пространственный, косой, плоско-параллельный.
15	Внешние и внутренние силовые факторы при изгибе. Типы опор. Силы реакции опор. Примеры.
16	Построение эпюр Q и M.
17	Нормальные и касательные напряжения при изгибе.
18	Условие прочности при изгибе. Понятие опасных сечений. Подбор сечения при изгибе.
19	Деформационные свойства низкомолекулярных материалов
20	Деформационные свойства высокомолекулярных полимеров.
21	Компоненты деформации.

22	Механические свойства неориентированных полимеров.
23	Механические свойства ориентированных полимеров.
24	Характеристики механических свойств полимеров в высокоэластическом, стеклообразном и вязко-текучем состояниях.
Семестр 4	
25	Структурные механизмы деформирования полимерных материалов.
26	Фибриллярная структура ориентированных полимеров. Взаимосвязь особенностей фибриллярного строения с прочностными и деформационными свойствами.
27	Механические свойства волокон, полученных на основе полимеров из гибкоцепных, среднежесткоцепных и жесткоцепных полимеров.
28	Прочность и долговечность полимерных материалов. Кинетическая концепция прочности.
29	Взаимосвязь строения с прочностными свойствами ориентированных структур полимеров.
30	Релаксационные явления в полимерах.
31	Взаимосвязь строения биополимеров с их механическими свойствами.
32	Определение понятия композиционных материалов (КМ). Структуры и компоненты полимерных композиционных материалов. Виды армирования.
33	Классификация КМ по типу матрицы и типу наполнителя. Особенности полимерных КМ
34	Характеристики механических свойств композиционных материалов с позиции их упругого поведения.
35	Адгезионная прочность и влияние адгезионного взаимодействия на механические свойства композиционных материалов.
36	Способы определения адгезионной прочности при исследовании КМ различных структур.
37	Пути улучшения адгезионного взаимодействия в КМ.
38	Армирующие нити и волокна, структура механические свойства, применение.
39	Армирующие полотна. Композиты на основе наполнителей в виде полотен.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Представлены в Приложении 1

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Курсовая работа

### 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

#### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

#### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

#### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Тестирование проходит на бумажном носителе после завершения каждого учебного модуля. Время зачёта проводится устное собеседование совместно с защитой курсовой работы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Селиванов, Ю. Т.	Прикладная механика	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/85941.html">http://www.iprbookshop.ru/85941.html</a>
Зиомковский, В. М., Троицкий, И. В.	Прикладная механика	Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ	2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/68280.html">http://www.iprbookshop.ru/68280.html</a>

Алышев, А. С., Кривошеев, А. Г., Малых, К. С., Мельников, В. Г., Мельников, Г. И.	Прикладная механика	Санкт-Петербург: Университет ИТМО	2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/68688.html">http://www.iprbookshop.ru/68688.html</a>
---	---------------------	--------------------------------------	------	---

<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Цобкалло Е. С., Москалюк О. А., Юдин В. Е.	Механика полимерных композиционных материалов Ч.2. Матрицы и композиционные материалы на их основе	СПб.: СПбГУПТД	2016	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3176">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3176</a>
Цобкалло Е. С.	Механика полимерных композиционных материалов	СПб.: СПбГУПТД	2013	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1463">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1463</a>
Цобкалло Е. С., Москалюк О. А.	Механика полимерных композиционных материалов. Ч.1. Типы и свойства наполнителей	СПб.: СПбГУПТД	2015	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2662">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2662</a>

### 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Электронная библиотека учебных изданий СПбГУПТД (<http://publish.sutd.ru>)
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks[Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>

### 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Windows

Microsoft Office Standart Russian Open No Level Academic

### 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Научно-исследовательская лаборатория Механики ориентированных полимеров кафедры ИМиМ.

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска

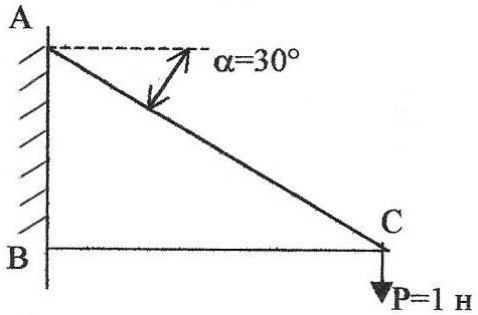


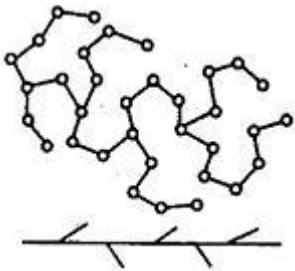
## Приложение

рабочей программы дисциплины Прикладная механика  
по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология

наименование ОП (профиля): Наноинженерия, композиты и биоматериалы

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

№ п/п	Формулировки тестовых заданий
Семестр 3	
1	<p>Тема 1.</p> <p>Свойство материала сопротивляться разрушению называется ...</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 прочностью</li> <li>2 упругостью</li> <li>3 жесткостью</li> <li>4 твердостью</li> <li>5 пластичностью</li> </ol>
2	<p>Тема 2.</p> <p>Определите <math>N_{AC}</math> :</p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1 0</li> <li>2 1</li> <li>3 4</li> <li>4 2</li> <li>5 3</li> </ol>
3	<p>Тема 3.</p> <p>Найдите форму записи закона Гука</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 <math>\varepsilon = \frac{P}{E}</math></li> <li>2 <math>\frac{N}{l} = \varepsilon</math></li> <li>3 <math>\sigma = \frac{N}{E}</math></li> <li>4 <math>\sigma = \varepsilon N</math></li> <li>5 <math>\varepsilon = \frac{\sigma}{E}</math></li> </ol>
4	<p>Тема 4.</p> <p>Деформация кручения - такой вид нагружено-деформированного состояния, при котором ...</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 нагрузка прикладывается параллельно основанию тела</li> <li>2 линия действия сил, приложенных к стержню, совпадает с его продольной осью x</li> <li>3 деформирование вала создается в результате приложения пар сил в плоскостях, нормальных к его оси</li> <li>4 пары сил располагаются в плоскости продольной оси стержня</li> <li>5 на конструкцию действует распределенная нагрузка</li> </ol>
5	<p>Тема 5.</p> <p>Укажите символ, обозначающий изгибающий момент</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 <math>Q_x</math></li> <li>2 <math>E</math></li> <li>3 <math>M_x</math></li> </ol>

	<p>4 <math>\sigma</math></p> <p>5 <math>\mu</math></p>
6	<p>Тема 6.</p> <p>Полимеры, макромолекулы которых имеют форму, показанную на приведенном рисунке, называются ...</p>  <p>1 разветвленными 2 линейными 3 сетчатыми 4 лестничными</p>
7	<p>Тема 7.</p> <p>Полимерные материалы не обладают следующими механическими свойствами:</p> <p>1 ползучестью 2 ударной вязкостью 3 релаксацией напряжений 4 совершенной упругостью</p>
8	<p>Тема 8.</p> <p>Пространственные полимеры с большим числом поперечных связей отличаются от полимеров линейной структуры ...</p> <p>1 более высокой прочностью, неспособностью растворяться в растворителях 2 пониженной твердостью, способностью к переходу в вязкотекучее состояние при нагревании 3 меньшей прочностью, пониженной теплостойкостью 4 способностью набухать и растворяться в растворителях, большей эластичностью</p>
Семестр 4	
9	<p>Тема 10.</p> <p>Какие из предложенных полимеров относятся к жесткоцепным:</p> <p>1 полипропилен 2 полиамид 3 арамид 4 полистирол</p>
10	<p>Тема 13.</p> <p>При классификации композиционных материалов отсутствует следующий подход:</p> <p>1 по типу матрицы 2 по форме матрицы 3 по природе наполнителя 4 по форме наполнителя</p>
11	<p>Тема 14.</p> <p>Какие из перечисленных полимерных матриц позволяют создавать наиболее термостойкие композиционные материалы?</p> <p>1 полиэтиленовые 2 полипропиленовые 3 кремнийорганические 4 эпоксидные</p>
12	<p>Тема 15.</p> <p>К каким методам улучшения адгезионного взаимодействия относится аппретирование?</p> <p>1 к термодинамическим 2 к физическим 3 к химическим 4 к механическим</p>
13	<p>Тема 16.</p> <p>Наиболее высокой прочностью обладают:</p> <p>1 стеклопластики 2 углепластики</p>

	3 дисперсно-наполненные композиционные материалы 4 армированные хлопковыми полотнами
14	Тема 17. В каких случаях целесообразно использовать в качестве армирующего компонента трикотажные полотна? 1 для изготовления конструкций сложной формы 2 для изготовления прочных конструкций 3 для изготовления теплостойких конструкций 4 для изготовления ударопрочных конструкций