

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

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор
ГГТУ им. П.О.Сухого

_____ О.Д. Асенчик
(подпись) (И.О.Фамилия)
_____ 07.07. 2020

Регистрационный № – 32 – 43 /уч.

МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ АДДИТИВНОГО СИНТЕЗА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:
1-36 07 02 Производство изделий на основе трехмерных технологий

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-36 07 02-2019; учебных планов первой ступени высшего образования по специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»: I 36-1-04/уч. от 06.02.2019 г. и I 36-1-15/уч. от 06.02.2019 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

И.И. Суторьма, доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», к.т.н., доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.А. Довгяло, заведующий кафедрой «Транспортно-технологические машины и оборудование» Белорусского государственного университета транспорта, д.т.н., профессор.

Г.В. Петришин, декан машиностроительного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», к.т.н., доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Сельскохозяйственные машины» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого» (протокол № 8 от « 24 » марта 2020 г.);

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

(протокол № 5 от « 06 » мая 2020 г.);

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

(протокол № 5 от 25.06.2020 г.).

Регистрационный номер МТФ УД 072-2/уч.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Механика материалов аддитивного синтеза» относится к государственному компоненту цикла специальных дисциплин специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий».

Цель дисциплины – ознакомление студентов с основными понятиями, законами и методами механики материалов аддитивного синтеза, с особенностями их структуры и механического поведения при формообразовании и эксплуатации изделий.

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов теоретической базы расчета изделий и процессов формообразования;
- ознакомление с методами управления структурой и свойствами материалов аддитивного синтеза в изделиях;
- изложение теоретических основ эффективного использования материалов аддитивного синтеза в конкретных условиях эксплуатации.

В результате изучения дисциплины студенты должны приобрести базовую профессиональную компетенцию (БПК-12): знать законы и методы механики материалов аддитивного синтеза, особенности структуры и механического поведения материалов аддитивного синтеза при формообразовании и эксплуатации изделий.

А также развить и закрепить ряд профессиональных компетенций:

- Проводить научные исследования и разработки с использованием современных информационных технологий.
- Анализировать и объективно оценивать достижения науки в области современных материалов, разработки, производства и применения (эксплуатации) изделий, перспективы и направления развития.
- Организовывать и проводить экспериментальные исследования в области изучения материалов, изделий, технологических процессов и элементов технологического оборудования по профилю специальности, анализировать и обрабатывать результаты исследований.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- методы изучения и математического описания структуры материалов в изделиях;
- методы прогнозирования свойств материалов в конечном изделии по заданным характеристикам структуры и свойствам материалов с учетом влияния технологических особенностей производства;
- закономерности влияния структуры на свойства материалов в изделиях;
- особенности поведения материалов, обусловленные неоднородностью и анизотропией структуры материала;

уметь:

- определять характеристики структуры и свойств материалов аддитивного синтеза;
- прогнозировать показатели упругих, реологических, прочностных и

теплофизических свойств материалов в конечных изделиях по заданным исходным свойствам, параметрам структуры материала, режимов производства;

– оценивать влияние исходных свойств материалов и конечной структуры в изделии на процесс формообразования изделий и поведение изделий в различных условиях эксплуатации;

владеть:

– методами прогнозирования свойств материалов в конечных изделиях;
– способами управления структурой и эксплуатационными свойствами материалов изделиях;

– методами экспериментального определения свойств материалов и их анализа.

Дисциплина «Механика материалов аддитивного синтеза» базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных студентами при изучении дисциплины «Механика материалов и конструкций». Также при изучении дисциплины «Механика материалов аддитивного синтеза» согласно учебному плану специальности студенты должны иметь сведения о компонентах, их свойствах и технологии получения таких материалов, включаемые в курсы «Основы материаловедения и структурообразования» и «Физикохимия органических и неорганических материалов».

Знание дисциплины необходимо при изучении специальных дисциплин «Конструирование и расчет изделий» и «Аддитивные технологии в производстве».

Форма получения высшего образования: дневная.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Механика материалов аддитивного синтеза» в соответствии с учебными планами по специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» для всех форм получения высшего образования составляет 256 часов. Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам.

	Дневная форма
Курс	3
Семестр	5,6
Лекции (часов)	68
Практические занятия (часов)	34
Лабораторные работы (часов)	34
Всего аудиторных (часов)	136
Формы текущей аттестации по учебной дисциплине	
Экзамен, семестр	6
Зачет, семестр	5
Курсовая работа, семестр	6

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Напряженное и деформированное состояние.

Тема 1. Предмет и задачи изучения дисциплины.

Связь с другими дисциплинами специальности. Значение для прогнозирования свойств материалов аддитивного синтеза и расчета изделий, проектирования технологических процессов их изготовления.

Тема 2. Векторы и тензоры.

Векторы. Зависимость между компонентами вектора при повороте координат. Тензоры. Законы преобразования тензоров. Символы Кронекера. Сложение тензоров. Умножение тензора на скаляр. Умножение тензоров. Матричные представления тензоров. Симметрия тензоров и матриц. Главные значения и главные направления симметричных тензоров второго ранга. Оператор Гамильтона. Тензорные поля. Дифференцирование тензоров.

Тема 3. Тензор напряжений.

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

Тема 4. Тензор деформаций.

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

Тема 5. Обобщенный закон Гука.

Изотропные и анизотропные среды. Тензоры модулей упругости и упругих податливостей. Симметрия упругих свойств. Матрица коэффициентов жесткости и коэффициентов податливости для анизотропных (ортотропных, трансверсальноизотропных) и изотропных сред. Связь между компонентами тензоров и элементами матрицы, задающих постоянные упругости и техническими постоянными, определяемыми экспериментально. Преобразование тензоров модулей упругости и упругих податливостей при повороте осей координат.

Тема 6. Задачи теории упругости.

Постановка статических и динамических задач теории упругости. Система уравнений. Граничные условия. Простейшие случаи напряженного и деформированного состояния. Особенности поведения материалов аддитивного

синтеза, обусловленные анизотропией.

Плоская задача теории упругости. Функция напряжений. Плоская задача теории упругости в полярных и цилиндрических координатах.

Осесимметричные задачи в цилиндрических координатах. Напряженное состояние анизотропной трубы, нагруженной внутренним и внешним давлением.

Тема 7. Вязкоупругие деформации.

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

Тема 8. Вязкое течение.

Механика вязкой жидкости. Напряжения. Физические уравнения. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Показатели вязких свойств. Течение неньютоновской жидкости в цилиндрическом канале, в плоской щели и при сжатии между плоскопараллельными пластинами. Теоретические основы оценки показателей вязких свойств.

Раздел 2. Структура материалов аддитивного синтеза.

Тема 9. Характеристики структуры.

Микро- и макроструктура материалов. Характеристики состава, размеров и формы элементов, их пространственной ориентации. Статистическое описание.

Тема 10. Модели структуры.

Типы структуры материалов аддитивного синтеза. Простейшие (регулярные), статистические и компьютерные модели структуры.

Раздел 3. Жесткость материалов аддитивного синтеза

Тема 11. Задачи и методы прогнозирования.

Прогнозирование постоянной упругости анизотропных материалов. Основные гипотезы и методы. Схемы Фойгта и Ройсса. Сеточная модель. Метод осреднения.

Тема 12. Однонаправленно армированные материалы.

Постоянные упругости волокнистых материалов однонаправленной структуры.

Тема 13. Слоистые материалы.

Постоянные упругости слоистых материалов. Влияние и учет при прогнозировании ориентации слоев и межслойных сдвигов.

Тема 14. Материалы, наполненные частицами.

Постоянные упругости материалов, наполненных частицами. Влияние анизотропии и неоднородности компонентов. Учет пористости.

Тема 15. Спеченные материалы.

Упругие свойства спеченных материалов.

Тема 16. Теплофизические характеристики.

Теплофизические свойства материалов аддитивного синтеза. Температурные коэффициенты линейного расширения и усадка. Зависимость от структуры.

Раздел 4. Механика разрушения и прочность материалов аддитивного синтеза.

Тема 17. Напряжения в элементах структуры.

Напряжения и деформации на микро- и макроуровнях. Напряжения в элементах структуры.

Тема 18. Прочность однонаправленно армированного материала.

Особенности разрушения. Прогнозирование прочности.

Тема 19. Прочность при сложном напряженном состоянии.

Предельные поверхности прочности анизотропных материалов. Методы построения. Оценка прочности при плоском напряженном состоянии.

Тема 20. Прочность слоистых и армированных материалов.

Прочность слоистых материалов. Влияние структуры. Методы оценки.
Прочность материалов, хаотически армированных частицами.

Тема 21. Прочность спеченных материалов.

Прочностные характеристики спеченных материалов. Влияние пористости на пластичность. Вязкость разрушения спеченных материалов. Микромеханизмы разрушения спеченных материалов. Деформационное упрочнение спеченных материалов.

Тема 22. Влияние на прочность условий нагружения.

Влияние на прочность условий нагружения и внешних факторов. Длительная статическая прочность. Закон суммирования повреждений. Периодическое нагружение. Усталостная прочность. Прогнозирование показателей долговечности. Поведение материалов при динамическом нагружении. Удар. Распространение волн. Влияние структуры.

Тема 23. Равновесие тел с трещинами.

Модель Гриффитса. Коэффициенты вязкости разрушения. Влияние напряженного состояния. Методы определения. Зависимость от структуры.

Раздел 5. Механика ячеистых структур.

Тема 24. Параметры элемента ячеистой структуры.
Конфигурация элементов и их параметры.

Тема 25. Механические характеристики ячеистых структур.
Приведенные механические характеристики, несущая способность, устойчивость.

Тема 26. Заключение.
Проблемы, актуальные задачи и пути развития механики материалов аддитивного синтеза.

Библиотека ГГТУ им. П.О.Семюгова

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темат.	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции/семестр	Практические занятия/ семестр	Лабораторные занятия/ семестр	Иное		
ВСЕГО		68	34	34			
5 семестр		34	17	17			
1.	Предмет и задачи изучения дисциплины.	1	-	-			
2.	Векторы и тензоры.	3	2	-			
3.	Тензор напряжений.	2	2	-			
4.	Тензор деформаций.	2	2	-			
5.	Обобщенный закон Гука.	6	2	-			
6.	Задачи теории упругости.	6	2	-			
7.	Вязкоупругие деформации.	2	2	4			
8.	Вязкое течение.	4	2	4			
9.	Характеристики структуры.	2	2	4			
10.	Модели структуры.	4	1	5			
11.	Задачи и методы прогнозирования.	2	-	-			
6 семестр		34	17	17			
12.	Однонаправлено-армированные материалы.	2	-	-			Защита лабораторных и практических работ, зачет, экзамен, тесты
13.	Слоистые материалы	2	2	-			
14.	Материалы, наполненные частицами.	2	2	-			
15.	Спеченные материалы.	2	2	-			
16.	Теплофизические характеристики.	2	-	4			
17.	Напряжения в элементах структуры.	2	2	-			
18.	Прочность однонаправленно-армированного материала.	2	-	4			
19.	Прочность при сложном напряженном состоянии.	2	2	-			
20.	Прочность слоистых и армированных материалов.	2	2	-			
21.	Прочность спеченных материалов.	4	-	4			
22.	Влияние на прочность условий нагружения.	2	2	-			
23.	Равновесие тел с трещинами.	4	-	5			
24.	Параметры элемента ячеистой структуры.	2	2	-			
25.	Механические характеристики ячеистых структур.	2	1	-			
26.	Заключение.	2	-	-			

ИНФОРМАЦИОННО - МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Батаев, А. А. Композиционные материалы: строение, получение, применение : учеб. пособие / А. А. Батаев, В. А. Батаев. - Москва: Логос, 2006. - 398 с.
2. Мэттьюз , Ф. Композитные материалы. Механика и технология: учеб. для вузов / Ф. Мэттьюз, Р. Ролингс ; пер. с англ. С. Л. Бахенова. - Москва : Техносфера, 2004. - 407 с.
3. Бартенев, Г. М. Физика и механика полимеров : учеб. пособие для вузов / Г. М. Бартенев, Ю. В. Зеленев. - Москва: Высшая школа, 1983. - 391 с.
4. Васильев, В. В. Расчет и проектирование балок и стержней из композиционных материалов: Учеб. пособие для слушателей по повышению квалифик. / В. В. Васильев. - Москва : Машиностроение, 1989. - 39 с.
5. Бартенев, Г. М. Прочность и механизм разрушения полимеров / Г. М. Бартенев. - Москва: Химия, 1984. - 279 с.
6. Кристенсен Р. Введение в механику композитов / пер. с англ. А. И. Бейля и Н. П. Жмудя; под ред. Ю. М. Тарнопольского. - Москва: Мир, 1982. - 336 с.
7. Можаровский В. В. Прикладная механика слоистых тел из композитов: плос. контакт. задачи. - Минск: Наука и техника, 1988. - 270 с.

Дополнительная литература

8. Ставров, В.П. Механика композиционных материалов: Учеб, пособие. / В.П. Ставров. - Минск: БГТУ, 2008. - 259 с.
Режим доступа URI: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/28481>.
9. Композиционные материалы : справочник / В. В. Васильев [и др.]; под общ. ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского. - Москва: Машиностроение, 1990. - 510 с.
10. Справочник по композиционным материалам: в 2 кн. / под ред. Дж. Любина; пер. с англ. А. Б. Геллера, М. М. Гельмонта; под ред. Б. Э. Геллера. - Москва: Машиностроение, 1988. - 446 с.
11. 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.
12. Материаловедение: учебное пособие / Ю.П. Земсков, Ю.С. Ткаченко, Л.Б. Лихачева, Б.М. Квашнин. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2013. – 199 с. –
Режим доступа URI: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141977>.

Примерный перечень тем лабораторных занятий:

1. Постоянные упругости армированных материалов.
2. Прочность армированных материалов.
3. Упругие и прочностные свойства спеченных материалов.
4. Определение параметров степенного закона течения полимерных расплавов.
5. Теплофизические свойства материалов аддитивного синтеза.
6. Характеристики трещиностойкости.
7. Параметры вязкоупругости.
8. Механические характеристики ячеистых структур.

Примерный перечень тем практических занятий:

1. Действия над векторами и тензорами.
2. Построение и преобразование тензора напряжений.
3. Построение и преобразование тензора деформаций при плоском напряженном состоянии.
4. Построение и преобразование тензоров, задающих постоянные упругости анизотропного материала.
5. Обобщенный закон Гука.
6. Осесимметричные задачи теории упругости.
7. Расчет параметров течения нелинейно-вязкой жидкости.
8. Построение и исследование модели структуры материала.
9. Постоянные упругости армированных материалов.
10. Прочность армированных материалов.
11. Прочность спеченных материалов.
12. Теплофизические свойства материалов аддитивного синтеза.
13. Механические характеристики ячеистых структур.

Курсовая работа

Курсовая работа выполняется в 6-м семестре параллельно с изучением второй части дисциплины «Механика материалов аддитивного синтеза». На ее выполнение предусмотрено 30 часов. Трудоемкость работы – 1 зачетная единица.

Цель выполнения курсовой работы – закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков исследования свойств компонентов, структуры и свойств материалов аддитивного синтеза, оценки влияния свойств компонентов и структуры на свойства материалов аддитивного синтеза.

По своему содержанию и форме курсовая работа является учебно-исследовательской работой, при выполнении которой студенты приобретают навыки патентно-информационных, теоретических и экспериментальных исследований и закрепляют знания по комплексу учебных дисциплин.

Некоторые специальные вопросы, относящиеся к изучению компонентов, структуры и свойств материалов, необходимые для выполнения курсовой работы, рассматриваются в дисциплинах «Основы материаловедения и структурообразования» и «Физикохимия органических и неорганических материалов».

Тематика курсовых работ формируется на основе заявок заинтересованных предприятий и плана исследований, выполняемых или планируемых для выполнения на выпускающей кафедре. Студент вправе предложить свою тему исследований и проект задания или по согласованию с руководителем уточнить содержание работы. Перечень тем, предлагаемых кафедрой, объявляется на первом практическом занятии в 6 семестре.

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 20-30 страниц. При ее оформлении рекомендуется использовать программные пакеты для подготовки графических и текстовых материалов.

Диагностика компетенций студента

Учебным планом по специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» предусмотрены экзамен, зачет и защита курсовой работы.

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий:

- проведение коллоквиума;
- защита лабораторных работ;
- защита практических работ;
- защита расчетно-графических работ;
- письменные контрольные работы;
- устный опрос;
- проведение текущих опросов по отдельным разделам (темам);
- защита курсовой работы.

Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических и лабораторных занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием занятий;
- самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения расчетно-графических работ по индивидуальным заданиям с консультациями у преподавателя;
- выполнение курсовой работы и подготовка к ее защите;
- подготовка к сдаче зачета;
- подготовка к сдаче экзамена.

Преподаватель должен стимулировать и поощрять самостоятельную работу студентов, привлекать студентов к решению прикладных задач в рамках НИРС, к исследовательской работе на ведущей и выпускающей кафедрах.

При изучении дисциплины рекомендуется не все вопросы программы выносить на лекции. В целях развития у студентов навыков работы с учебной и научной литературой можно предложить им часть разделов описательного ха-

рактера изучить самостоятельно по литературе, указанной в программе. Вопросы для самостоятельного изучения рекомендуется включать в перечень вопросов к экзамену.

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

Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

В соответствии с п. 17 Положения «О текущей аттестации» от 11.11.2013 № 29 студенты допускаются к сдаче экзамена и зачета по учебной дисциплине «Механика материалов аддитивного синтеза» при условии выполнения ими всех видов занятий, предусмотренных учебным планом и настоящей учебной программой.

Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний обучающихся отметками в баллах по десятибалльной шкале применяются критерии оценки результатов учебной 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 вопросов для самостоятельной работы студентов

Семестр 5.

1. Предмет и задачи изучения механики материалов аддитивного синтеза, связь с другими дисциплинами специальности.
2. Значение механики материалов аддитивного синтеза для прогнозирования свойств специальных материалов.
3. Значение механики материалов аддитивного синтеза для расчета изделий и проектирования технологических процессов их изготовления.
4. Векторы: зависимость между компонентами вектора при повороте координат.
5. Тензоры: законы преобразования тензоров; символы Кронекера; сложение тензоров.
6. Тензоры: умножение тензора на скаляр; умножение тензоров.
7. Тензоры: матричные представления тензоров; симметрия тензоров и матриц; главные значения и главные направления симметричных тензоров второго ранга.
8. Тензоры: оператор Гамильтона; тензорные поля; дифференцирование тензоров.
9. Напряженное состояние сплошной среды. Массовые и поверхностные силы. Вектор напряжения.
10. Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Связь между тензором напряжений и вектором напряжений на произвольной площадке.
11. Уравнения равновесия. Законы преобразования напряжений.
12. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Максималь-

ное и минимальное касательные напряжения.

13. Октаэдрические напряжения. Девиатор и шаровой тензор напряжений.

14. Деформации: вектор перемещения; тензор деформаций; связь между тензором деформаций и вектором перемещений.

15. Главные деформации: инварианты деформаций; шаровой тензор и девиатор деформаций; уравнение совместности деформаций.

16. Изотропные и анизотропные среды. Тензоры модулей упругости и упругих податливостей. Симметрия упругих свойств.

17. Матрица коэффициентов жесткости и коэффициентов податливости для анизотропных (ортотропных, трансверсальноизотропных) и изотропных сред.

18. Связь между компонентами тензоров и элементами матрицы, задающих постоянные упругости и техническими постоянными, определяемыми экспериментально.

19. Преобразование тензоров модулей упругости и упругих податливостей при повороте осей координат.

20. Постановка статических и динамических задач теории упругости. Система уравнений. Граничные условия.

21. Простейшие случаи напряженного и деформированного состояния. Особенности поведения материалов аддитивного синтеза, обусловленные анизотропией.

22. Плоская задача теории упругости. Функция напряжений. Плоская задача теории упругости в полярных и цилиндрических координатах.

23. Осесимметричные задачи в цилиндрических координатах. Напряженное состояние анизотропной трубы, нагруженной внутренним и внешним давлением.

24. Использование механических моделей для описания вязкоупругости.

25. Ползучесть и релаксация напряжений.

26. Определение параметров вязкоупругости.

27. Линейная теория вязкоупругости.

28. Механика вязкой жидкости. Напряжения. Физические уравнения.

29. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Показатели вязких свойств. Течение неньютоновской жидкости в цилиндрическом канале.

30. Течение неньютоновской жидкости в плоской щели.

31. Течение неньютоновской жидкости при сжатии между плоскопараллельными пластинами.

32. Теоретические основы оценки показателей вязких свойств.

33. Характеристики структуры: микро- и макроструктура материалов.

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

35. Характеристики структуры: статистическое описание.

36. Типы структуры материалов аддитивного синтеза.

37. Простейшие (регулярные), статистические и компьютерные модели структуры.

38. Прогнозирование постоянных упругости анизотропных материалов: основные гипотезы и методы.

39. Прогнозирование постоянных упругости анизотропных материалов: Прогнозирование постоянных упругости анизотропных материалов: схемы Фойгта и Ройсса.

40. Прогнозирование постоянных упругости анизотропных материалов: сеточная модель.

41. Прогнозирование постоянных упругости анизотропных материалов: метод осреднения.

Семестр 6.

42. Постоянные упругости волокнистых материалов однонаправленной структуры.

43. Постоянные упругости слоистых материалов.

44. Влияние и учет при прогнозировании ориентации слоев и межслойных сдвигов.

45. Постоянные упругости материалов, наполненных частицами.

46. Влияние анизотропии и неоднородности компонентов. Учет пористости.

47. Спеченные материалы. Упругие свойства спеченных материалов.

48. Теплофизические свойства материалов аддитивного синтеза.

49. Температурные коэффициенты линейного расширения и усадка. Зависимость от структуры.

50. Напряжения и деформации на микро- и макроуровнях.

51. Напряжения в элементах структуры.

52. Прочность однонаправленно армированного материала: особенности разрушения.

53. Прочность однонаправленно армированного материала: прогнозирование прочности.

54. Прочность при сложном напряженном состоянии.

55. Предельные поверхности прочности анизотропных материалов. Методы построения.

56. Оценка прочности при плоском напряженном состоянии.

57. Прочность слоистых материалов.

58. Влияние структуры на прочность слоистых материалов.

59. Методы оценки прочности слоистых материалов.

60. Прочность материалов, хаотически армированных частицами.

61. Прочностные характеристики спеченных материалов.

62. Влияние пористости на пластичность спеченных материалов.

63. Вязкость разрушения спеченных материалов.

64. Микромеханизмы разрушения спеченных материалов.

65. Деформационное упрочнение спеченных материалов.

66. Влияние на прочность условий нагружения и внешних факторов.

67. Длительная статическая прочность.

68. Закон суммирования повреждений.

69. Периодическое нагружение.

70. Усталостная прочность.

71. Прогнозирование показателей долговечности.

72. Поведение материалов при динамическом нагружении.
73. Удар: распространение волн; влияние структуры.
74. Равновесие тел с трещинами.
75. Модель Гриффитса. Коэффициенты вязкости разрушения.
76. Влияние напряженного состояния. Методы определения.
77. Зависимость равновесия тел с трещинами от структуры материалов.
78. Конфигурация элементов ячеистой структуры и их параметры.
79. Приведенные механические характеристики ячеистых структур.
80. Несущая способность ячеистых структур. Устойчивость.
81. Проблемы, актуальные задачи и пути развития механики материалов аддитивного синтеза.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Конструирование и расчет изделий	МвМ	нет И.Н. Степанкин	
Аддитивные технологии в производстве	МвМ	нет И.Н. Степанкин	