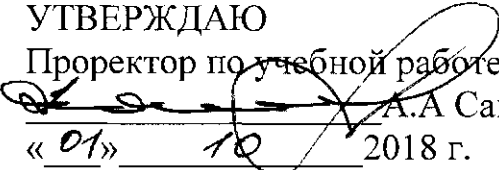


Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе БГТУ

А.А. Сакович
« 01 » 10 2018 г.

Регистрационный номер № УД- 954/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

2018 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-36 07 02-2016 для специальности 1–36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий», утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь 11 августа 2016 г. № 79, и учебного плана специальности № 36-1-006/уч. от 12 мая 2016 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.Л. Наркевич – доцент кафедры механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Свириденко А.И. – заведующий лабораторией «Физика и механика гетерогенных сред и поверхностей» Научно-исследовательского центра проблем ресурсосбережения Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, профессор, доктор технических наук, академик НАН Беларуси, профессор;

Василевич Ю.В. – заведующий кафедрой сопротивления материалов Белорусского национального технического университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой механики материалов и конструкций учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 1 от 31 августа 2018г.);

Методической комиссией факультета химической технологии и техники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 1 от 18 сентября 2018г.);

Учебно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 1 от 28 сентября 2018г.)

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

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

Цель изучения 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.

К задачам изучения дисциплины относятся: формирование у студентов теоретической база 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.

Связь с другими учебными дисциплинами

В «Механике материалов аддитивного синтеза» широко используют понятия и методы, являющиеся предметом изучения 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».

Курс «Механики материалов аддитивного синтеза» закладывает теоретические основы для профилирующих дисциплин – «Конструирование и расчет изделий» и «Аддитивные технологии в производстве».

Требования к освоению учебной дисциплины

В результате изучения учебной 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.

Требования к компетенциям специалиста

Академические компетенции специалиста.

Специалист должен:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

- АК-4. Уметь работать самостоятельно.

- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Социально-личностные компетенции специалиста

Специалист должен:

- СЛК-6. Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции специалиста

Специалист должен быть способен в *научно-исследовательской деятельности*:

- ПК-1. Проводить научные исследования и разработки с использованием современных информационных технологий.

- ПК-2. Анализировать и объективно оценивать достижения науки в области современных материалов, разработки, производства и применения (эксплуатации) изделий, перспективы и направления развития.

- ПК-6. Организовывать и проводить экспериментальные исследования материалов, изделий, технологических процессов и элементов технологического оборудования по профилю специальности, анализировать и обрабатывать результаты исследований.

Специалист должен быть способен в *проектно-конструкторской деятельности*:

- ПК-10. Владеть современными программными средствами моделирования, расчета

и компьютерного проектирования материалов, изделий и технологических процессов.

– ПК-11. Оценивать предлагаемые технические решения путем изготовления и

испытаний образцов материалов, моделей и макетов изделий.

Специалист должен быть способен в *организационно-управленческой деятельности*:

– ПК-26. Организовывать собственный труд и работу других исполнителей в

соответствии с поставленными задачами, условиями и сроками их выполнения.

Структура учебной дисциплины

Распределение аудиторного времени по видам занятий и семестрам, формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Механика материалов аддитивного синтеза» в соответствии с учебным планом учреждения высшего образования по специальности 1–36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» представлены в таблице.

| Распределение часов по видам занятий: | | | | | Распределение часов по семестрам: | | | | | | Форма текущей аттестации |
|---------------------------------------|------------|--------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|-------|------------|--------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| всего | аудиторных | лекций | лабораторные занятия | практические занятия | семестр | всего | аудиторных | лекции | лабораторные занятия | практические занятия | |
| 296 | 136 | 68 | 34 | 34 | 5 | 122 | 68 | 51 | - | 17 | зачет |
| | | | | | 6 | 174 | 68 | 17 | 34 | 17 | экзамен |

Форма получения высшего образования – очная (дневная).

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

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.

Раздел 1. Напряженное и деформированное состояние

1.1 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.

1.2 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.

1.3 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.

1.4 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.

1.5 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.

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

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

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

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

Раздел 3. Жесткость материалов аддитивного синтеза

3.1 Задачи и методы прогнозирования. Прогнозирование постоянных упругости анизотропных материалов. Основные гипотезы и методы. Схемы Фойгта и Ройсса. Сеточная модель. Метод осреднения.

3.2 Однонаправленно армированные материалы. Постоянные упругости волокнистых материалов однонаправленной структуры.

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

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

3.5 Спеченные материалы. Упругие свойства спеченных материалов

3.6 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

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

4.2 Прочность однонаправленно армированного материала. Особенности разрушения. Прогнозирование прочности.

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

4.4 Прочность слоистых материалов. Прочность слоистых материалов. Влияние структуры. Методы оценки.

4.5 Прочность материалов, хаотически армированных частицами. Прочность материалов, хаотически армированных частицами.

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

4.7 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.

4.8 Равновесие тел с трещинами. Модель Гриффитса. Коэффициенты вязкости разрушения. Влияние напряженного состояния. Методы определения. Зависимость от структуры материалов.

Раздел 5. Механика ячеистых структур

5.1 Параметры элемента ячеистой структуры. Конфигурация элементов и их параметры

5.2 Механические характеристики ячеистых структур. Приведенные механические характеристики, несущая способность, устойчивость.

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

3. ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

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

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 материала на свойства материалов аддитивного.

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».

Общая методология проведения исследований, включая составление технического задания, программы и методики испытаний, поиска и анализа патентной информации, обработки результатов эксперимента, оформления отчета изучаются в 6-м семестре в специальной дисциплине «Основы научной и инновационной деятельности» параллельно с выполнением курсовой работы.

Нормативные требования, технические средства и специальные методы определения показателей свойств компонентов и материалов аддитивного изучаются в специальной дисциплине «Методы испытаний материалов и изделий» также параллельно с выполнением курсовой работы.

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 по курсовой работе.

Методика выполнения основных этапов курсовой работы рассматривается на практических занятиях по курсовой работе, проводимых согласно расписанию, а некоторые специальные вопросы - на практических занятиях по дисциплине «Основы научной и инновационной деятельности», на лабораторных занятиях по дисциплинам «Механика материалов аддитивного синтеза» и «Методы испытаний материалов и изделий».

Этапы курсовой работы

| № эта-па | Содержание | Затраты времени, ч | Срок выполнения (неделя) | Форма отчетности |
|----------|--|--------------------|--------------------------|---|
| 1 | Уточнение задания | 2 | 1 | Задание |
| 2 | Составление проекта технического задания на исследование по СТБ 1080–97 | 4* | 2 | Проект технического задания |
| 3 | Характеристика компонентов и аналогов. Поиск и оценка аналогов по источникам научно-технической и патентной информации | 6* | 4 | Обзор научно-технической и патентной информации (раздел отчета) |
| 4 | Составление программы и методики экспериментального исследования | 4* | 6 | Программа и методика исследования |
| 5 | Изучение свойств сырьевых материалов (компонентов) | 4 | 8 | Результаты испытаний (протоколы, раздел отчета) |
| 6 | Изучение структуры материала аддитивного синтеза | 4 | 9 | Результаты испытаний (раздел отчета) |
| 7 | Определение показателей упругих свойств и прочности компонентов и материала аддитивного синтеза | 8* | 10 | Результаты испытаний (протоколы, раздел отчета) |
| 8 | Прогнозирование свойств материала аддитивного синтеза по свойствам компонентов, сравнение с результатами эксперимента | 4 | 11 | Результаты прогнозирования и испытаний (протоколы, раздел отчета) |
| 9 | Прогнозирование и экспериментальное определение показателей вязкоупругих и теплофизических свойств изучаемых материалов. Сравнение результатов | 6* | 12 | Результаты прогнозирования и испытаний (протоколы, раздел отчета) |
| 10 | Обработка и анализ результатов исследования, подготовка презентации | 6* | 14 | Доклад на студенческой конференции |
| 11 | Оформление отчета | 6* | 16 | Отчет об исследовании по ГОСТ 7.32-2001 |
| 12 | Защита курсовой работы | - | 17 | |

* Включая практические занятия и самостоятельную работу по программам дисциплин «Основы научной и инновационной деятельности» и «Методы испытаний материалов и изделий».

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

| Номер раздела, тсмы | Наименование раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | Количество часов УСР | Форма контроля знаний |
|---------------------|--|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | 5 семестр | 51 | 17 | - | 54 | |
| 1 | Напряженное и деформированное состояние | 26 | 13 | - | 28 | |
| 1.1 | 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. | 1 | - | - | - | Опрос |
| 1.2 | 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. | 3 | 2 | - | 4 | Опрос РГР |
| 1.3 | 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. Девiator и шаровой тензор напряжений. | 2 | 2 | - | 4 | Опрос РГР |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|---|---|---|---|--------------|
| 1.4 | 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. | 2 | 2 | - | 4 | Опрос РГР |
| 1.5 | 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. | 6 | 2 | - | 5 | Опрос РГР |
| 1.6 | 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. | 6 | 2 | - | 5 | Опрос РГР |
| 1.7 | Вязкоупругие деформации. Использование механических моделей для описания вязкоупругости. Ползучесть и релаксация напряжений. Определение параметров вязкоупругости. Линейная теория вязкоупругости. | 2 | - | - | 2 | Опрос |
| 1.8 | 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. | 4 | 3 | - | 4 | Опрос РГР |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|----|---|---|----|--------------|
| 2 | Структура материалов аддитивного синтеза | 6 | 4 | - | 6 | |
| 2.1 | Характеристики структуры. Микро- и макроструктура материалов. Характеристики состава, размеров и формы элементов, их пространственной ориентации. Статистическое описание. | 2 | - | - | 2 | Опрос |
| 2.2 | Модели структуры. Типы структуры материалов аддитивного синтеза. Простейшие (регулярные), статистические и компьютерные модели структуры. | 4 | 4 | - | 4 | Опрос РГР |
| 3 | Жесткость материалов аддитивного синтеза | 12 | - | - | 12 | |
| 3.1 | Задачи и методы прогнозирования. Прогнозирование постоянных упругости анизотропных материалов. Основные гипотезы и методы. Схемы Фойгта и Ройсса. Сеточная модель. Метод осреднения. | 2 | - | - | 1 | Опрос |
| 3.2 | Однонаправленно армированные материалы. Постоянные упругости волокнистых материалов однонаправленной структуры. | 2 | - | - | 5 | Опрос РГР |
| 3.3 | Слоистые материалы. Постоянные упругости слоистых материалов. Влияние и учет при прогнозировании ориентации слоев и межслойных сдвигов. | 2 | - | - | 2 | Опрос |
| 3.5 | Материалы, наполненные частицами. Постоянные упругости материалов, наполненных частицами. Влияние анизотропии и неоднородности компонентов. Учет пористости. | 2 | - | - | 1 | Опрос |
| 3.6 | Спеченные материалы. Упругие свойства спеченных материалов | 2 | | | 1 | |
| 3.7 | Теплофизические характеристики. Теплофизические свойства материалов аддитивного синтеза. Температурные коэффициенты линейного расширения и усадка. Зависимость от структуры. | 2 | - | - | 1 | Опрос |
| 4 | Механика разрушения и прочность материалов аддитивного синтеза | 7 | - | - | 8 | |
| 4.1 | Напряжения в элементах структуры. Напряжения и деформации на микро- и макроуровнях. Напряжения в элементах структуры. | 2 | - | - | 2 | Опрос |
| 4.2 | Прочность однонаправленно армированного материала. Особенности разрушения. Прогнозирование прочности. | 2 | - | - | 2 | Опрос |
| 4.3 | Прочность при сложном напряженном состоянии. Предельные поверхности прочности анизотропных материалов. Методы построения. Оценка прочности при плоском напряженном состоянии. | 3 | - | - | 4 | Опрос |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|--|-----------|-----------|-----------|------------|-------------------------|
| | 6 семестр | 17 | 17 | 34 | 106 | |
| | | 11 | 15 | 30 | 96 | |
| 4.4 | Прочность слоистых материалов. Прочность слоистых материалов. Влияние структуры. Методы оценки. | 1 | | | 4 | Опрос |
| | Постоянные упругости армированных материалов | | 4 | 4 | 12 | Защита ПЗ и ЛР |
| 4.5 | Прочность материалов, хаотически армированных частицами. Прочность материалов, хаотически армированных частицами. | 1 | | | 3 | Опрос |
| | Прочность армированных материалов | - | 4 | 4 | 12 | Защита ПЗ и ЛР |
| 4.6 | Прочность спеченных материалов. Прочностные характеристики спеченных материалов. Влияние пористости на пластичность. Вязкость разрушения спеченных материалов. Микромеханизмы разрушения спеченных материалов. Деформационное упрочнение спеченных материалов. | 4 | 4 | 4 | 15 | Опрос Защита ПЗ и ЛР |
| | Параметры степенного закона течения полимерных расплавов | - | - | 6 | 10 | Защита ЛР |
| 4.7 | 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. | 2 | - | - | 6 | Опрос |
| | Теплофизические свойства материалов аддитивного синтеза | - | 3 | 4 | 12 | Защита ПЗ и ЛР |
| 4.8 | Равновесие тел с трещинами. Модель Гриффитса. Коэффициенты вязкости разрушения. Влияние напряженного состояния. Методы определения. Зависимость от структуры материалов. | 3 | | 4 | 12 | Опрос |
| | Параметры вязкоупругости | - | - | 4 | 10 | Защита ЛР |
| 5 | Механика ячеистых структур | 5 | 2 | 4 | 10 | |
| 5.1 | Параметры элемента ячеистой структуры. Конфигурация элементов и их параметры | 1 | | | 2 | Опрос |

| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> |
|----------|--|-----------|-----------|-----------|------------|----------|
| 5.2 | Механические характеристики ячеистых структур. Приведенные механические характеристики, несущая способность, устойчивость. | 4 | 2 | 4 | 8 | Опрос |
| | Заключение. Проблемы, актуальные задачи и пути развития механики материалов аддитивного синтеза. | 1 | - | - | - | Опрос |
| | Всего: | 68 | 34 | 34 | 200 | |

5. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

| № п/п | Наименование | Количество экземпляров в БГТУ |
|----------|--|-------------------------------------|
| 1 | Ставров, В.П. Механика композиционных материалов: Учеб. пособие. / В.П. Ставров. – Минск: БГТУ, 2008. – 259 с. | 262 |
| 2 | Ставров, В.П. Механика композиционных материалов. Практикум : Учеб. пособие. / В.П. Ставров, А.Л. Наркевич – Мн.: БГТУ, 2012. – 218 с. | 124 |

Перечень дополнительной литературы

| № п/п | Наименование | Количество экземпляров в БГТУ |
|----------|---|-------------------------------------|
| 1 | Жданович, Г.М. Механика порошковых материалов / Г. М. Жданович - Мн.: БНТУ, 2013 - 418 с. | |
| 2 | Структура и механические свойства спеченных материалов / Ристич М.М. и др. – Белград: Сербская академия наук и искусств, 1989. – 263 с. | |
| 3 | Ендогур, А.И. Сотовые конструкции. Выбор параметров и проектирование / А.И. Ендогур и др. – М.: Машиностроение, 1986. - 200 с. | |
| 4 | Антонова В.С., Осовская И.И. Аддитивные технологии: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2017.-30 с. - [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: – http://www.nizrp.narod.ru/metod/kaffizikollchem/25.pdf . – Дата доступа: 31.05.2018. | [Электронный ресурс] |
| 5 | Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // Пособие для инженеров. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. - 220 с. - [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: – http://www.vneshtekhnika.ru/rus/books/123pd.pdf . – Дата доступа: 31.05.2018. | [Электронный ресурс] |
| 6 | Сухочев Г.А. Технология машиностроения. Аддитивные технологии в подготовке производства наукоемких изделий / Г.А. Сухочев, С.Н. Коденцев, Е.Г. Смольяникова – Воронеж: Воронежский гос. технический ун-т, 2013. – 222 с. - [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: – http://cchgeu.ru/upload/iblock/180/uchebposob_tm.pdf . – Дата доступа: 31.05.2018. | [Электронный ресурс] |
| 7 | Филатов, С. А. Аддитивные технологии: современное состояние и перспективы / С. А. Филатов // Белорусский государственный университет [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: – http://research.bsui.by/additive-manufacturing-seminar/ . – Дата доступа: 31.05.2018. | [Электронный ресурс] |
| 8 | Расчет физико-механических свойств полимерных сотовых наполнителей и проектирование строительных конструкций на их основе: Учеб. пособие / [Б. Е. Шунгский, В. Ф. Минаев, Л. А. Мейгал и др. - Петрозаводск : ПГУ, 1983. - 94 с. | |

Перечень практических занятий

(задания 1-7 – содержание расчетно-графической работы)

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. Осесимметричные задачи теории упругости
6. Расчет параметров течения нелинейно-вязкой жидкости
7. Построение и исследование модели структуры материала
8. Постоянные упругости армированных материалов
9. Прочность армированных материалов
10. Прочность спеченных материалов
11. Теплофизические свойства материалов аддитивного синтеза
12. Механические характеристики ячеистых структур

Перечень 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

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине

Цель самостоятельной работы - закрепление знаний, формирование умений, навыков по изучаемой дисциплине, активизация учебно-познавательной деятельности обучающихся, формирование умений и навыков самостоятельного приобретения и обобщения знаний, формирование умений и навыков самостоятельного применения знаний на практике. В рамках дисциплины предусмотрена *самостоятельная работа* в виде:

- освоения теоретического материала по учебным пособиям;
- выполнение индивидуальных расчетно-графических работ;
- оформления отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам в аудитории во время проведения занятий в соответствии с расписанием;
- выполнение курсовой работы по индивидуальному заданию.

Диагностика компетенций студентов и рекомендации по контролю качества усвоения знаний

Для контроля качества усвоения знаний и оценки (по десятибалльной шкале) уровня знаний и умений студентов рекомендуется использовать следующие диагностические средства:

- контрольные опросы;
- отчеты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой;
- письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой;
- курсовая работа с устной защитой;
- зачет;
- экзамен.

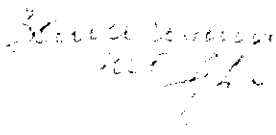

Межсессионная аттестация по учебной дисциплине «Механика материалов аддитивного синтеза» в 5 семестре проводится в форме защиты отчетов по расчетно-графическим работам; допущенными к сдаче зачета считаются студенты, защитившие все отчеты по расчетно-графическим работам.

Межсессионная аттестация в 6 семестре проводится в форме защиты отчетов по аудиторным практическим упражнениям и по лабораторным работам. Результаты межсессионной аттестации учитываются при проведении экзамена по учебной дисциплине. Весовой коэффициент отметки по первой межсессионной аттестации $K_{\text{межс1}} = 0,2$, по второй – $K_{\text{межс2}} = 0,3$, весовой коэффициент отметки, полученной на экзамене – $K_{\text{экс}} = 0,5$; расчет итоговой отметки по учебной дисциплине $O_{\text{экс}}$, которая вносится в зачетно-экзаменационную ведомость, производится по формуле (с последующим округлением полученного числа до ближайшего большего):

$$O_{\text{экс}} = O_{\text{межс1}} \times K_{\text{межс1}} + O_{\text{межс2}} \times K_{\text{межс2}} + O_{\text{экс}} \times K_{\text{экс}},$$

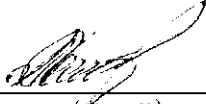
где $O_{\text{межс1}}$ и $O_{\text{межс2}}$ – отметки, полученные по первой и второй межсессионной аттестациям соответственно.

6. 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 | Кафедра механики и конструирования |  | |
| Аддитивные технологии в производстве | Кафедра механики и конструирования |  | |
| | | | |

Заведующий кафедрой

(ученая степень, ученое звание)


(подпись)


(И.О.Фамилия)