

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

(ПНИПУ)



«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор,

председатель приемной
комиссии ПНИПУ

 А.А. Ташкинов

« » 2019г.

ПРОГРАММА

вступительного испытания (междисциплинарного экзамена)
для поступающих в магистратуру по направлению

22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»

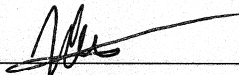
Профиль программы магистратуры: Проектирование конструкций
из композиционных материалов

Пермь 2019

Программа содержит перечень тем (вопросов) по дисциплинам базовой части профессионального цикла учебного плана подготовки бакалавров по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», профиль программы бакалавриата «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов», вошедших в содержание билетов вступительных испытаний в магистратуру.

Составитель:

доцент кафедры механики
композиционных материалов
и конструкций канд. техн. наук


И.Ю. Ошева

Программа рассмотрена и одобрена к изданию методическим семинаром кафедры механики композиционных материалов и конструкций

Протокол № 8 от «18» 12 2019г.

Руководитель ООП
докт.техн. наук, профессор


А.Н. Аношкин

Зав. кафедрой механики
композиционных материалов
и конструкций
докт.техн. наук, профессор


А.Н. Аношкин

1. ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧЕННЫЕ В ПРОГРАММУ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ

- 1.1. Теория упругости анизотропных материалов
- 1.2. Методы исследования материалов и процессов
- 1.3. Конструкционные и функциональные волокнистые композиты
- 1.4. Проектирование технологических процессов производства изделий из композитов
- 1.5. Расчет на прочность и методы испытаний композитных конструкций

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН

2.1. «Теория упругости анизотропных материалов»

Темы (вопросы)

1. *Метрика пространства и меры деформаций.* Линейные элементы и углы между ними. Тензоры малых деформаций и малых вращений. Геометрические соотношения Коши.
2. *Основные уравнения теории деформаций.* Уравнения совместности деформаций. Вычисление перемещений по заданному полю деформаций, формула Чезаро.
3. *Принцип напряжений.* Вектор напряжений. Тензор напряжений. Вычисление векторов напряжений на произвольной площадке по заданному тензору напряжений.
4. *Уравнения равновесия.* Уравнения равновесия в напряжениях. Условия равновесия в напряжениях на границе. Статически допустимые поля напряжений. Главные напряжения и главные направления.
5. *Общие положения теории определяющих соотношений.* Тензоры модулей упругости и упругих податливостей. Упругий потенциал. Физическая, технологическая и деформационная анизотропия упругих свойств. Обобщенный закон Гука.
6. *Упругие свойства конструкционных материалов и композитов.* Частные случаи анизотропии упругих свойств. Технические постоянные упругости. Соотношения термоупругости анизотропных материалов.
7. *Полная система уравнений упругости анизотропных материалов.* Уравнения равновесия в напряжениях и перемещениях. Геометрические и определяющие соотношения. Типы граничных условий.
8. *Типы краевых задач упругости анизотропных материалов.* Краевые задачи упругости анизотропных материалов в перемещениях и напряжениях. Теорема Клапейрона. Теорема об единственности решения краевых задач упругости анизотропных материалов.

Литература для подготовки

Демидов С.П. Теория упругости.– Высшая школа.– 1979.– 432 с.

Кац А. М. Теория упругости : учебник для вузов / А. М. Кац. - СПб: Лань, 2002.

Композиционные материалы: Справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; Под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. — М.: Машиностроение, 1990. — 512 с.

Кристенсен Р.М. Введение в механику композитов.–М.:Мир.–1982

Новацкий В.П. Теория упругости. – М: Мир. – 1975. – 872 с.

Победря Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности.– М.: МГУ.– 1995.–366 с.

Работнов Ю.Г. Механика деформируемого твердого тела.–М.: Наука.– 1988.

2.2. «Методы исследования материалов и процессов»

Темы (вопросы)

1. *Многообразие свойств материалов.* Многообразие свойств материалов: физические, химические, структурные, технологические, эксплуатационные, специальные. Виды дефектов в материалах и изделиях. Взаимосвязь свойств материалов и структуры. Исследование свойств и структурный анализ.

2. *Общая характеристика методов исследования материалов.* Разрушающие и неразрушающие методы исследований материалов, их достоинства и недостатки. Стандартизация методов исследований и контроля материалов.

3. *Физические основы методов структурного анализа.* Виды и источники используемых излучений и пучков частиц: видимый свет, рентгеновское и гамма излучения, электромагнитное излучение радиочастотного спектра, пучки электронов и нейтронов. Основные физические параметры излучений.

4. *Оптический структурный анализ.* Микро- и макроанализ. Свойства, определяемые с помощью оптического структурного анализа. Аппаратура для оптического структурного анализа. Конфокальный микроскоп. Метод широгрaфии.

5. *Рентгеновские методы структурного анализа.* Рентгеноструктурный анализ. Физическая основа метода - закон Брэгга-Вульфа. Методы получения дифракционных картин (метод Лауэ, метод вращения монокристалла, метод поликристалла). Источники рентгеновского излучения, их устройство, основные характеристики. Методы регистрации дифракционных картин. Рентгеновские камеры и дифрактометры., технические характеристики серийных приборов.

6. *Применение рентгеновских дифракционных методов.* Применение рентгеновских дифракционных методов для исследования свойств материалов. Определение параметров кристаллических структур.

Определение фазового состава многофазных кристаллических материалов, качественный и количественный рентгеноструктурный анализ.

7. *Определение остаточных напряжений методами рентгеноструктурного анализа.* Определение плотности распределения дислокаций дифракционными методами.

8. *Рентгеновский спектральный анализ.* Устройство рентгеновского спектрометра. Микрорентгеноспектральный анализ, схема микроанализатора.

9. *Радиационная дефектоскопия.* Классификация методов радиационной дефектоскопии. Радиография, радиоскопия и радиометрия. Природа и свойства ионизирующих излучений, источники ионизирующих излучений. Физические основы метода радиационной дефектоскопии, механизмы взаимодействия излучений с веществом.

10. *Радиографический метод контроля качества материалов.* Физические основы радиографического метода, области его применения. Технология, типовое оборудование.

11. *Рентгеновская вычислительная томография.* Математические основы метода томографии. Устройство промышленных и медицинских томографов. Рентгеновские измерители толщин.

12. *Акустические методы исследования свойств и контроля материалов.* Необходимые сведения из акустики, типы звуковых волн, законы отражения, преломления и рассеяния волн. Источники и приемники ультразвуковых волн. Классификация методов акустического контроля качества. Определение упругих характеристик материалов ультразвуковыми методами.

13. *Магнитные методы исследования свойств и контроля качества материалов.* Основные сведения из физики магнитных явлений. Распределение магнитных полей вблизи дефектов. Методы регистрации и измерения магнитных полей, методы намагничивания деталей. Методы измерения магнитных свойств материалов (намагниченности насыщения и коэрцитивной силы), их применение для анализа фазового состава сталей. Магнитопорошковый и магнитографический методы, типовая промышленная аппаратура.

14. *Вихретоковые методы исследования свойств и контроля материалов.* Области применения. Вихретоковые преобразователи. Типовые вихретоковые дефектоскопы. Измерители электропроводности и толщин.

Капиллярные методы неразрушающего контроля. Физические основы метода, области применения, типы капиллярных методов, классы чувствительности, отечественные наборы капиллярной дефектоскопии.

Специальные методы исследования свойств. Комбинированные методы. Метод электронного парамагнитного резонанса. Метод ядерного магнитного резонанса. Область применения.

15. *Статистическая обработка экспериментальных данных.* Типы и классификация ошибок измерений, систематические и случайные ошибки. Средние арифметические и средние квадратичные ошибки.

Доверительные интервалы и доверительные вероятности. Закон сложения случайных ошибок. Коэффициенты Стьюдента.

Литература для подготовки

Магнитная дефектоскопия / Н. Н. Зацепин, Л. В. Коржова ; Академия наук Белорусской ССР ; Институт прикладной физики .— Минск : Наука и техника, 1981 .— 208 с.

Неразрушающий контроль и диагностика : справочник / В. В. Клюев [и др.] ; Под ред. В. В. Клюева .— 3-е изд., перераб. и доп .— Москва : Машиностроение, 2005 .— 656 с.

Ошибки измерений физических величин : учебное пособие / А. Н. Зайдель .— 3-изд., стер .— Санкт-Петербург : Лань, 2009 .— 108 с.

Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий : учебник для профессионально-технических училищ / Н. П. Алешин, В. Г. Щербинский .— Москва : Высш. шк., 1991 .— 271 с

Рентгенографический и электронно-оптический анализ : учебное пособие для вузов / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев .— 4-е изд., перераб. и доп .— Москва : Изд-во МИСиС, 2002 .— 358 с.

Статистические методы обработки результатов механических испытаний : Справочник / М.Н.Степнов,А.В.Шаврин .— 2-е изд., испр. и доп .— М. : Машиностроение, 2005 .— 399 с.

2.3. «Конструкционные и функциональные волокнистые композиты»

Темы (вопросы)

1. Композиционные материалы: характеристика, состав и классификация.

Определение и сущность понятия «композиционный материал». Компоненты композиционных материалов, понятия матрицы и наполнителя. Основные принципы классификации композиционных материалов (КМ). Основные подходы и сложившаяся практика классификации КМ. Полиматричные и полиармированные КМ. Геометрический, компонентный, производственный и др. признаки классификации КМ. Исторические и экономические аспекты применения и внедрения КМ.

2. Общая характеристика компонентов КМ и требования предъявляемые к ним. Характеристика армирующих наполнителей конструкционных, защитных и специальных КМ. Волокнистые армирующие наполнители – наиболее распространенный тип наполнителя в конструкционных КМ. Факторы, определяющие свойства композиционных материалов при армировании. Характеристика матричных материалов. Влияние матрицы на свойства КМ. Не основные компоненты КМ. Общие требования к совместимости компонентов КМ.

3. Характеристика конструкционных КМ. Характеристика конструкционных КМ. Особые требования к армирующим наполнителям конструкционных КМ. Оптимальное соотношение армирующего наполнителя и матрицы в конструкционных КМ.

4. *Характеристика функциональных композиционных материалов.* Характеристика функциональных КМ. Требования, предъявляемые к компонентам функциональных КМ. Особенности структур функциональных КМ в зависимости от специфики эксплуатационных требований.
5. *Особенности межфазного взаимодействия.* Термодинамическая совместимость материалов матрицы и наполнителей. Виды межфазного взаимодействия. Понятие толщины реакционной зоны. Типы связей между компонентами. Кинетика диффузионного взаимодействия компонентов. Законы Фика. Смачивание. Взаимодействие в равновесных условиях.
6. *Виды армирующих элементов.* Общая характеристика волокнистых наполнителей. Армирующие волокна и волокнистые наполнители: стеклянные, органические, углеродные, борные волокна, жгуты, нити, ленты, ткани, маты их природа и свойства Назначение и роль их в композиционном материале. Классификация армирующих элементов (по материалам, геометрии, структурному признаку и т.д.).
7. *Объемные волокнистые армирующие системы.* Способы и виды 3D - армирования. Основные типы 3D структур, применяемые для изготовления композиционных материалов и изделий из них. Особенности производства объемных волокнистых структур, оборудование, приспособления и инструмент.
8. *Производство стеклянных волокон и стекловолоконных армирующих систем.* Методы получения и свойства армирующих стекловолокон. Состав стекла. Свойства волокон из некоторых марок стекла. Высокосиликатные и кварцевые волокна. Стеклоровинги, стекломаты и стеклоткани.
9. *Волокна для армирования металлокомпозитов.* Общая характеристика волокон, используемых для армирования металлокомпозитов. Металлическая (стальная, вольфрамовая, молибденовая и бериливая) проволока. Особенности производства и характеристики волокон из бора, карбида кремния и борсика. Нитевидные кристаллы.
10. *Углеродные волокна.* Особенность углеродных волокон (УВ) и технологическая задача при их производстве. Исходное сырье и принцип его обработки при производстве углеродных волокон. Требования, предъявляемые к исходным органическим волокнам. Основные физико-механические свойства углеродных волокон.
11. *Углеродные волокна из полиакрилонитрилового сырья (ПАН).* Технологический алгоритм производства УВ из ПАН. Особенности этапов стабилизации и графитации. Специфика формирования структуры УВ из ПАН. Влияние температурной обработки на структуру и свойства УВ из ПАН. Основные физико-механические характеристики углеродных волокон из полиакрилонитрила.
12. *Производство углеродных волокон из пеков.* Особенности технологии производства УВ из пеков. Получение низко модульных волокон из мезофазных пеков. Виды упорядоченной структуры пековых волокон. Особенности этапов сшивки и карбонизации. Влияние температурной обработки и свойства УВ из пеков.

13. *Углеродные волокна из гидратоцеллюлозного сырья (ГТЦ).* Особенности технологии производства УВ из ГТЦ. Особенности этапов стабилизации, карбонизации и графитации. Свойства углеродных волокон из гидрата целлюлозы.

14. *Общая характеристика матриц, применяемых в КМ.* Матрицы конструкционных и функциональных КМ. Общие требования к полимерным, металлическим, углеродным и керамическим матрицам КМ.

15. *Полимерные матрицы.* Общая характеристика полимерных матриц. Природные, искусственные и синтетические полимеры - основа связующих полимерных композиционных материалов (ПКМ). Структура полимеров - как фактор, определяющий свойства связующего и ПКМ. Полярные и неполярные, термопластичные и терморезистивные полимеры.

16. *Термопластичные полимеры.* Структурные и технологические особенности термопластичных полимеров и КМ на их основе. Достоинства и недостатки термопластичных полимеров при производстве КМ. Технологические параметры, оборудование и инструменты, применяемые при изготовлении КМ с использованием термопластичных полимеров. Основные свойства термопластичных полимерных матриц.

17. *Терморезистивные полимеры.* Характеристика исходного сырья. Структурные и технологические особенности терморезистивных полимеров и КМ на их основе. Достоинства и недостатки термопластичных полимеров при производстве КМ. Примеры и основные свойства термопластичных полимерных матриц.

18. *Технологические особенности полимерных связующих.* Природа усадки полимерных связующих. Характеристика реакций полимеризации и поликонденсации. Особенности технологии производства КМ при затвердевании связующего по реакции поликонденсации. Оборудование и инструменты, применяемые при изготовлении КМ на основе реактопластов.

19. *Термостойкие полимерные матрицы.* Особенности термостойких полимерных материалов. Технологические особенности производства КМ на термостойких полимерных матрицах. Свойства КМ на термостойких полимерных связующих.

20. *Углеродные матрицы.* Особенности свойств углеграфитовых материалов. Общая характеристика углеродных матриц. Классификация углеродных матриц.

21. *Коксовая матрица.* Основной принцип формирования углерод-коксовой матрицы. Характеристика и требования, предъявляемые к углеродсодержащим исходным веществам. Реакции термохимической обработки полимерных смол. Пеки – наиболее перспективное сырье для образования коксовых матриц. Мезофазные пеки. Особенности термохимической обработки пекового сырья. Принцип Ле-Шателье – Брауна и явление криппа. Основные физико-механические свойства коксов, полученных из полимерных смол различных марок.

22. *Пироуглеродная матрица.* Сущность пиролиза. Виды твердых продуктов термического разложения углеводородов. Понятие пиролитического углерода (ПУ). Особенности пироуглеродных материалов. Специфика пироуглеродных матриц. Схема установки для газофазного осаждения пироуглерода. Состав установки и описание процесса осаждения. Условия достижения оптимальных характеристик пироуглерода.

23. *Комбинированная углеродная матрица.* Понятие комбинированной углеродной матрицы. Обоснование необходимости применения комбинированных углеродных матриц. Особенности термохимической обработки комбинированной углеродной матрицы.

24. *Модифицированная углеродная матрица.* Понятие модифицированной углеродной матрицы. Цели легирования углеродных материалов. Особенности легирования углеродных материалов бором, кремнием и их соединениями. Боросилицированные углеродные материалы. Основные физико-механические характеристики борированного и силицированного графита различных марок.

25. *Общая характеристика и классификация методов получения композиционных материалов на металлической матрице (МКМ).* Методы получения и обработки МКМ. Получение препрегов и готовых изделий из МКМ. Общие требования, предъявляемые к технологии при производстве композиционных материалов на металлической матрице.

26. *Твердофазные методы получения МКМ.* Использование фольг и порошков при применении твердофазных методов получения МКМ. Импульсные, статические и динамические методы получения МКМ. Классификация и особенности импульсных методов получения МКМ – сварка взрывом, магнито-импульсное компактирование и электрогидроимпульсное компактирование. Специфика статических твердофазных методов получения МКМ – диффузионная сварка, гидростатическое компактирование, спекание под давлением. Характеристика динамических твердофазных методов.

27. *Жидкофазные методы получения МКМ.* Положительные и отрицательные аспекты использования жидкофазных методов получения МКМ. Классификация жидкофазных методов. Характеристика получения МКМ методами пропитки. Особенности технологии получения МКМ методами литья.

28. *Получение МКМ методами осаждения.* Общая характеристика и классификация процессов осаждения при получении МКМ. Особенности химических, электрохимических и паро- газофазных методов нанесения покрытий. Основные направления применения методов осаждения при получении МКМ.

Литература для подготовки

Батаев А. А. Композиционные материалы: строение, получение, применение : учебное пособие / А. А. Батаев, В. А. Батаев. - Москва: Логос, 2006.

Бобрышев А. Н. Полимерные композиционные материалы : учебное пособие / А. Н. Бобрышев, В. Т. Ерофеев, В. Н. Козомазов. - Москва: Изд-во АСВ, 2013.

Вотинов А. М. Технология композиционных материалов : учебное пособие / А. М. Вотинов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 1998. — 138 с.

Композиционные материалы : справочник / В. В. Васильев [и др.] ; Под ред. В. В. Васильева .— Москва : Машиностроение, 1990.

Миллс Н. Конструкционные пластики - микроструктура, характеристики, применения : учебно-справочное руководство : пер. с англ. / Н. Миллс. - Долгопрудный: Интеллект, 2011.

Михайлин Ю. А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике / Ю. А. Михайлин. - Санкт-Петербург: Науч. основы и технологии, 2013.

Михайлин Ю. А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике / Ю. А. Михайлин. - Санкт-Петербург: Науч. основы и технологии, 2013.

Михайлин Ю. А. Специальные полимерные композиционные материалы / Ю. А. Михайлин. - Санкт-Петербург: Науч. основы и технологии, 2014.

Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / С. Л. Баженов [и др.]. - Долгопрудный: Интеллект, 2010.

Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология : учебное пособие для вузов / М. Л. Кербер [и др.]. - Санкт-Петербург: Профессия, 2008.

2.4. «Проектирование технологических процессов производства изделий из композитов»

Темы (вопросы)

1. *Структура технологических процессов (ТП).* Общие принципы и подходы, применяемые при проектировании технологических процессов. Структура технологических процессов производства изделий из ВКМ. Унифицированный технологический алгоритм. Технологическая документация: планово-операционная карта, технологическая карта, инструкционно-операционная карта.

2. *Материальные, энергетические и технико-экономические балансы.* Понятие технологических балансов. Себестоимость – как важнейший технико-экономический показатель технологического процесса. Влияние технологии на структуру и объем себестоимости. Оптимизация технологических процессов по признаку себестоимости. Понятие материальных балансов. Составление энергетических балансов и влияние теплового баланса на выбор технологического алгоритма.

3. *Унификация, типизация и стандартизация ТП.* Понятие стандартизации. Преимущества стандартизации и внедрения системы ЕСТП. Практика внедрения стандартизации: необходимые и достаточные условия проведения стандартизации технологических процессов.

Сущность и этапы типизации технологических процессов.

Унификация технологических процессов.

4. *Систематизация процессов проектирования технологии изготовления изделий из волокнистых композитных материалов.* Исходные данные для проектирования ТП. Условия обеспечения качественного проектирования ТП. Задачи, решаемые при проектировании ТП. Сущность принципов технологической автономности и технологического совмещения. Основные принципы проектирования технологических процессов производства изделий из волокнистых композитных материалов.

5. *Методология проектирования и внедрения технологических процессов с учетом требований ЕСТПП.* Развитие методов и принципов проектирования технологических процессов производства изделий из волокнистых композитных материалов. Влияние ЕСТПП на развитие и тенденции в проектировании ТП из ВКМ.

6. *Технологические процессы производства полуфабрикатов, заготовок и деталей из полимерных, углеродных, металлических и неорганических неметаллических композитов.* Основные технологические алгоритмы производства полуфабрикатов. Особенности производства деталей и заготовок из полимерных, углеродных, металлических и неорганических неметаллических композитов.

7. *Особенности методов формования и обработки поверхности, соединения и сборки композитных изделий.* Структура технологий обработки и методов формирования поверхностей композиционных материалов. Методы соединения и сборки изделий композитных материалов.

8. *Способы неразрушающего контроля изделий.* Обзор основных способов неразрушающего контроля изделий из волокнистых композитных материалов. Оборудование, оснастка, инструменты и приборы в производстве, обработке и контроле качества композитов.

9. *Проектирование предприятий, цехов и участков по производству изделий из композиционных материалов.* Общая характеристика методов проектирования предприятий. Особенности проектирования цехов и участков производства изделий из волокнистых композитных материалов.

10. *Проектирование тепло-, водо- и энергоснабжения.* Требования, предъявляемые к проектированию систем тепло-, водо- и энергоснабжения. Вентиляционные системы, системы кондиционирования воздуха, звуко- и вибропоглощающие устройства.

Литература для подготовки

Бобрышев А. Н. Полимерные композиционные материалы : учебное пособие / А. Н. Бобрышев, В. Т. Ерофеев, В. Н. Козомазов. - Москва: Изд-во АСВ, 2013.

Единая система технологической документации : справочное пособие / Е. А. Лобода [и др.]. - Москва: Изд-во стандартов, 1992.

Михайлин Ю. А. Специальные полимерные композиционные материалы / Ю. А. Михайлин. - Санкт-Петербург: Науч. основы и технологии, 2014.

Научные основы технологии композиционно-волоконистых материалов : в 2 ч. / О. Г. Цыплаков ; Пермский машиностроительный завод им. В. И. Ленина ; Ленинградский механический институт .— Пермь : Перм. кн. изд-во, 1974-1975

Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / С. Л. Баженов [и др.]. - Долгопрудный: Интеллект, 2010.

Специальные технологические процессы и оборудование обработки давлением / В. А. Голенков [и др.]. - Москва: Машиностроение, 2004.

Технология и проектирование углерод-углеродных композитов и конструкций / Ю.В. Соколкин [и др.]. - М.: Наука, Физматлит, 1996.

2.5. «Расчет на прочность и методы испытаний композитных конструкций»

Темы (вопросы)

1. *Особенности композиционных материалов.* Их классификация. Анизотропия композитов. Определяемые деформационные, прочностные и теплофизические характеристики композиционных материалов. Влияние эксплуатационных, конструкционных и технологических факторов на характеристики композитов.

2. *Прогнозирование упругих и прочностных свойств однонаправленного волокнистого композита - однонаправленного слоя.* Основные модели волокнистых композиционных материалов для расчеты упругих модулей и прочностных свойств. Модель разрушения однонаправленного композита.

3. *Прогнозирование упругих и прочностных характеристик слоистых пластиков по свойствам слоев.* Плоское напряженное состояние. Расчет напряжений в слоях по средним (макроскопическим) напряжениям в композите (пакете слоев). Расчет матриц жесткости пакета. Диаграммы анизотропии. Прогнозирование прочности пакета с учетом повреждений слоев по совокупности критериев.

4. *Критерии разрушения слоистых композитов.* Применение критериев разрушения для анализа прочности конструкций. Вычисление коэффициентов тензорно-полиномиального критерия разрушения по результатам испытаний методом наименьших квадратов.

5. *Критерии прочности с позиций механики разрушения.* Понятие о механике разрушения. Силовой и энергетический критерии разрушения тел с трещинами. Применение критериев разрушения тел с трещинами.

6. *Прочность при циклических нагрузках.* Малоцикловая (закон Пэриса), многоцикловая и гиперцикловая усталость материалов. Усталостное разрушение при нестационарном нагружении (линейное суммирование поврежденности). Применение закона Пэриса и Гриффитса для расчета критических параметров трещин при заданном нагружении.

7. *Длительная прочность.* Кривые ползучести. Изохронные диаграммы деформирования. Накопление повреждений при длительном нагружении.

Принцип линейного суммирования повреждений при длительном нагружении.

8. *Прочность при динамическом нагружении.* Динамические и статические нагрузки. Экспериментальные зависимости прочности слоистых композитов от энергии поперечного удара. Задача о динамическом пробое слоистого пластика снарядом.

9. *Оценка прочности и ресурса работы композиционных конструкций с использованием моделей накопления повреждений.* Скалярная и тензорная меры повреждений. Кинетическое уравнение для меры повреждений. Функции повреждаемости для слоистого композита при ПНС.

10. *Оценка влияния факторов окружающей среды на прочность пластиков.* Температурные зависимости упругих и прочностных характеристик основных типов композитов. Влияние влажности (коэффициенты влажностного расширения, гидронапряжения), гидротермальное старение. Влияние ультрафиолетового излучения, радиации, агрессивных сред. Описание суммарного воздействия факторов окружающей среды единой закономерностью.

11. *Общие положения о расчетах на прочность элементов конструкций,* Проектировочные и проверочные расчеты, эксплуатационные и расчетные нагрузки, выбор расчетного случая, коэффициенты безопасности и запаса прочности. Оформление расчетов на прочность в составе комплекта конструкторской документации на изделие в соответствии с ЕСКД.

12. *Общие представления о методах испытаний композитов.* Основные цели и особенности испытаний композитов. Влияние формы, размеров и методов приложения нагрузок на результаты испытаний.

13. *Испытания на растяжение композиционных материалов.* Техника и методика испытаний, режимы нагружения. Обработка результатов испытаний. Испытания на растяжение трубчатых образцов. Особенности испытаний на растяжение образцов, вырезанных под углом к направлениям армирования.

14. *Испытания на сдвиг композиционных материалов.* Испытания на сдвиг композиционных материалов. Сдвиг в плоскости. Межслойный сдвиг и срез. Испытание композитных стержней и труб на кручение. Образцы для испытаний. Техника и методика испытаний.

15. *Испытания на сжатие, изгиб и смятие композиционных материалов.* Испытание элементов конструкций. Испытания на изгиб композиционных материалов. Испытания колец, сегментов и труб из композиционных материалов. Образцы для испытаний. Техника и методика испытаний. Схемы нагружения, определяемые характеристики.

Литература для подготовки

Аношкин А.Н. Теория и технология намотки конструкций из полимерных композиционных материалов: Учебное пособие для вузов. – Пермь: Перм. гос. техн. ун-т., 2003. – 117 с.

Аношкин А.Н., Ташкинов А.А. Прогнозирование несущей способности композитных фланцев корпусных деталей авиадвигателей. – Пермь. Перм. гос. техн. ун-т., 1998 – 101 с.

В.В.Васильев. Механика конструкций из композиционных материалов. М.: Машиностроение, 1988. — 269 с.

Композиционные материалы: Справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; Под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. — М.: Машиностроение, 1990. — 512 с.

Кристенсен Р.М. Введение в механику композитов.–М.:Мир.–1982.–

Н.А.Алфутов, П.А.Зиновьев, Б.Г.Попов. Расчет многослойных пластин и оболочек из композиционных материалов. М.: Машиностроение, 1984.– 263 с.

Образцов И.Ф., Васильев В.В., Бунаков В.А. Оптимальное армирование оболочек вращения из композиционных материалов. М.: Машиностроение. 1977. – 143 с.

Победря Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности.– М.: МГУ.– 1995.–366 с.

Расчет на прочность слоисто-волокнутого композита симметричной структуры: Учебно-методическое пособие / Сост. Аношкин А.Н., Иванов С.Г., Найданова С.С., Чазова И.А.. – Перм. гос. техн. ун-т.: Пермь, 2001. – 19 с.

Шлюшенков, А.П. Механика разрушения и расчеты на прочность и долговечность элементов машин и конструкций с трещинами: Учеб. пособие для вузов / Брян. гос. техн. ун-т. — Брянск: Изд-во БГТУ, 1996.— 229 с.

3. ПРИМЕР ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

ПЕРМСКИЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ВСТУПИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ
(междисциплинарный экзамен)
по направлению
**22.04.01 «Материаловедение
и технологии материалов»**
профиль «Проектирование
конструкций из композиционных
материалов»

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ А.Н. Аношкин

«_____» _____ 2019г.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. *Упругие свойства конструкционных материалов и композитов.* Частные случаи анизотропии упругих свойств. Технические постоянные упругости (30 баллов)
2. *Композиционные материалы: характеристика, состав и классификация.* Определение и сущность понятия «композиционный материал». Компоненты композиционных материалов, понятия матрицы и наполнителя. Основные принципы классификации композиционных материалов (КМ) (30 баллов)
3. *Испытания на сдвиг композиционных материалов.* Испытания на сдвиг композиционных материалов. Сдвиг в плоскости. Межслойный сдвиг и срез. Испытание композитных стержней и труб на кручение. Образцы для испытаний. Техника и методика испытаний (40 баллов)