Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 15.07.2024 14:17:33
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
_____ /М.Р. Рыбакова/
«15» февраля 2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# Механика композиционных материалов

Направление подготовки/специальность
**23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства**

Профиль/специализация
**Компьютерный инжиниринг в автомобилестроении**

Квалификация
**инженер**

Формы обучения
**Очная**

Москва, 2024 г

**Разработчик(и):**

Профессор, д.т.н.  /А.Н. Полилов/

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»,
д.ф-м.н., доцент  /А.А. Скворцов/

## 1. Цели освоения дисциплины.

**Основной целью** освоения дисциплины «**Механика композиционных материалов**» следует считать:

- подготовку специалиста к деятельности, связанной с проектированием композитных конструкций для различных отраслей машиностроения и транспорта с применением современных средства вычислительной техники и компьютерных программ.

К **основным задачам** освоения дисциплины «**Механика композиционных материалов**» следует отнести:

- изучение методов и средств для определения механических свойств новых композитных материалов;
- освоение методов проектирования композитных конструкций и выбора оптимальных структур армирования для заданного вида нагружения;
- ознакомление с основными преимуществами, которые могут быть достигнуты при замене традиционных сплавов на композиты.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета.

Дисциплина «Механика композиционных материалов» относится к базовой части (дисциплины специализации) Блока 1 основной образовательной программы специалитета.

«Механика композиционных материалов» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

– Физика
- Математика
- Сопротивление материалов
- Материаловедение
- Теория упругости
- Основы физики прочности и механика разрушения
- Технология конструкционных материалов

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

| **Код компетенции** | **В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать:** | **Перечень планируемых результатов** |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| ОПК-4 | Способен проводить исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность при решении инженерных и научно-технических задач, включающих планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов | **Знать:**<br>- классификацию и основные свойства современных композитов<br>- критерии прочности композитов, учитывающих направленный характер разрушения<br>**Уметь:**<br>- выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали<br>- определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности<br>**Владеть:**<br>- экспериментальными методами определения полного набора упруго-прочностных характеристик анизотропных композитов<br>- программой послойного расчета несущей способности композитных конструкций |

## 4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единицы, т.е. **252** академических часа (из них 126 часов – самостоятельная работа студентов).

На четвертом курсе в **восьмом** семестре выделяются **4** зачетные единицы, т.е. **144** академических часов (из них 72 часа – самостоятельная работа студентов).

На пятом курсе в **девятом** семестре выделяются **3** зачетные единицы, т.е. **108** академических часов (из них 54 часа – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «**Механика композиционных материалов»** изучаются на четвертом и пятом курсе.

**Восьмой семестр:** лекции – 2 часа в неделю (36 часов), семинарские занятия **–** 2 час в неделю (36 часов), форма контроля – зачет.

**Девятый семестр:** лекции – 1 час в неделю (18 часов), семинарские занятия – 2 часа в неделю (36 часов), форма контроля - экзамен.

Структура и содержание дисциплины «**Механика композиционных материалов**» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

**Содержание разделов дисциплины.**

**Седьмой семестр**

**А. Введение**

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Структура курса, его место и роль в подготовке, связь с другими дисциплинами. Основные термины и определения. Основные свойства и эффекты применения композитов в машиностроении. История создания композиционных материалов. Первые применения стеклопластиков. Основные требования к конструкционным материалам в машиностроении. Применение композитов: авиация и военная техника, спортивное снаряжение, канаты, маховики–накопители энергии, шинный корд, арматура бетона, пуленепробиваемые жилеты, броня, медицина, строительство, судостроение.

**Б. Конструкционные свойства композиционных материалов**.

Представления о композитах. Определение и классификация композитов. Три секрета прочности композитов (масштабный эффект, торможение трещины поверхностью раздела, статистический характер прочности волокон). Конструкционные и технологические свойства композитов. Удельная прочность и удельный модуль. Структура, свойства и применение в технике полимерных и композитных материалов (ПКМ). Долговечность композиционных материалов. Влияние температуры и влажности на свойства композитов. Климатические испытания и старение. Усталостные свойства и ползучесть композитов. Сопротивление композитов сдвиговым деформациям. Волокнистые армирующие материалы. Масштабный эффект прочности. Стеклянные волокна. Состав стекла, диаметр и свойства стекловолокон, поверхностная обработка. Полуфабрикаты: ровинги, ткани, маты из рубленых волокон, текстильная стекловолоконная пряжа. Измельченные волокна, покрытия. Высокосиликаты и кварц. Физико-механические, химические, термические свойства. Высокопрочные и высокомодульные углеродные волокна. Сырье для их получения. Карбонизация и графитизация. Структура и механические свойства углеволокон на основе полиакрилонитрила. Волокна из пеков. Электрические свойства волокон. Углепластики с термопластичными и термореактивными связующими. Гибридные материалы с углеродными волокнами. Углерод-углеродные материалы, технологии, свойства, применение. Обработка углепластиков. Борные, керамические, базальтовые волокна. Технология получения боровольфрамовых и бороуглеродных волокон. Применение боралюминия. Карбид-кремниевые волокна. Высокомолекулярные, высокомодульные органические, арамидные волокна и ткани на их основе. Технологии получения. Кевлар, СВМ. Механические, тепловые, химические свойства. Матрицы в композите. Назначение и классификация матриц. Керамическая, металлическая, полимерная, углеродная матрицы. Термопластичные и термореактивные полимеры. Полиэфирные, фенолформальдегидные, эпоксидные, полиимидные, кремнийорганические

связующие. Методы отверждения. Ускорители, пластификаторы. Структурные особенности и механические свойства композитов, схемы и методы армирования. Тканные композиты. Хаотическое армирование, ориентированное армирование волокнами, трехмерное, пространственное армирование. Технология изготовления деталей и изделий из полимерных композитов. Процессы изготовления деталей и изделий из полимерных волокнистых композитов. Технология изготовления углеродных композиционных материалов. Понятие о технологических напряжениях. Технологии изготовления деталей из ПКМ: намотка, выкладка и формование препрегов, экструзия, пултрузия, литье под давлением. Методы механической обработки и соединения полимерных композитных деталей.

**В. Элементы механики упругого анизотропного тела**.
Феноменологический и структурный подходы в механике композитов. Вариационный подход к оценке границ эффективных модулей. Оценки Фойгта и Рейсса. Понятие “изотропного” композита с симметричным расположением трех и более семейств волокон. Метод определения упругих констант изотропного композита. Уравнения механики слоистых композитов. Механика деформирования и разрушения композитных материалов и конструкций. Теория упругости анизотропного тела. Вариационно-матричные формулировки задач механики твердого тела. Основные уравнения и модели деформирования многослойных оболочек. Обобщенный закон Гука и число независимых упругих констант (в общем случае – 21 упругая константа анизотропного материала). Преобразование тензоров при повороте координатных осей. Виды упругой симметрии: изотропия, ортотропия, трансверсальная изотропия. Типы и особенности разрушения композитов. Применение энергетического условия расслоения для расчета несущей способности изгибаемых слоистых балок, сжатых композитных стержней и труб. Механика разрушения композитов. Тензорно-полиномиальные критерии прочности. Критерии прочности композитов, учитывающие направленный характер их разрушения. Критерии прочности намотанных композитных труб при растяжении, кручении и при сложном напряженном состоянии.

**Восьмой семестр.**

**Г. Методы механических испытаний волокнистых композитов**.
Методы статических испытаний композитов. Определение статических свойств стеклопластиков и углепластиков при растяжении, сжатии, изгибе, сложном напряженном состоянии. Определение модулей сдвига композитов при кручении, сдвиге и по периодам крутильных колебаний. Особенности испытаний на изгиб и определение межслойного модуля сдвига по поправке к прогибу. Методы испытаний композитных образцов на ползучесть и

основы наследственной теории ползучести. Ядро Абеля и ядро Работнова. Подобие изохронных кривых. Диаграмма мгновенного деформирования. Методы высокоскоростных динамических испытаний композитов. Задачи испытаний. Распространение волн. Коэффициент динамичности. Газовая пушка: скорость снаряда. Пробивание пластин и остаточная прочность.

**Д. Методы расчета и оптимизации композитных элементов.**

Трехслойные и многослойные конструкции. Алгоритмизация задач о деформировании и прочности многослойных композитов. Методы расчета на прочность и долговечность. Влияние концентрации напряжений на прочность волокнистых композитов. Расчет и конструирование соединений изделий из ПКМ (заклепочные, клеевые, механические, биомеханические). Расчет прочности композитных пластин, стержней, цилиндрических оболочек при различных схемах армирования. Расчет и проектирование кузовных деталей, балок, панелей из композитов. Типовые элементы конструкций из композитов, способы их формирования и расчета. Расчет прочности и долговечности композитных балок, ферменных конструкций, многослойных пластин, панелей и оболочек. Проектный расчет композитных деталей. Проектный расчет стеклопластиковой рессоры с учетом ползучести, сложного гибридного армирования, возможности расслоения при кручении и изгибе. Принципы оптимального проектирования композитных материалов-конструкций. Оптимизация структуры армирования композитного карданного вала при переменных углах армирования с учетом динамической устойчивости, прочности и оболочечной формы потери устойчивости. Выбор оптимальных схем армирования для труб и сосудов давления. Равнопрочные баллоны давления. Нитяная модель и уточненные критерии прочности. Схема оценки надёжности баллона для сжатого природного газа при возникновении в стенках дефектов типа трещин и расслоений. Послойный метод вычисления напряжений в слоях армированных пластиков с произвольной схемой армирования. Упрощенный метод расчета для сильно анизотропных композитов типа углепластиков.

**Е. Дефекты и механика разрушения композитов**

Микродефекты в компонентах – в волокнах и в матрице. Дефекты в армирующих элементах. Дефекты в матрицах. Поверхности раздела «волокно–матрица». Технологические дефекты. Конструкционные дефекты. Эксплуатационные дефекты.

## 5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Механика композиционных материалов» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных

занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков, обучающихся:

– обсуждение и защита на семинарах рефератов по дисциплине;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;

– проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам испытаний композитов.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью и содержанием дисциплины «Механика композиционных материалов», и в целом по дисциплине составляет 25% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

**В восьмом семестре**

- реферат по темам: «Основные типы и свойства композитов», «Методы испытаний композитов» и «Механика деформирования композиционных материалов» (индивидуально для каждого обучающегося).

**В седьмом семестре**

- подготовка реферата и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением по темам: «Механика разрушения композиционных материалов», «Примеры проектного расчета композитных элементов конструкций» (индивидуально для каждого обучающегося).

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов, тем рефератов, зачетных и экзаменационных билетов приведены в приложении 3.

### 6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

| Код Компетенции | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать |
|---|---|
| ОПК-4 | Способен проводить исследования, организовывать самостоятельную и |

| | |
|---|---|
| | коллективную научно-исследовательскую деятельность при решении инженерных и научно-технических задач, включающих планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов |

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе - их отдельные компоненты, формируются поэтапно в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### 6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания.

Показателем оценки компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине.

**ОПК-4Способен проводить исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность при решении инженерных и научно-технических задач, включающих планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов**

| **Показатель** | **Критерии оценивания** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **знать:** классификацию и основные свойства современных композитов; критерии прочности композитов, учитывающих направленный характер разрушения | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное знание классификации и основных свойств современных композитов; критериев прочности композитов, учитывающих направленный характер разрушения | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний классификации и основных свойств современных композитов; критериев прочности композитов, учитывающих направленный характер разрушения. Допускаются значительные ошибки, обучающийся испытывает значительные затруднения при анализе примеров применения композитов | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний классификации и основных свойств современных композитов; критериев прочности композитов, учитывающих направленный характер разрушения, но допускает незначительные ошибки, неточности, затруднения при анализе возможностей применения композитов. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний классификации и основных свойств современных композитов; критериев прочности композитов, учитывающих направленный характер разрушения, свободно оперирует приобретенным и знаниями. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **уметь:** выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали; определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности | Обучающийся не умеет выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали; определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности | Обучающийся в недостаточной степени умеет выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали; определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности. Допускаются значительные ошибки, обучающийся испытывает значительные затруднения при попытке переноса умения на новые виды конструкции. | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умения выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали; определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые конструкции. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие умения выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали; определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности. Свободно оперирует приобретены-ми умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности. |
| **владеть:** экспериментальными методами определения полного набора упруго-прочностных характеристик анизотропных композитов; программой послойного расчета несущей способности композитных конструкций | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет экспериментальными методами определения полного набора упруго-прочностных характеристик анизотропных композитов; программой послойного расчета несущей способности композитных конструкций | Обучающийся в неполном объеме владеет экспериментальными методами определения полного набора упруго-прочностных характеристик анизотропных композитов; программой послойного расчета несущей способности композитных конструкций, допускает значительные ошибки, испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях. | Обучающийся частично владеет экспериментальными методами определения полного набора упруго-прочностных характеристик анизотропных композитов; программой послойного расчета несущей способности композитных конструкций, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических | Обучающийся в полном объеме владеет экспериментальными методами определения полного набора упруго-прочностных характеристик анизотропных композитов; программой послойного расчета несущей способности композитных конструкций, свободно |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | расчетах, при переносе умений на новые, ситуации. | применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности. |

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

**Форма промежуточной аттестации: зачет.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Механика композиционных материалов», а именно, выполнившие задания по упражнениям на семинарских занятиях, подготовившие реферат и выступившие с докладом на итоговом семинаре.

| **Шкала оценивания** | **Описание** |
|---|---|
| Зачтено | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным показателям в таблицах, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Не зачтено | Не выполнено более одного вида учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты

текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Механика композиционных материалов», а именно, выполнившие задания по упражнениям на семинарских занятиях, подготовившие реферат и выступившие с докладом на итоговом семинаре.

| **Шкала оценивания** | **Описание** |
|---|---|
| Отлично | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Хорошо | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний об основных этапах проектирования, создания и испытаний композитных конструкций, допускает незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических расчетах. |
| Удовлетворительно | Обучающийся демонстрирует неполные знания об основных этапах проектирования, создания и испытаний композитных конструкций, проявляет недостаточность знаний, испытывает затруднения при попытке применить знания для новых конструкций. |
| Неудовлетворительно | Не выполнено более одного из видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков показателям, приведенным в таблицах, допускает значительные ошибки, проявляет отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, испытывает значительны затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые конструкции |

**Фонды оценочных средств представлены в Приложении 2 к рабочей программе.**

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

**а) основная литература:**

Композиционные материалы : учебное пособие для вузов / Д. А. Иванов, А. И. Ситников, С. Д. Шляпин ; под редакцией А. А. Ильина. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 253 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11618-2.
URL: https://urait.ru/bcode/476225

**б) дополнительная литература:**

1. Аннин, Б. Д. Механика композитов : учебное пособие для вузов / Б. Д. Аннин, Е. В. Карпов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2021 ; Новосибирск : РИЦ НГУ. — 85 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13166-6 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-4437-0532-3 (РИЦ НГУ). — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/449349

**в) Электронные образовательные ресурсы:**

**Курс «Технологическая механика композитов»**
**https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=4389**

**Курс «Экспериментальная механика композитов»**
**https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=12395**

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Аудитория для проведения лекционных и практических занятий оснащенная столами учебными со скамьями (столами, стульями); аудиторной доской; рабочее место преподавателя: стол, стул.
Компьютерный класс (Н-212) оснащенный персональными компьютерами с установленным программным обеспечением, маркерной доской, подвесным проектором с интерактивной доской.

## 9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

1. Систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
2. Углубление и расширение теоретической подготовки;
3. Формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;

4. Развитие познавательных способностей и активности студентов, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
5. Использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на практических занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных, практических занятиях и лабораторных работах. Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

На основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных терминов, положений и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения разделов дисциплины. Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать, перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

## 10.Методические рекомендации для преподавателя

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – лекционные, практические и лабораторные занятия и консультирование. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а

также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомится с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение

эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Экзамен или зачет по дисциплине проводится в форме письменного экзамена с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе вопросов, сформулированных в зачетных или экзаменационных билетах. В билет вносится два теоретических и один практический вопрос из различных разделов дисциплины для более полной проверки знаний студентов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель принимающий зачет или экзамен лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Приложение 1.

**Структура и содержание дисциплины «Механика композиционных материалов» по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства. (Специалист)**

| n/n | Раздел | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах | | | | | Виды самостоятельной работы студентов | | | | | Формы аттестации | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Л | П/С | Лаб | СРС | КСР | К.Р. | К.П. | РГР | Реферат | К/р | Э | З |
| **Восьмой семестр** | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Предмет, задачи и содержание дисциплины. Структура курса, его место и роль в подготовке, связь с другими дисциплинами. Основные термины и определения. Основные свойства и эффекты применения композитов в машиностроении. История создания композиционных материалов. Первые применения стеклопластиков. | 8 | 1-2 | 4 | 4 | | 8 | | | | | + | | | |
| 2 | Основные требования к конструкционным материалам в машиностроении. Применение композитов: авиация и военная техника, спортивное снаряжение, канаты, маховики–накопители энергии, шинный корд, арматура бетона, пуленепробиваемые жилеты, броня, медицина, строительство, судостроение | 8 | 3-4 | 4 | 4 | | 8 | | | | | + | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Представления о композитах. Определение и классификация композитов. Три секрета прочности композитов (масштабный эффект, торможение трещины поверхностью раздела, статистический характер прочности волокон). Конструкционные и технологические свойства композитов. Удельная прочность и удельный модуль. Структура, свойства и применение в технике полимерных и композитных материалов (ПКМ). Долговечность композиционных материалов. Влияние температуры и влажности на свойства композитов. Климатические испытания и старение. Усталостные свойства и ползучесть композитов. Сопротивление композитов сдвиговым деформациям. Волокнистые армирующие материалы. Масштабный эффект прочности. Стеклянные волокна. Состав стекла, диаметр и свойства стекловолокон, поверхностная обработка. Полуфабрикаты: ровинги, ткани, маты из рубленых волокон, текстильная стекловолоконная пряжа. Измельченные волокна, покрытия. Высокосиликаты и кварц. Физико- | 8 | 5-6 | 4 | 4 | | 8 | | | | | + | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | механические, химические, термические свойства. | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Высокопрочные и высокомодульные углеродные волокна. Сырье для их получения. Карбонизация и графитизация. Структура и механические свойства углеволокон на основе полиакрилонитрила. Волокна из пеков. Электрические свойства волокон. Углепластики с термопластичными и термореактивными связующими. Гибридные материалы с углеродными волокнами. Углерод-углеродные материалы, технологии, свойства, применение. Обработка углепластиков. Борные, керамические, базальтовые волокна. Технология получения боровольфрамовых и бороуглеродных волокон. Применение боралюминия. Карбид-кремниевые волокна. Высокомолекулярные, высокомодульные органические, арамидные волокна и ткани на их основе. Технологии получения. Кевлар, СВМ. Механические, тепловые, химические свойства. | 8 | 7-8 | 4 | 4 | | 8 | | | | | + | | | |
| 5 | Матрицы в композите. Назначение и классификация матриц. Керамическая, металлическая, полимерная, углеродная матрицы. Термопластичные и | 8 | 9-10 | 4 | 4 | | 8 | | | | | + | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | термореактивные полимеры. Полиэфирные, фенолформальдегидные, эпоксидные, полиимидные, кремнийорганические связующие. Методы отверждения. Ускорители, пластификаторы. Структурные особенности и механические свойства композитов, схемы и методы армирования. | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Тканные композиты. Хаотическое армирование, ориентированное армирование волокнами, трехмерное, пространственное армирование. Технология изготовления деталей и изделий из полимерных композитов. Процессы изготовления деталей и изделий из полимерных волокнистых композитов. Технология изготовления углеродных композиционных материалов. Понятие о технологических напряжениях. Технологии изготовления деталей из ПКМ: намотка, выкладка и формование препрегов, экструзия, пултрузия, литье под давлением. Методы механической обработки и соединения полимерных композитных деталей | 8 | 11-12 | 4 | 4 | | 8 | | | | | + | | | |
| 7 | Феноменологический и структурный подходы в механике композитов. Вариационный | 8 | 13-14 | 4 | 4 | | 8 | | | | | + | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | подход к оценке границ эффективных модулей. Оценки Фойгта и Рейсса. Понятие “изотропного” композита с симметричным расположением трех и более семейств волокон. Метод определения упругих констант изотропного композита. Уравнения механики слоистых композитов. | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Механика деформирования и разрушения композитных материалов и конструкций. Теория упругости анизотропного тела. Вариационно-матричные формулировки задач механики твердого тела. Основные уравнения и модели деформирования многослойных оболочек. Обобщенный закон Гука и число независимых упругих констант (в общем случае – 21 упругая константа анизотропного материала). Преобразование тензоров при повороте координатных осей. Виды упругой симметрии: изотропия, ортотропия, трансверсальная изотропия. Типы и особенности разрушения композитов. | 8 | 15-16 | 4 | 4 | | 8 | | | | | + | | | |
| 9 | Применение энергетического условия расслоения для расчета несущей способности изгибаемых слоистых балок, сжатых композитных стержней и труб. | 8 | 17-18 | 4 | 4 | | 8 | | | | | + | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Механика разрушения композитов. Тензорно-полиномиальные критерии прочности. Критерии прочности композитов, учитывающие направленный характер их разрушения. Критерии прочности намотанных композитных труб при растяжении, кручении и при сложном напряженном состоянии | | | | | | | | | | | | | | |
| | Форма аттестации | 8 | | | | | | | | | | | | | З |
| | Всего часов по дисциплине во седьмой семестре | | | 36 | 36 | | 72 | | | | | реферат | | | |
| **Девятый семестр** | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Методы статических испытаний композитов. Определение статических свойств стеклопластиков и углепластиков при растяжении, сжатии, изгибе, сложном напряженном состоянии. Определение модулей сдвига композитов при кручении, сдвиге и по периодам крутильных колебаний. | 9 | 1-2 | 2 | 4 | | 6 | | | | | + | | | |
| 2 | Особенности испытаний на изгиб и определение межслойного модуля сдвига по поправке к прогибу. Методы испытаний композитных образцов на ползучесть и основы наследственной теории ползучести. Ядро Абеля и ядро Работнова. Подобие изохронных кривых. Диаграмма мгновенного деформирования. | 9 | 3-4 | 2 | 4 | | 6 | | | | | + | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Методы высокоскоростных динамических испытаний композитов. Задачи испытаний. Распространение волн. Коэффициент динамичности. Газовая пушка: скорость снаряда. Пробивание пластин и остаточная прочность | 9 | 5-6 | 2 | 4 | | 6 | | | | | + | | | |
| 4 | Трехслойные и многослойные конструкции. Алгоритмизация задач о деформировании и прочности многослойных композитов. Методы расчета на прочность и долговечность. Влияние концентрации напряжений на прочность волокнистых композитов. Расчет и конструирование соединений изделий из ПКМ (заклепочные, клеевые, механические, биомеханиче-ские). Расчет прочности композитных пластин, стержней, цилиндрических оболочек при различных схемах армирования. Расчет и проектирование кузовных деталей, балок, панелей из композитов. | 9 | 7-8 | 2 | 4 | | 6 | | | | | + | | | |
| 5 | Типовые элементы конструкций из композитов, способы их формирования и расчета. Расчет прочности и долговечности композитных балок, ферменных конструкций, многослойных пластин, панелей и оболочек. Проектный расчет композитных | 9 | 9-10 | 2 | 4 | | 6 | | | | | + | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | деталей. | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Проектный расчет стеклопластиковой рессоры с учетом ползучести, сложного гибридного армирования, возможности расслоения при кручении и изгибе. Принципы оптимального проектирования композитных материалов-конструкций. Оптимизация структуры армирования композитного карданного вала при переменных углах армирования с учетом динамической устойчивости, прочности и оболочечной формы потери устойчивости. | 9 | 11-12 | 2 | 4 | | 6 | | | | | + | | | |
| 7 | Выбор оптимальных схем армирования для труб и сосудов давления. Равнопрочные баллоны давления. Нитяная модель и уточненные критерии прочности. Схема оценки надёжности баллона для сжатого природного газа при возникновении в стенках дефектов типа трещин и расслоений. | 9 | 13-14 | 2 | 4 | | 6 | | | | | + | | | |
| 8 | Послойный метод вычисления напряжений в слоях армированных пластиков с произвольной схемой армирования. Упрощенный метод расчета для сильно анизотропных композитов типа углепластиков. | 9 | 15-16 | 2 | 4 | | 6 | | | | | + | | | |
| 9 | Микродефекты в компонентах – в | 9 | 17-18 | 2 | 3 | | 6 | | | | | + | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | волокнах и в матрице. Дефекты в армирующих элементах. Дефекты в матрицах. Поверхности раздела «волокно–матрица». Технологические дефекты. Конструкционные дефекты. Эксплуатационные дефекты | | | | | | | | | | | | | | |
| | Форма аттестации | | | | | | | | | | | | | Э | |
| | Всего часов по дисциплине во втором (восьмом) семестре | | | 18 | 36 | | 54 | | | | | реферат | | | |
| Итого | | | | 54 | 72 | | 126 | | | | | | | | |

Приложение 2 к
рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Специальность: 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Форма обучения: очная

Кафедра: Динамика, прочность машин и сопротивление материалов

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

# ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# Механика композиционных материалов

Москва, 2024 год

Таблица 1

# ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

| **КОМПЕТЕНЦИИ** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ИНДЕКС** | **ФОРМУЛИРОВКА** | **Перечень компонентов** | **Технология формирования компетенции** | **Форма оценочного средства** | **Степени уровней освоения компетенций** |
| ОПК-4 | Способен проводить исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность при решении инженерных и научно-технических задач, включающих планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов | **Знать:**<br>- классификацию и основные свойства современных композитов<br>- критерии прочности композитов, учитывающих направленный характер разрушения<br>**Уметь:**<br>- выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали<br>- определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности<br>**Владеть:**<br>- экспериментальными методами определения полного набора упруго-прочностных характеристик анизотропных композитов | Лекция, практическое занятие самостоятельная работа | **Р**<br>**УО**<br>**З**<br>**Э** | **Базовый уровень**<br>- способен выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали<br>**Повышенный уровень**<br>- способен выбрать оптимальный состав и структуру армирования композита для конкретной детали |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | - программой послойного расчета несущей способности композитных конструкций | | | |

Приложение 2
к рабочей программе

**Перечень оценочных средств по дисциплине «Механика композиционных материалов»**

| № ОС | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление оценочного средства в ФОС |
|---|---|---|---|
| 1 | Устный опрос, собеседование, (УО) | Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний, обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. | Вопросы по темам/разделам дисциплины |
| 2 | Реферат (Р) | Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. | Темы рефератов |
| 3 | Зачет (З) | Средство проведения промежуточной аттестации по результатам выполнения всех видов учебной работы в течении семестра с проставлением оценки «зачтено» или «не зачтено» | Примеры зачетных билетов |
| 4 | Экзамен (Экз) | Средство проведения промежуточной аттестации по результатам выполнения всех видов учебной работы в течении семестра с проставлением оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «не удовлетворительно» | Примеры экзаменационных билетов |

Приложение 3

# Примеры зачетных и экзаменационных билетов по курсу «Механика композиционных материалов»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина Механика композиционных материалов
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства
Курс 4, семестр 8

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 4.**

1. Усталостные свойства и ползучесть композитов.
2. Вариационно-матричные формулировки задач механики твердого тела.

Утверждено на заседании кафедры «___» сентября 20___ г., протокол № ___

Зав. кафедрой _____ /А.А.Скворцов/

---

Перечень вопросов к зачету

| **Вопросы к зачету** | **Код компетенции** |
|---|---|
| История создания композиционных материалов. | **ОПК-4** |
| Основные свойства и эффекты применения композитов в машиностроении | **ОПК-4** |
| Первые применения стеклопластиков. | **ОПК-4** |
| Применение композитов: авиация и военная техника, спортивное снаряжение, канаты, маховики–накопители энергии, шинный корд, арматура бетона, пуленепробиваемые жилеты, броня, медицина, строительство, судостроение | **ОПК-4** |
| Определение и классификация композитов | **ОПК-4** |
| Три секрета прочности композитов (масштабный эффект, торможение трещины поверхностью раздела, статистический характер прочности волокон) | **ОПК-4** |
| Удельная прочность и удельный модуль | **ОПК-4** |
| Влияние температуры и влажности на свойства композитов | **ОПК-4** |
| Долговечность композиционных материалов | **ОПК-4** |
| Усталостные свойства и ползучесть композитов | **ОПК-4** |
| Сопротивление композитов сдвиговым деформациям. | **ОПК-4** |
| Волокнистые армирующие материалы | **ОПК-4** |
| Масштабный эффект прочности | **ОПК-4** |

| | |
|---|---|
| Состав стекла, диаметр и свойства стекловолокон, поверхностная обработка | **ОПК-4** |
| Физико-механические, химические, термические свойства композитов | **ОПК-4** |
| Структура и механические свойства углеволокон на основе полиакрилонитрила | **ОПК-4** |
| Гибридные материалы с углеродными волокнами | **ОПК-4** |
| Борные, керамические, базальтовые волокна. | **ОПК-4** |
| Применение боралюминия. Карбид-кремниевые волокна. | **ОПК-4** |
| Матрицы в композите | **ОПК-4** |
| Механические, тепловые, химические свойства. | **ОПК-4** |
| Назначение и классификация матриц | **ОПК-4** |
| Термопластичные и термореактивные полимеры | **ОПК-4** |
| Структурные особенности и механические свойства композитов, схемы и методы армирования | **ОПК-4** |
| Технология изготовления деталей и изделий из полимерных композитов | **ОПК-4** |
| Феноменологический и структурный подходы в механике композитов | **ОПК-4** |
| Вариационный подход к оценке границ эффективных модулей | **ОПК-4** |
| Понятие “изотропного” композита с симметричным расположением трех и более семейств волокон | **ОПК-4** |
| Метод определения упругих констант изотропного композита | **ОПК-4** |
| Механика деформирования и разрушения композитных материалов и конструкций | **ОПК-4** |
| Теория упругости анизотропного тела | **ОПК-4** |
| Основные уравнения и модели деформирования многослойных оболочек | **ОПК-4** |
| Обобщенный закон Гука и число независимых упругих констант | **ОПК-4** |
| Преобразование тензоров при повороте координатных осей. | **ОПК-4** |
| Типы и особенности разрушения композитов | **ОПК-4** |
| Применение энергетического условия расслоения для расчета несущей способности изгибаемых слоистых балок, сжатых композитных стержней и труб | **ОПК-4** |
| Механика разрушения композитов | **ОПК-4** |
| Тензорно-полиномиальные критерии прочности | **ОПК-4** |
| Критерии прочности композитов, учитывающие направленный характер их разрушения | **ОПК-4** |
| Критерии прочности намотанных композитных труб при растяжении, кручении и при сложном напряженном состоянии | **ОПК-4** |
| Вариационно-матричные формулировки задач механики твердого тела | **ОПК-4** |
| Оценки Фойгта и Рейсса. | **ОПК-4** |

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина Механика композиционных материалов
Специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства
Курс 5, семестр 9

## ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5.

1. Ядро Абеля и ядро Работнова.
2. Нитяная модель и уточненные критерии прочности.

Утверждено на заседании кафедры «___» сентября 20___ г., протокол № ___

Зав. кафедрой _____ /А.А.Скворцов/

---

Перечень вопросов к экзамену

| **Вопросы к экзамену** | **Код компетенции** |
|---|---|
| Методы статических испытаний композитов | **ОПК-4** |
| Определение статических свойств стеклопластиков и углепластиков при растяжении, сжатии, изгибе, сложном напряженном состоянии | **ОПК-4** |
| Определение модулей сдвига композитов при кручении, сдвиге и по периодам крутильных колебаний | **ОПК-4** |
| Особенности испытаний на изгиб и определение межслойного модуля сдвига по поправке к прогибу | **ОПК-4** |
| Методы испытаний композитных образцов на ползучесть и основы наследственной теории ползучести | **ОПК-4** |
| Ядро Абеля и ядро Работнова | **ОПК-4** |
| Подобие изохронных кривых | **ОПК-4** |
| Диаграмма мгновенного деформирования | **ОПК-4** |
| Методы высокоскоростных динамических испытаний композитов | **ОПК-4** |
| Распространение волн. Коэффициент динамичности. | **ОПК-4** |
| Газовая пушка: скорость снаряда. | **ОПК-4** |
| Пробивание пластин и остаточная прочность | **ОПК-4** |
| Трехслойные и многослойные конструкции | **ОПК-4** |
| Алгоритмизация задач о деформировании и прочности многослойных композитов | **ОПК-4** |
| Методы расчета на прочность и долговечность | **ОПК-4** |
| Влияние концентрации напряжений на прочность волокнистых | **ОПК-4** |

| | |
|---|---|
| композитов. | |
| Расчет и конструирование соединений изделий из ПКМ (заклепочные, клеевые, механические, биомеханические) | **ОПК-4** |
| Расчет прочности композитных пластин, стержней, цилиндрических оболочек при различных схемах армирования. | **ОПК-4** |
| Расчет и проектирование кузовных деталей, балок, панелей из композитов. | **ОПК-4** |
| Расчет прочности и долговечности композитных балок, ферменных конструкций, многослойных пластин, панелей и оболочек. | **ОПК-4** |
| Принципы оптимального проектирования композитных материалов-конструкций. | **ОПК-4** |
| Оптимизация структуры армирования композитного карданного вала при переменных углах армирования с учетом динамической устойчивости, прочности и оболочечной формы потери устойчивости. | **ОПК-4** |
| Выбор оптимальных схем армирования для труб и сосудов давления | **ОПК-4** |
| Нитяная модель и уточненные критерии прочности. | **ОПК-4** |
| Схема оценки надёжности баллона для сжатого природного газа при возникновении в стенках дефектов типа трещин и расслоений. | **ОПК-4** |
| Послойный метод вычисления напряжений в слоях армированных пластиков с произвольной схемой армирования. | **ОПК-4** |
| Упрощенный метод расчета для сильно анизотропных композитов типа углепластиков | **ОПК-4** |
| Дефекты в армирующих элементах. | **ОПК-4** |
| Поверхности раздела «волокно–матрица» | **ОПК-4** |
| Дефекты в матрицах. | **ОПК-4** |
| Микродефекты в компонентах – в волокнах | **ОПК-4** |
| Конструкционные дефекты. | **ОПК-4** |
| Технологические дефекты | **ОПК-4** |
| Эксплуатационные дефекты | **ОПК-4** |
| Равнопрочные баллоны давления | **ОПК-4** |

**Примерные вопросы для устного опроса по дисциплине «Механика композиционных материалов» для оценки компетенций (ОПК-4)**

1. Что такое тензорно-полиномиальные критерии, и каков их геометрический образ в пространстве напряжений?
2. Как строятся предельные поверхности по Работнову для совместно работающих упруго-пластических структур?

3. На чём основана формулировка критериев прочности, учитывающих направленный характер разрушения волокнистых композитов?
4. Как записываются линейные критерии прочности для двух видов разрушения однонаправленных композитов?
5. Как определить из экспериментов параметры линейного критерия прочности?
6. В чём недостаток традиционной формулы Журавского для определения прочности межслоевого сдвига при изгибе коротких балок?
7. Как определять параметры линейного критерия расслоения по результатам статических и циклических испытаний на изгиб?
8. Как найти параметры критерия прочности композитных труб по обработке экспериментальных данных в координатах проекций напряжений на плоскость, содержащую направление волокон?
9. К какому основному выводу приводит модель ромба из нерастяжимых нитей при двухосном растяжении?
10. Как определить оптимальный угол армирования для двухосновго растяжения?
11. Что означает термин «рациональное проектирование» применительно к композитному баллону для сжатого газа?
12. Каковы этапы послойного расчета композитных конструкций?
13. В чем преимущество послойного метода для симметричных пар слоев?
14. Каковы допущения в «нитяной аналогии» для расчета намоточных оболочек?
15. В чём причина остановки трещины непрочной поверхностью раздела?
16. Какие ошибки допустил Гордон в объяснении механизма остановки трещины поверхностью раздела?
17. Каковы механизмы «сбрасывания» концентрации напряжений в волокнистых композитах с хрупкой матрицей?
18. Как оценить концентрацию напряжений около оставшейся после расщепления мелкой выточки?
19. Почему и в какой степени различаются теоретический и эффективный коэффициенты концентрации напряжений?
20. Каковы особенности влияние концентрации напряжений на прочность расщепляющихся, растрескивающихся и псевдо-пластичных композитов?
21. Как растрескивание матрицы снижает эффект от концентрации напряжений?
22. Чем по смыслу различаются параметры поврежденности и повреждаемости?
23. На чем основана гипотеза введения характерного «радиуса затупления» отверстия?

24. Чему может научить композитного технолога структура сучка?
25. Сформулируйте основные положения механики рассеянного разрушения. Что такое параметр (тензор) поврежденности и кинетическое уравнение его роста?
26. Как влияет статистический разброс прочности волокон на реализацию их прочности в однонаправленном композите?
27. Почему нецелесообразно требование равенства прочности всех волокон?
28. С чем связан масштабный эффект прочности тонких хрупких волокон?
29. Как применяется линейная механика разрушения к волокнистым композитам?
30. Как энергетическая теория Гриффитса позволяет получить энергетический критерий расслоения или расщепления композита?
31. Как описать масштабный эффект прочности на основе энергетического критерия расслоения при изгибе и кручении?
32. Каков механизм расслоения с выщелкиванием слоев при сжатии?
33. Что такое характерная толщина выщелкиваемой полоски и как она связана с опасным расположением дефекта?
34. Какова схема разрушения композитной трубы по форме «китайского фонарика»?
35. Как определить рациональные размеры однонаправленной композитной трубы?

**Темы рефератов по дисциплине «Механика композиционных материалов»**
**для оценки компетенций (ОПК-4)**

**8-й семестр**

1. Основные объекты и эффекты применения КМ. Свойства и классификация композитов.
2. Виды ПКМ. Волокна, матрицы. Основы композитных технологий.
3. Три секрета прочности волокнистых КМ. Теоретическая прочность. 1-й секрет прочности – масштабный эффект.
4. Торможение трещины поверхностью раздела. (2-й секрет прочности).
5. Статистический характер прочности волокон (3-й секрет прочности).
6. Методы испытаний композитов на растяжение, сжатие, сложное напряженное состояние.
7. Особенности испытаний композитов на изгиб. Сползание с опор. Изгиб бимодульного материала.
8. Определение межслойного модуля сдвига по поправке к прогибу.
9. Определение модуля сдвига в плоскости при сдвиге панелей и при перекашивании жесткого шарнирного четырехзвенника.
10. Определение модулей сдвига при кручении квадратных пластин и прямоугольных образцов.
11. Определение 2-х модулей сдвига по периоду крутильных колебаний.
12. Механика композитов как область механики твердого тела. Определяющие соотношения.
13. Теория упругости анизотропных сред. Обобщенный закон Гука. Число независимых упругих констант.
14. Классы упругой симметрии (ортотропия, трансверсальная изотропия).
15. Связь технических, матричных и тензорных упругих констант.
16. Послойный метод расчета прочности слоистых композитов. Преобразование модулей упругости при повороте осей.
17. Схемы Фойгта и Рейсса для оценки эффективных упругих модулей.
18. Упрощенный послойный метод. Изотропные композиты и оценка их модуля упругости.
19. Вязкоупругость- модели Максвелла, Фойгта, Кельвина. Описание ползучести и релаксации.
20. Подобие изохрон. Обработка экспериментов на ползучесть.
21. Наследственная теория ползучести. Определение параметром ядра Абеля в нелинейной наследственной теории ползучести.
22. Задачи и методы динамических высокоскоростных испытаний, экспериментальные установки.
23. Скорости распространения волн растяжения и сдвига. Волны Релея и Лява.

24. Мгновенная диаграмма деформирования и запаздывание («зуб») текучести.
25. Коэффициенты динамичности при ударе и при движении.
26. Пробивание пластин. Скорость вылета снаряда из пушки.

**9-й семестр**

1. Критерии прочности волокнистых композитов. Построение предельных поверхностей совместно работающих структур.
2. Критерии прочности однонаправленных композитов (линейный, квадратичный).
3. Метод суммирования прочностей. «Изотропная» прочность.
4. Два линейных критерия прочности для ортогонально армированных пластиков, поставленные на плоскостях возможного разрушения.
5. Тензорно-полиномиальные критерии прочности. Критерии Цая-Ву, Гольденблата-Копнова, Малмейстера, Ашкенази и др.
6. Критерии прочности для намоточных композитных труб при растяжении и при кручении.
7. Нахождение параметров критериев прочности в координатах проекций напряжений на плоскость разрушения.
8. Модель ромба из нерастяжимых нитей для описания предельной поверхности прочности при сложном напряженном состоянии.
9. «Нитяная аналогия» для рационального проектирования намоточных композитных оболочек и сосудов давления.
10. Расчет и оптимизация баллона для сжатого газового топлива.
11. Оптимальное проектирование композитного карданного вала по критериям прочности и динамической устойчивости.
12. Проектный расчет стеклопластиковой малолистовой рессоры.
13. Равнопрочные формы профиля рессоры. Балка с постоянной площадью сечения.
14. Оптимизация малолистовых стеклопластиковых рессор равнопрочного профиля со степенным законом изменения размеров сечения.
15. Расслоение композитных стержней при сжатии.
16. Разрушение композитных труб по форме китайского фонарика.
17. Линейный критерий прочности для расслоения композитных балок при изгибе.
18. Энергетическое условие расслоения композитных рессор при совместном действии изгибающего и крутящего моментов.
19. Экспериментальные методы определения сопротивления композитов расслоению на образцах с межслойными трещинами.
20. Влияние концентрации напряжений на прочность композитов.
21. Введение характерного размера материала для описания масштабного эффекта прочности.

22. Двухстадийные модели предразрушения композитных материалов около отверстий.
23. Методы оценки прочности и жесткости трехслойных сэндвичевых панелей с сотовым заполнением.
24. Методы расчета несущей способности механических, клеевых и заклепочных соединений.
25. Биомеханические принципы создания прочных композитных структур и мест крепления с использованием оптимальных криволинейных траекторий укладки волокон.
26. Проектный расчет композитной однолистовой рессоры
27. Оптимальное проектирование композитного карданного вала.
28. Рациональное армирование баллона для сжатого газа.