Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.10.2023 11:59:13
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан Транспортного факультета
_____ П. Итурралде
«30» 08 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Механика композиционных материалов»

Специальность
23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Специализация
«Автомобили и тракторы»

Профиль
«Перспективные транспортные средства»

Квалификация (степень) выпускника
Специалист

Форма обучения
Очно-заочная

Москва 2019 г.

1. Цели освоения дисциплины.

Основной целью освоения дисциплины «Механика композиционных материалов» следует считать: подготовку специалиста к деятельности, связанной с проектированием композитных конструкций 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 числу учебных дисциплин базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» (Б1) основной образовательной программы специалитета.

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

В базовой части (Б1.1):

– Математика;
– Физика;
– Теоретическая механика;
– Сопротивление материалов;
– Конструирование и расчет автомобиля и трактора;

В вариативной части (Б1.2):

– Технология конструкционных материалов;

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

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

<table>
<tr><th>Код компетенции</th><th>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</th><th>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</th></tr>
<tr><td>ПК-2</td><td>способностью проводить теоретические и экспериментальные научные исследования по
поиску и проверке новых идей совершенствования наземных транспортно-технологических средств, их технологического оборудования и создания комплексов на их базе</td><td rowspan="2">знать:
• классификацию и основные свойства современных композитов;
• критерии прочности композитов, учитывающих направленный характер разрушения
• основные этапы проектирования, создания и испытаний композитных конструкций
уметь:
• выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали
• определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности
• поставить и решить задачу оптимального проектирования композитных конструкций;
• рассчитывать напряженно-деформированное состояние композитной конструкции
владеть:
• экспериментальными методами определения полного набора упруго-прочностных характеристик анизотропных композитов
• программой послойного расчета несущей способности композитных конструкций
• компьютерными программами оптимизации путем поиска минимума функции цели с применением штрафных функций
• методами расчета прочности и долговечности слоистых композитных конструкций</td></tr>
<tr><td>ПСК-1.2</td><td>способностью проводить теоретические и экспериментальные научные исследования по поиску и проверке новых идей совершенствования автомобилей и тракторов</td></tr>
</table>

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетные единицы, т.е. **72** академических часа (из них 36 часов – самостоятельная работа студентов).

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

Девятый семестр: лекции – 1 час в неделю (18 часов), семинарские занятия – 1 час в неделю (18 часов), форма контроля – зачет

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

Содержание разделов дисциплины.

Девятый семестр

а. Композиты: определение, классификация, свойства. Три секрета прочности.

Композиты - определение, классификация, основные свойства. и эффекты от их применения в машиностроении. Три секрета прочности (масштабный эффект прочности, торможение трещины поверхностью раздела, статистический характер прочности волокон).

б. Типы волокон, матрицы. Технологии получения композитных изделий.

Стеклянные, углеродные, борные, органические, керамические, базальтовые волокна. Матрица в композите, назначение и классификация. Керамическая, металлическая, полимерная, углеродная матрицы. Термопластичные и термореактивные полимеры. Процессы изготовления деталей и изделий из полимерных волокнистых композитов. Технология изготовления углеродных композиционных материалов. Понятие о технологических напряжениях в композитах. Технологии изготовления деталей автомобиля из ПКМ: намотка, выкладка и формование препрегов, экструзия, пултрузия, литье под давлением. Методы механической обработки и соединения полимерных композитных деталей.

в. Основные эффекты и объекты применения композитов в машиностроении и других отраслях.

Структура, служебные свойства и применение в технике полимерных и композитных материалов (ПКМ). Удельная прочность и удельный модуль. Основные требования, предъявляемые к конструкционным материалам в машиностроении. Эффекты от применения КМ в машиностроении. Типовые элементы конструкций из композитов и способы их формирования.

г. Уравнения механики слоистых анизотропных материалов. Обобщенный закон Гука в тензорном и матричном виде.

Механика деформирования и разрушения композитных материалов и конструкций. Теория упругости анизотропного тела. Обобщенный закон Гука. Преобразование тензоров при повороте координатных осей. Виды упругой симметрии: изотропия, ортотропия, трансверсальная изотропия. Вариационно-матричные формулировки задач механики твердого тела. Основные уравнения и модели деформирования многослойных оболочек. Феноменологический и структурный подходы в механике композитов. Вариационный подход к оценке границ эффективных модулей. Принцип энергетической континуализации в механике композитов. Понятие “изотропного” композита с симметричным расположением трех и более семейств волокон. Метод определения упругих констант изотропного композита.

д. Критерии прочности волокнистых композитов.

Механика разрушения композитов. Критерии прочности, учитывающие направленный характер разрушения. Критерии прочности намотанных композитных труб при растяжении, кручении и при сложном напряженном состоянии. Выбор оптимальных схем армирования для труб и сосудов давления. Послойный метод вычисления напряжений в слоях армированных пластиков с произвольной схемой армирования. Упрощенный метод расчета для сильно анизотропных композитов типа углепластиков. Принципы оптимального проектирования композитных материалов-конструкций.

е. Проектный расчет композитных элементов: рессор, карданного вала, баллона для сжатого газа.

Проектный расчет автомобильных деталей. Проектный расчет стеклопластиковой рессоры с учетом ползучести и возможности расслоения при кручении и изгибе. Оптимизация структуры армирования композитного карданного вала при переменных углах армирования с учетом динамической устойчивости, прочности и оболочечной формы потери устойчивости. 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. Расчет и проектирование кузовных деталей, балок, панелей из композитов. Трехслойные и многослойные конструкции. Расчет прочности и долговечности композитных балок, ферменных конструкций, многослойных пластин, панелей и оболочек при различных схемах армирования.

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Надежность механических систем» 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:

– защита и индивидуальное обсуждение выполняемых расчетно-графических работ;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Механика композиционных материалов» и в целом по дисциплине составляет 50% 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 промежуточной аттестации:

В шестом семестре

- Расчетно-графическая работа «Расчет композитной однолистовой рессоры и карданного вала»;
- Реферат по «Механике композиционных материалов»

Расчетно-графическая работа проводится по индивидуальному заданию.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают устный опрос для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины.

Образцы вопросов для устного опроса, заданий расчетно-графических работ, зачетных билетов и тем рефератов, 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
ПК-2	способностью проводить теоретические и экспериментальные

	научные исследования по поиску и проверке новых идей совершенствования наземных транспортно-технологических средств, их технологического оборудования и создания комплексов на их базе
ПСК-1.2	способностью проводить теоретические и экспериментальные научные исследования по поиску и проверке новых идей совершенствования автомобилей и тракторов

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

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

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ПК-2 способностью проводить теоретические и экспериментальные научные исследования по поиску и проверке новых идей совершенствования наземных транспортно-технологических средств, их технологического оборудования и создания комплексов на их базе
ПСК-1.2 способностью проводить теоретические и экспериментальные научные исследования по поиску и проверке новых идей совершенствования автомобилей и тракторов

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: классификацию и основные свойства современных композитов; критерии прочности композитов, учитывающих направленный характер разрушения; основные этапы	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: классификации и основных свойства современных композитов; критериев прочности композитов, учитывающих направленный характер разрушения,	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: классификации и основных свойства современных композитов; критериев прочности композитов, учитывающих направленный характер разрушения, основных этапов проектирования, создания и испытаний композитных	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: классификации и основных свойства современных композитов; критериев прочности композитов, учитывающих направленный характер разрушения, основных этапов	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: классификации и основных свойства современных композитов; критериев прочности композитов, учитывающих направленный

проектирования, создания и испытаний композитных конструкций.	основных этапов проектирования, создания и испытаний композитных конструкций.	конструкций. Допускаются незначительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	проектирования, создания и испытаний композитных конструкций, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	характер разрушения, основных этапов проектирования, создания и испытаний композитных конструкций, видов отказов проектируемых объектов, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали; определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности; поставить и решить задачу оптимального проектирования композитных конструкций; рассчитывать напряженно-деформированное состояние композитной конструкции.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали; определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности; поставить и решить задачу оптимального проектирования композитных конструкций; рассчитывать напряженно-деформированное состояние композитной конструкции.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали; определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности поставить и решить задачу оптимального проектирования композитных конструкций; рассчитывать напряженно-деформированное состояние композитной конструкции. Допускаются незначительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали; определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности поставить и решить задачу оптимального проектирования композитных конструкций; рассчитывать напряженно-деформированное состояние композитной конструкции. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали; определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности поставить и решить задачу оптимального проектирования композитных конструкций; рассчитывать напряженно-деформированное состояние композитной конструкции. Свободно оперирует приобретенными умениями,

		ситуации.	операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: экспериментальными методами определения полного набора упруго-прочностных характеристик анизотропных композитов; программой послойного расчета несущей способности композитных конструкций; компьютерными программами оптимизации путем поиска минимума функции цели с применением штрафных функций; методами расчета прочности и долговечности слоистых 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, компьютерными программами оптимизации путем поиска минимума функции цели с применением штрафных функций; методами расчета прочности и долговечности слоистых композитных конструкций.	Обучающийся владеет экспериментальными методами определения полного набора упруго-прочностных характеристик анизотропных композитов; программой послойного расчета несущей способности композитных конструкций компьютерными программами оптимизации путем поиска минимума функции цели с применением штрафных функций; методами расчета прочности и долговечности слоистых композитных конструкций неполном объеме, допускаются незначительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся 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, компьютерными программами оптимизации путем поиска минимума функции цели с применением штрафных функций; методами расчета прочности и долговечности слоистых композитных конструкций навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет экспериментальными методами определения полного набора упруго-прочностных характеристик анизотропных композитов; программой послойного расчета несущей способности композитных конструкций, компьютерными программами оптимизации путем поиска минимума функции цели с применением штрафных функций; методами расчета прочности и долговечности слоистых композитных конструкций свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкала 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»:

- выполнили и защитили расчетно-графическую работу
- выполнили и защитили реферат

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.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Полилов, А.Н. Этюды по механике композитов [Электронный ресурс]: монография — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2016. — 320 с. URL: https://e.lanbook.com/book/91165

б) дополнительная литература:

Полилов, А.Н. Биомеханика прочности волокнистых композитов / А.Н. Полилов, Н.А. Татусь. – Москва : Физматлит, 2018. – 327 с. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485323

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Аудитория общего фонда, оборудованная аудиторной доской, столами, стульями или столами учебными со скамьями

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.

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.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по специальности **23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства**.

Программу составили:

Доцент, к.т.н. /Руковицын И.Г./

Программа утверждена на заседании кафедры "Наземные транспортные средства" «___» _____ 2019 г., протокол № ____

Заведующий кафедрой
профессор, к.т.н. /Хрипач Н.А./

Приложение 1.

Структура и содержание дисциплины «Механика композиционных материалов» по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» специализация «Автомобили и тракторы» (специалист)

№ п/п	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Форма аттестации	
				Л.	Пр.	Лаб.	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реф.	К.раб.	Э	З
Девятый семестр															
1	Композиты - определение, классификация, основные свойства. и эффекты от их применения в машиностроении. Три секрета прочности (масштабный эффект прочности, торможение трещины поверхностью раздела, статистический характер прочности волокон)	9	1-2	2	2		4					+			
2	Стеклянные, углеродные, борные, органические, керамические, базальтовые волокна. Матрица в композите, назначение и классификация. Керамическая, металлическая, полимерная, углеродная матрицы. Термопластичные и термореактивные полимеры.	9	3-4	2	2		4					+			

	Процессы изготовления деталей и изделий из полимерных волокнистых композитов. Технология изготовления углеродных композиционных материалов. Понятие о технологических напряжениях в композитах. Технологии изготовления деталей автомобиля из ПКМ: намотка, выкладка и формование препрегов, экструзия, пултрузия, литье под давлением. Методы механической обработки и соединения полимерных композитных деталей.														
3	Структура, служебные свойства и применение в технике полимерных и композитных материалов (ПКМ). Удельная прочность и удельный модуль. Основные требования, предъявляемые к конструкционным материалам в машиностроении. Эффекты от применения КМ в машиностроении. Типовые элементы конструкций из композитов и способы их формирования	9	5-6	2	2		4					+			

4	Механика деформирования и разрушения композитных материалов и конструкций. Теория упругости анизотропного тела. Обобщенный закон Гука. Преобразование тензоров при повороте координатных осей. Виды упругой симметрии: изотропия, ортотропия, трансверсальная изотропия. Вариационно-матричные формулировки задач механики твердого тела. Основные уравнения и модели деформирования многослойных оболочек.	9	7-8	2	2		4				+			
5	Феноменологический и структурный подходы в механике композитов. Вариационный подход к оценке границ эффективных модулей. Принцип энергетической континуализации в механике композитов. Понятие “изотропного” композита с симметричным расположением трех и более семейств волокон. Метод определения упругих констант изотропного композита.	9	9-10	2	2		4				+	+			

6	Механика разрушения композитов. Критерии прочности, учитывающие направленный характер разрушения. Критерии прочности намотанных композитных труб при растяжении, кручении и при сложном напряженном состоянии. Выбор оптимальных схем армирования для труб и сосудов давления.	9	11-12	2	2		4				+	+			
7	Послойный метод вычисления напряжений в слоях армированных пластиков с произвольной схемой армирования. Упрощенный метод расчета для сильно анизотропных композитов типа углепластиков. Принципы оптимального проектирования композитных материалов-конструкций.	9	13-14	2	2		4				+	+			
8	Проектный расчет автомобильных деталей. Проектный расчет стеклопластиковой рессоры с учетом ползучести и возможности расслоения при кручении и изгибе.	9	15-16	2	2		4				+	+			

	Оптимизация структуры армирования композитного карданного вала при переменных углах армирования с учетом динамической устойчивости, прочности и оболочечной формы потери устойчивости. Равнопрочные баллоны давления. Нитяная модель и уточненные критерии прочности.														
9	Схема оценки надёжности баллона для сжатого природного газа при возникновении в стенках дефектов типа трещин и расслоений. Расчет и проектирование кузовных деталей, балок, панелей из композитов. Трехслойные и многослойные конструкции. Расчет прочности и долговечности композитных балок, ферменных конструкций, многослойных пластин, панелей и оболочек при различных схемах армирования	9	17-18	2	2		4				+	+			
Всего за девятый семестр				18	18		36				1 РГР	1 РЕФ			+
Итого				18	18		36				1 РГР	1 РЕФ			+

Приложение 2 к
рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Специальность: 23.05.01 НАЗЕМНЫЕ ТРАНСОПРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

специализация: «Автомобили и тракторы»

профиль «Перспективные транспортные средства»

Форма обучения: очно-заочная

Кафедра: Динамика, прочность машин и сопротивление материалов

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Механика композиционных материалов

Составители:

Доц., к.т.н. Руковицын И.Г.

Москва, 2019 год

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

<table>
<tr><th colspan="6">КОМПЕТЕНЦИИ</th></tr>
<tr><th>ИНДЕКС</th><th>ФОРМУЛИРОВКА</th><th>Перечень компонентов</th><th>Технология формирования компетенции</th><th>Форма оценочного средства</th><th>Степени уровней освоения компетенций</th></tr>
<tr><td>ПК-2</td><td>способностью проводить теоретические и экспериментальные научные исследования по поиску и проверке новых идей совершенствования наземных транспортно-технологических средств, их технологического оборудования и создания комплексов на их базе</td><td rowspan="2">знать:
- классификацию и основные свойства современных композитов;
- критерии прочности композитов, учитывающих направленный характер разрушения
- основные этапы проектирования, создания и испытаний композитных конструкций
уметь:
- выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали
- определять полный набор упруго-прочностных характеристик и параметры критериев прочности
- поставить и решить задачу оптимального проектирования композитных</td><td rowspan="2">Лекция, практическое занятие самостоятельная работа</td><td rowspan="2">К/Р
РГР
Р
УО
З</td><td rowspan="2">Базовый уровень
- способен выбрать состав и структуру армирования композита для конкретной детали
- способен проводить расчет напряженно-деформированного состояния композитной конструкции

Повышенный уровень
- способен выбрать оптимальный состав и структуру армирования композита для конкретной детали
- способен проводить расчет напряженно-деформированного состояния композитной конструкции и принимать меры по ее повышению</td></tr>
<tr><td>ПСК-1.2</td><td>способностью проводить теоретические и экспериментальные научные исследования по поиску и проверке новых идей совершенствования автомобилей и тракторов</td></tr>
</table>

		конструкций; - рассчитывать напряженно-деформированное состояние композитной конструкции **владеть:** - экспериментальными методами определения полного набора упруго-прочностных характеристик анизотропных композитов - программой послойного расчета несущей способности композитных конструкций - компьютерными программами оптимизации путем поиска минимума функции цели с применением штрафных функций; - методами расчета прочности и долговечности слоистых 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	Контрольная работа (К/Р)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Примеры контрольных задач
2	Расчетно-графическая работа (РГР)	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.	Пример задания для выполнения расчетно-графической работы
3	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
4	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
4	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

Приложение 3

Пример зачетных билетов по курсу «Механика композиционных материалов»

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

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

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 4.

1. Теория упругости анизотропного тела.
2. Матрица в композите, назначение и классификация.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «___» сентября 201__ г., протокол № ___

Зав. кафедрой _____ /А.А.Скворцов/

Перечень вопросов к зачету

Вопросы к зачету	**Код компетенции**
Композиты - определение, классификация, основные свойства	**ПК-2, ПСК-1.2**
Масштабный эффект прочности	**ПК-2, ПСК-1.2**
Торможение трещины поверхностью раздела	**ПК-2, ПСК-1.2**
Статистический характер прочности волокон	**ПК-2, ПСК-1.2**
Стеклянные, углеродные, борные, органические, керамические, базальтовые волокна.	**ПК-2, ПСК-1.2**
Матрица в композите, назначение и классификация	**ПК-2, ПСК-1.2**
Керамическая, металлическая, полимерная, углеродная матрицы.	**ПК-2, ПСК-1.2**
Термопластичные и термореактивные полимеры.	**ПК-2, ПСК-1.2**
Понятие о технологических напряжениях в композитах.	**ПК-2, ПСК-1.2**
Методы механической обработки и соединения полимерных композитных деталей	**ПК-2, ПСК-1.2**
Структура, служебные свойства и применение в технике полимерных и композитных материалов (ПКМ).	**ПК-2, ПСК-1.2**
Удельная прочность и удельный модуль	**ПК-2, ПСК-1.2**
Типовые элементы конструкций из композитов и способы их	**ПК-2, ПСК-1.2**

формирования.	
Механика деформирования и разрушения композитных материалов и конструкций	**ПК-2, ПСК-1.2**
Теория упругости анизотропного тела	**ПК-2, ПСК-1.2**
Обобщенный закон Гука	**ПК-2, ПСК-1.2**
Преобразование тензоров при повороте координатных осей	**ПК-2, ПСК-1.2**
Вариационно-матричные формулировки задач механики твердого тела.	**ПК-2, ПСК-1.2**
Основные уравнения и модели деформирования многослойных оболочек	**ПК-2, ПСК-1.2**
Феноменологический и структурный подходы в механике композитов	**ПК-2, ПСК-1.2**
Понятие “изотропного” композита с симметричным расположением трех и более семейств волокон	**ПК-2, ПСК-1.2**
Коэффициенты динамичности.	**ПК-2, ПСК-1.2**
Кривая мгновенного деформирования.	**ПК-2, ПСК-1.2**
Энергия пробивания пластин и остаточная прочность после баллистического пробивания	**ПК-2, ПСК-1.2**
Проектный расчет автомобильных деталей.	**ПК-2, ПСК-1.2**
Проектный расчет стеклопластиковой рессоры с учетом ползучести и возможности расслоения при кручении и изгибе	**ПК-2, ПСК-1.2**
Нитяная модель и уточненные критерии прочности.	**ПК-2, ПСК-1.2**
Схема оценки надёжности баллона для сжатого природного газа при возникновении в стенках дефектов типа трещин и расслоений	**ПК-2, ПСК-1.2**
Трехслойные и многослойные конструкции	**ПК-2, ПСК-1.2**
Вариационный подход к оценке границ эффективных модулей.	**ПК-2, ПСК-1.2**
Принцип энергетической континуализации в механике композитов	**ПК-2, ПСК-1.2**
Метод определения упругих констант изотропного композита.	**ПК-2, ПСК-1.2**
Критерии прочности, учитывающие направленный характер разрушения.	**ПК-2, ПСК-1.2**
Критерии прочности намотанных композитных труб при растяжении, кручении и при сложном напряженном состоянии	**ПК-2, ПСК-1.2**
Выбор оптимальных схем армирования для труб и сосудов давления.	**ПК-2, ПСК-1.2**
Послойный метод вычисления напряжений в слоях армированных пластиков с произвольной схемой армирования	**ПК-2, ПСК-1.2**
Упрощенный метод расчета для сильно анизотропных композитов типа углепластиков	**ПК-2, ПСК-1.2**
Принципы оптимального проектирования композитных материалов-конструкций	**ПК-2, ПСК-1.2**

Пример задания для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Механика композиционных материалов» для оценки компетенций (ПК-2, ПСК-1.2)

Для заданной жесткости *C*, заданной максимальной нагрузки *P*, длины *l,* ширины *b*, модуля упругости *E*. Найти необходимые размеры корневого сечения и определить характер изменения числа монослоев рессоры по длине рессоры. Балка в различных вариантах предполагается параболической или «констэра» - с постоянной площадью поперечного сечения, но с переменными толщиной и шириной, определяемыми из условий равнопрочности. Сравнить по весу со стальным аналогом.

Исходные данные для задания выбираются исходя из индивидуального варианта

Примерные вопросы для устного опроса по дисциплине «Механика композиционных материалов» для оценки компетенций (ПК-2, ПСК-1.2)

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 (ПК-2, ПСК-1.2)

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. Наследственная теория ползучести. Определение параметром ядра Абеля в нелинейной наследственной теории ползучести.
20. Задачи и методы динамических высокоскоростных испытаний, экспериментальные установки.
21. Скорости распространения волн растяжения и сдвига. Волны Релея и Лява.
22. Мгновенная диаграмма деформирования и запаздывание («зуб») текучести.
23. Коэффициенты динамичности при ударе и при движении.
24. Пробивание пластин. Скорость вылета снаряда из пушки.
25. Критерии прочности волокнистых композитов. Построение предельных поверхностей совместно работающих структур.
26. Критерии прочности однонаправленных композитов (линейный, квадратичный).
27. Метод суммирования прочностей. «Изотропная» прочность.

28. Два линейных критерия прочности для ортогонально армированных пластиков, поставленные на плоскостях возможного разрушения.
29. Тензорно-полиномиальные критерии прочности. Критерии Цая-Ву, Гольденблата-Копнова, Малмейстера, Ашкенази и др.
30. Критерии прочности для намоточных композитных труб при растяжении и при кручении.
31. Нахождение параметров критериев прочности в координатах проекций напряжений на плоскость разрушения.
32. Модель ромба из нерастяжимых нитей для описания предельной поверхности прочности при сложном напряженном состоянии.
33. «Нитяная аналогия» для рационального проектирования намоточных композитных оболочек и сосудов давления.
34. Расчет и оптимизация баллона для сжатого газового топлива.
35. Оптимальное проектирование композитного карданного вала по критериям прочности и динамической устойчивости.
36. Проектный расчет стеклопластиковой малолистовой рессоры.
37. Равнопрочные формы профиля рессоры. Балка с постоянной площадью сечения.
38. Оптимизация малолистовых стеклопластиковых рессор равнопрочного профиля со степенным законом изменения размеров сечения.
39. Расслоение композитных стержней при сжатии.
40. Разрушение композитных труб по форме китайского фонарика.
41. Линейный критерий прочности для расслоения композитных балок при изгибе.
42. Энергетическое условие расслоения композитных рессор при совместном действии изгибающего и крутящего моментов.
43. Экспериментальные методы определения сопротивления композитов расслоению на образцах с межслойными трещинами.
44. Влияние концентрации напряжений на прочность композитов.
45. Введение характерного размера материала для описания масштабного эффекта прочности