

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

СОГЛАСОВАНО

И.о. декана ФСТ
Кустов

С.Л.

Рабочая программа дисциплины

Код и наименование дисциплины: **Б1.В.8 «Механика композиционных материалов»**

Код и наименование направления подготовки (специальности): **22.03.01
Материаловедение и технологии материалов**

Направленность (профиль, специализация): **Материаловедение и технологии композиционных материалов**

Статус дисциплины: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Форма обучения: **очная**

Статус	Должность	И.О. Фамилия
Разработал	доцент	Е.С. Ананьева
Согласовал	Зав. кафедрой «ССМ»	С.В. Морозов
	руководитель направленности (профиля) программы	Е.С. Ананьева

г. Барнаул

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ПК-1	Способен устанавливать требования к эксплуатационным свойствам изделия на основе исследований и моделирования условий эксплуатации	ПК-1.1	Определяет требования к свойствам изделий на основе анализа условий эксплуатации и данных моделирования
		ПК-1.2	Определяет свойства материалов для производства изделий в соответствии с заданными требованиями
ПК-2	Способен выбирать металлические, неметаллические и композиционные материалы для деталей машин, приборов и инструментов на основе знаний о взаимосвязи структуры и свойств материалов	ПК-2.1	Устанавливает связь состава и структуры материалов с их физико-механическими, технологическими и эксплуатационными свойствами
		ПК-2.2	Способен проектировать материал, удовлетворяющий требуемым эксплуатационным свойствам изделия

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Волокнистые композиционные материалы, Высшая математика, Материалы современного машиностроения, Металлические материалы и сплавы, Металлические материалы и сплавы
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Детали машин и основы конструирования, Композиционные материалы с дисперсным наполнением, Конструкции из композиционных материалов, Методы испытаний полимерных и композиционных материалов, Методы оптимизации композитных материалов и изделий, Перспективные материалы в машиностроении, Слоистые металлические композиционные материалы

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 7 / 252

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	48	32	16	156	119

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Форма обучения: очная

Семестр: 5

Объем дисциплины в семестре з.е. /час: 3 / 108

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
32	0	16	60	57

Лекционные занятия (32ч.)

1. Основные положения и терминология сопротивления материалов {лекция с разбором конкретных ситуаций} (4ч.)[1,5] 1 Основные понятия и терминология, применяемые в сопротивлении материалов.

2 Механические свойства металлов. Виды напряжений и деформаций металлов. Общая характеристика механических свойств. Механические свойства, определяемые при статических, динамических испытаниях и переменных нагрузках. Твёрдость металлов. Ударная вязкость. Применение знаний о механических свойствах в профессиональной деятельности.

3 Понятие об упругом равновесии, метод сечений, гипотеза плоских сечений, внутренние силовые факторы, виды напряжений, общая методика решения основных вопросов.

Предельные напряжения в качестве характеристик прочности и пластичности материалов, запас прочности, поправочные коэффициенты в прочностных расчётах.

2. Геометрические свойства плоских фигур {лекция с разбором конкретных ситуаций} (4ч.)[1,5] 1 Понятия о моментах площади плоской геометрической фигуры. Статические моменты площадей плоских фигур. Центр тяжести.

2 Зависимость между полярным и осевым моментами инерции. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей. Изменение моментов инерции при повороте осей. Радиусы инерции сечения. 3 Применение геометрических свойств фигур при решении инженерных задач.

3. Равномерное растяжение-сжатие {лекция с разбором конкретных ситуаций} (5ч.)[1,5] 1 Понятие о равномерном растяжении-сжатии. Деформации и напряжения в бруске при одноосной нагрузке. Дифференциально-интегральная зависимость при одноосном растяжении-сжатии. Деформация бруска при двух или трёхосной нагрузке.

2 Напряжения в наклонных сечениях. Напряжения во взаимно-перпендикулярных сечениях. Графо-аналитическое исследование сжато-растянутых брусков. Расчёты на прочность и жёсткость для различных случаев нагрузки. Смятие. Расчёт тонких

сосудов.

3 Применение теоретических знаний о равномерном растяжении-сжатии при решении инженерных задач.

4. Сдвиг и кручение {лекция с разбором конкретных ситуаций} (6ч.)[1,5] 1

Явление сдвига, напряжённо-деформированное состояние в бруске при сдвиге. Зависимость между модулями упругости при кручении и растяжении. Расчёт на прочность при сдвиге.

2 Нагрузки, деформации и напряжения при кручении. Определение угла закручивания. Графо-аналитическое исследование скручиваемых брусков. Расчёт валов на прочность и жёсткость.

3 Применение фундаментальных знаний о сдвиге и кручении в профессионально деятельности.

5. Прямой изгиб {лекция с разбором конкретных ситуаций} (6ч.)[1,5] 1

Явление изгиба, деформации и напряжения при чистом и прямом изгибе. Нормальные напряжения при изгибе. Касательные напряжения при изгибе (формула Журавского).

2 Определение перемещений при изгибе. Дифференциально-интегральная зависимость между кривизной и перемещениями сечений балки. Общие формулы для расчёта балок на жёсткость аналитическим методом.

3 Применение теоретических знаний о прямом изгибе при решении инженерных задач.

6. Сложное сопротивление {лекция с разбором конкретных ситуаций} (4ч.)[1,5] 1

Основные понятия о сложном напряжённом состоянии. Теория напряжённого состояния. Главные напряжения. Теории прочности.

2 Общая методика расчёта на прочность. Неравномерное растяжение-сжатие. Косой изгиб.

3 Применение теоретических знаний о сложном сопротивлении при решении инженерных задач.

7. Проверка сжатых стержней на устойчивость {лекция с разбором конкретных ситуаций} (3ч.)[1] 1 Понятие об устойчивости формы сжатых стержней.

2 Формула Эйлера для критической силы.

3 Влияние способа закрепления концов стержня.

4 Пределы применимости формулы Эйлера.

Практические занятия (16ч.)

8. Механические свойства материалов {работа в малых группах} (2ч.)[1,4] Знакомство с методикой определения основных механических свойств материалов.

9. Геометрические свойства плоских фигур {работа в малых группах} (2ч.)[1,4] Решение задач по теме "Геометрические свойства плоских фигур"

10. Растяжение, сжатие {работа в малых группах} (2ч.)[1,4] Решение задач по теме "Растяжение, сжатие"

11. **Прямой изгиб {работа в малых группах} (2ч.)[1,4,5]** Решение задач по теме "Прямой изгиб"
12. **Расчёт балок. {работа в малых группах} (2ч.)[1,4]** Разбор типового расчётного задания.
13. **Сдвиг и кручение {работа в малых группах} (2ч.)[1,4]** Решение задач по теме "Сдвиг и кручение"
14. **Сложное сопротивление {работа в малых группах} (2ч.)[1,5]** Решение задач по теме "Сложное сопротивление"
15. **Проверка сжатых стержней на устойчивость {работа в малых группах} (2ч.)[1,5]** Решение задач на тему "Проверка сжатых стержней на устойчивость"

Самостоятельная работа (60ч.)

16. **Подготовка к практическим занятиям(16ч.)[1,4,5]**
17. **Выполнение расчётного задания(25ч.)[1]**
18. **Подготовка к сдаче зачёта(19ч.)[1,4,5]**

Семестр: 6

Объем дисциплины в семестре з.е. /час: 4 / 144

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
16	32	0	96	62

Лекционные занятия (16ч.)

1. **Определение композиционного материала с позиции механики сплошных сред. Классификация композиционных материалов. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[2,8]** Определение композиционного материала с позиции механики сплошных сред. Терминология и основные понятия физикохимии композиционных материалов. Классификация композиционных материалов. Классификация композиционных материалов как гетерогенных систем по природе и состоянию фаз и фазовой структуре. Напряжения. Тензор напряжения. Деформация. Тензор деформации. Объемная деформация. Инвариант деформированного состояния. Физико-химические закономерности формирования гетерофазных структур.
2. **Анизотропия упруго-прочностных свойств и конструкционная прочность. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[2]** Анизотропия и конструкционная прочность. Анизотропия деформации. Анизотропия упругих свойств. Тензора упругости для возможных видов макроскопической симметрии. Эффективная реализационная прочность. Факторы влияющие на конструкционную прочность.
3. **Методы определения упругих и прочностных характеристик сложных систем. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[2,8]** "Правило смесей"

- практически применяемый подход по определению модуля упругости и прочности композиции, исходя из заданных характеристик компонентов, составляющих материал. Оценка значений верхней и нижней границе модуля упругости энергетическим методом. Вариационные методы.

4. Особенности деформирования вязко-упругих материалов. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[2,8] Виды деформации. Девиатор напряжения. Пластическая деформация. Условия текучести Треска и Мизеса. Теория линейной вязкоупругости. Спектр времен релаксации. Тангенс механических потерь. Температурно-временная аналогия.

5. Основы прочности полимерных композитов {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[2,8] Прочность не наполненных полимеров. Термофлуктуационная природа прочности. Прочность наполненных полимерных материалов. Характеристики количественной оценки прочности. Основные задачи теории прочности. Механическая, термодинамическая и кинетическая концепции прочности. Химические превращения полимеров. Физические и фазовые состояния и переходы. Гелеобразование и отверждение. Прочность полимерных материалов, механизмы и факторы ее определяющие.

6. Линейная и нелинейная механика разрушения {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[2,8] Основные положения механики разрушения. Линейная механика разрушения. Теория Гриффитса. Критическое напряжение. Подход Ирвина, коэффициент концентрации напряжений. Характеристики трещиностойкости материала. Нелинейная механика. Критерий Райса. J-интеграл. Коэффициент раскрытия трещины. Очаги разрушения. Температурная зависимость кратковременной прочности для некристаллических полимеров. Нехрупкое разрушение. Условие развития внутренней высокоэластической деформации. Разрушение в высокоэластичном состоянии. Трещины серебра.

7. Основы прочности композиционных материалов на основе непрерывных волокон {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[2,8] Основные критерии прочности армированных материалов. Прочность слоя. Физические характеристики, влияющие на прочность слоя. Виды разрушения слоя: продольное растяжение (сжатие), поперечное растяжение (сжатие), сдвиг. Методы сопротивления материалов. Статистические методы. Теория накопления повреждений Розена. Неэффективная длина. Феноменологические методы.

8. Уравнение состояния и поведение композитов во времени {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[2] Понятие вязкоупругости, варианты ее появления. Отклик тела на внешние воздействия. Условие "нестарения". Материалы с памятью. Уравнение состояние линейного вязкоупругого тела. Понятие ползучести, предела ползучести. Предел прочности при ползучести. Ядро ползучести. Теория старения. Теория упрочнения. Теория наследственности. Концентрация напряжений около отверстий в условиях ползучести.

Лабораторные работы (32ч.)

1. Лабораторные методы испытаний физико-механических характеристик

материалов {работа в малых группах} (2ч.)[3,6] Изучение методологии исследований физико-механических свойств композиционных материалов. Основные требования к образцам. Ознакомление с соответствующими ГОСТами и стандартами ASTM. Изучение основных конструктивных элементов, оснасток и приспособлений для проведения соответствующих исследований.

2. Изучение механических свойств различных классов волокнистых наполнителей {работа в малых группах} (6ч.)[3,13] Экспериментальная оценка прочности, определение модуля упругости по диаграммам нагружения, статистическая обработка результатов. Оценка влияния модификации поверхности на упруго-прочностные свойства.

3. Изучение физико-механических характеристик полимерных связующих {работа в малых группах} (8ч.)[3,6] Механические испытания образцов связующих эпоксидной группы на растяжение, сжатие, изгиб, ударную вязкость, которые получены при различных режимах отверждения. Оценка свойств полимерных матриц методами ДМА и ДТА. Влияние дисперсных наполнителей на реологические характеристики полимеров.

4. Определение упруго-прочностных характеристик КМ в различных направлениях {работа в малых группах} (8ч.)[3,8] В ходе механических испытаний, студенты могут наглядно убедиться в различии упруго-прочностных свойств в зависимости от направления приложения нагрузки, подтвердить анизотропность поведения КМ.

5. Определение коэффициента Пуассона однонаправленных КМ {работа в малых группах} (8ч.)[3,8] Механические испытания однонаправленных пластиков. Определяются прочность, упругость, величина продольной и поперечной деформации, коэффициент Пуассона.

Самостоятельная работа (96ч.)

. Подготовка к зачету(23ч.)[2,3,6,7,8] Работа с контрольными вопросами. Штудирование материалов семестра.

1. Подготовка к лабораторным работам {творческое задание} (28ч.)[8,13] Подготовка к лабораторным занятиям заключается в проработке теоретического материала по теме занятия с применением основной и дополнительной литературы. Приветствуется проработка студентом оригинальных статей с результатами аналогичных исследований. Ознакомление с методом исследования, с применяемым оборудованием. Ознакомление с соответствующим ГОСТом на метод исследования.

2. Подготовка к контрольным работам {творческое задание} (20ч.)[8,13] Подготовка к контрольным работам заключается в проработке теоретического и практического материала по тематике соответствующих модулей, в формировании основных концепций по каждому направлению, в умении логического построения суждения по определенным вопросам и формирования ответа даже на вопросы, не рассматриваемые на лекционных и практических занятиях, но близких по тематике.

3. Выполнение расчетного задания {творческое задание} (25ч.)[8,13]

Предусматривает поэтапное выполнение студентом поставленной задачи с применением всех необходимых аналитических и экспериментальных данных по соответствующей тематике.

Расчетное задание выполняется с целью закрепления, углубления и обобщения знаний, полученных студентами во время лекционных и практических занятий. Он должен научить студента пользоваться справочной литературой, ГОСТами, таблицами, голограммами, сочетая справочные данные с теоретическими знаниями, полученными в процессе обучения.

При выполнении расчетного задания особое внимание уделяется самостоятельному творчеству студента с целью развития его инициативы в решении технических и организационных задач, а также детального и творческого анализа существующих материалов и методы упрочнения.

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечным системам: Лань, Университетская библиотека он-лайн, электронной библиотеке АлтГТУ и к электронной информационно-образовательной среде:

1. Бердыченко, А. А. Сопротивление материалов. Курс лекций по предмету «Сопротивление материалов» / Алт. гос. тех. ун-т им. И. И. Ползунова, Барнаул, 2013. – 145 с. Прямая ссылка: <http://elib.altstu.ru/eum/download/ftkm/Berditenko-sm.pdf>

2. Ананьева Е. С. Курс лекций по дисциплине «Механика композиционных материалов» для студентов направления 22.03. 01 «Материаловедение и технологии материалов» / Е.С. Ананьева; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. - Барнаул: АлтГТУ, 2021. - 155 с. - URL:http://elib.altstu.ru/eum/download/ssm/Ananjeva_MehKompMat_kl.pdf

3. Ананьева, Е. С. Механика композиционных материалов: Методическое указания к практическим занятиям по курсу «Механика композиционных материалов» для студентов направления 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов / Е.С. Ананьева; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул: АлтГТУ, 2021. – 27 с. - URL:http://elib.altstu.ru/eum/download/ssm/Ananjeva_MehKompMat_lp_mu.pdf

4. Калиновская, Т. Г. Сопротивление материалов: учебное пособие / Т. Г. Калиновская, Н. А. Дроздова, А. Т. Рябова-Найдан; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2016. – 164 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497211> (дата обращения: 01.04.2021). – Библиогр.: с. 147. – ISBN 978-5-7638-3580-9. – Текст : электронный.

6. Перечень учебной литературы

6.1. Основная литература

5. Межецкий, Г. Д. Сопротивление материалов: учебник / Г. Д. Межецкий, Г. Г. Загребин, Н. Н. Решетник. – 5-е изд. – Москва: Дашков и К°, 2016. – 432 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453911> (дата обращения: 01.04.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-394-02628-7. – Текст: электронный.

6. Технология получения и переработки полимерных композиционных материалов: лабораторный практикум / И. В. Нечаев, И. Н. Ягрушкина, М. В. Дюльдина, А. В. Гречухин. — Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021. — 49 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/111781.html>

6.2. Дополнительная литература

7. Шевченко А.А. Физикохимия и механика композиционных материалов СПб.: «Профессия», 2010.- 244 с., 10 экз.

8. Принципы создания композиционных полимерных материалов / А.А.Берлин, С.А.Вольфсон, В.Г. Ошмян, Н.С. Ениколопов. М.: Химия, 1990-300 с., 23 экз.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

10. ЭБС "IPR-books": <http://www.iprbookshop.ru/>

11. Марочник статей: http://www.splav-kharkov.com/quest_form.php

12. ЭБС "Электронная библиотека online": <https://biblioclub.ru/>

13. <https://www.iprbookshop.ru>

8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролирующих материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) по дисциплине представлен в приложении А.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

№пп	Используемое программное обеспечение
1	LibreOffice
2	Microsoft Office
2	Windows
3	Антивирус Kaspersky

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
1	Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам" для студентов и преподавателей; каталог ссылок на образовательные интернет-ресурсы (http://Window.edu.ru)
2	Единая база ГОСТов Российской Федерации (http://gostexpert.ru/)
2	Национальная электронная библиотека (НЭБ) — свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. (http://нэб.рф/)

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
учебные аудитории для проведения учебных занятий
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».