

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

СОГЛАСОВАНО

Декан 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
	Зам. зав. кафедрой	С.А. Хапёрских
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 бруса 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 брусе 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 брусев. 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 электронной информационно-образовательной среде АлтГТУ:

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_k1.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. Соппротивление 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.

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	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/)
2	Единая база ГОСТов Российской Федерации (http://gostexpert.ru/)

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».