



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА – Российский технологический университет»

Общий факультет (Фрязино)

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала РТУ МИРЭА в г.
Фрязино

_____ Макарова Л.А.

«__» _____ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
Элементы микромеханики и сопромата**

Читающее подразделение	базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники
Направление	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
Направленность	Проектирование и технология электронных приборов и устройств
Квалификация	бакалавр
Форма обучения	очная
Общая трудоемкость	2 з.е.

Распределение часов дисциплины и форм промежуточной аттестации по семестрам

Семестр	Зачётные единицы	Распределение часов							Формы промежуточной аттестации
		Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	Контактная работа в период практики и (или) аттестации	Контроль	
5	2	72	16	0	16	22	0,25	17,75	Зачет

Программу составил(и):

, *Богомолова Евгения Александровна* _____

Рабочая программа дисциплины

Элементы микромеханики и сопромата

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

составлена на основании учебного плана:

направление: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

направленность: «Проектирование и технология электронных приборов и устройств»

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники

Протокол от 30.08.2021 № 1

Зав. кафедрой Борисов Александр Анатольевич _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры

базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 2022 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись _____ Расшифровка подписи _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры

базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 2023 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись _____ Расшифровка подписи _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры

базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 2024 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись _____ Расшифровка подписи _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры

базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 2025 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись _____ Расшифровка подписи _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина «Элементы микромеханики и сопромата» имеет своей целью способствовать формированию у обучающихся компетенций, предусмотренных данной рабочей программой в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника с учетом специфики направленности подготовки – «Проектирование и технология электронных приборов и устройств».

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Направление:	11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Направленность:	Проектирование и технология электронных приборов и устройств
Блок:	Дисциплины (модули)
Часть:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
Общая трудоемкость:	2 з.е. (72 акад. час.).

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть компетенциями:

УК-1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

ПК-1 - Способен моделировать и разрабатывать комплекты конструкторской и технической документации на устройства и системы микро- и наноэлектроники

ПК-3 - Способен разрабатывать технологическую документацию для модификации свойств наноматериалов и наноструктур или для производства устройств и систем микро- и наноэлектроники

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

ПК-3 : Способен разрабатывать технологическую документацию для модификации свойств наноматериалов и наноструктур или для производства устройств и систем микро- и наноэлектроники

ПК-3.3 : Проводит контроль параметров и оценку качества сборки пассивной части и активной части схем изделий и систем микро- и наноэлектроники, проводит тестирование, осуществляет входной и выходной межоперационный контроль при производстве изделий и систем микро- и наноэлектроники

Знать:

- Методы измерения параметров микро- и наноразмерных электромеханических систем
- Методы контроля операционных параметров технологических микро- и наноразмерных электромеханических процессов
- Методы исследования характеристик функциональных элементов и слоев микро- и наноразмерных электромеханических систем

Владеть:

- Анализ технического задания по параметрам исходных материалов и выполнения отдельных операций при изготовлении микро- и наноразмерных электромеханических систем

ПК-1 : Способен моделировать и разрабатывать комплекты конструкторской и технической документации на устройства и системы микро- и наноэлектроники

ПК-1.2 : Моделирует электронные устройства

Знать:

- Аналоговая и цифровая схемотехника, схемотехника импульсных схем, схемы смешанного сигнала
- Механические модели в электромеханике, физико-математические и морфолого-топологические модели базовых элементов
- Принципы построения и функционирования микроэлектромеханических устройств
- Физическая основа процессов, протекающих при реализации микросистем
- Физическая основа процессов, протекающих при реализации микросистем, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях
- Физические и математические модели приборов, схем, микроэлектромеханических устройств различного функционального назначения
- Физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования микро- и наноструктур

Уметь:

- Анализировать работу микроэлектромеханических устройств
- Использовать методы расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области
- Проводить операции обратного переименования с учетом паразитных компонентов
- Проводить оценку функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик функциональных блоков микроэлектромеханической системы методом компьютерного моделирования
- Формулировать технические требования к блокам микроэлектромеханической системы

Владеть:

- Временной анализ функциональных блоков микроэлектромеханической системы с учетом рассчитанных задержек на основе компьютерного моделирования средствами системы автоматизированного проектирования
- Выполнение моделирования и анализа результатов моделирования списка цепей, содержащего паразитные элементы отдельных блоков и микроэлектромеханической системы в целом
- Выполнение процедур физической и электрической верификации топологических представлений блоков микроэлектромеханической системы средствами системы автоматизированного проектирования
- Определение окончательной архитектуры микроэлектромеханической системы
- Проверка соответствия результатов моделирования требованиям функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик, анализ потребляемой мощности и оценка площади
- Уточнение и совершенствование моделей поведения динамических многослойных микроэлектромеханических конструкций с диссипацией энергии, содержащих различные дефекты формы и свойств
- Формирование набора возможных способов реализации чувствительных элементов и отдельных блоков микроэлектромеханической системы

УК-1 : Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

УК-1.1 : Осваивает методики поиска, сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, метод системного анализа.

Знать:

- Методики поиска, сбора и обработки информации и методы системного анализа в области микроэлектромеханики и сопромата

Уметь:

- применять методики поиска, сбора и обработки информации и использовать методы системного анализа в области микромеханики и сопромата

УК-1.2 : Применяет методики поиска, сбора и обработки информации, осуществляет критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, применяет системный подход для решения поставленных задач

Знать:

- методы анализа и синтеза информации, полученной из разных источников в области микромеханики и сопромата

Уметь:

- применять методы анализа и синтеза информации, полученной из разных источников в области микромеханики и сопромата

Владеть:

- навыками проведения аналитических обзоров современной отечественной и зарубежной литературы в области микромеханики и сопромата

В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН

Знать:

- Физическая основа процессов, протекающих при реализации микросистем
- Принципы построения и функционирования микроэлектромеханических устройств
- Механические модели в электромеханике, физико-математические и морфолого-топологические модели базовых элементов
- Физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования микро- и наноструктур
- Физические и математические модели приборов, схем, микроэлектромеханических устройств различного функционального назначения
- Физическая основа процессов, протекающих при реализации микросистем, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях
- методы анализа и синтеза информации, полученной из разных источников в области микромеханики и сопромата
- Методы исследования характеристик функциональных элементов и слоев микро- и наноразмерных электромеханических систем
- Методики поиска, сбора и обработки информации и методы системного анализа в области микромеханики и сопромата
- Аналоговая и цифровая схемотехника, схемотехника импульсных схем, схемы смешанного сигнала
- Методы измерения параметров микро- и наноразмерных электромеханических систем
- Методы контроля операционных параметров технологических микро- и наноразмерных электромеханических процессов

Уметь:

- Проводить оценку функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик функциональных блоков микроэлектромеханической системы методом компьютерного моделирования
- Формулировать технические требования к блокам микроэлектромеханической системы
- Проводить операции обратного переименования с учетом паразитных компонентов
- применять методики поиска, сбора и обработки информации и использовать методы системного анализа в области микромеханики и сопромата
- применять методы анализа и синтеза информации, полученной из разных источников в области микромеханики и сопромата
- Анализировать работу микроэлектромеханических устройств
- Использовать методы расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области

Владеть:

- Формирование набора возможных способов реализации чувствительных элементов и отдельных блоков микроэлектромеханической системы
- навыками проведения аналитических обзоров современной отечественной и зарубежной литературы в области микромеханики и сопромата
- Анализ технического задания по параметрам исходных материалов и выполнения отдельных операций при изготовлении микро- и наноразмерных электромеханических систем
- Уточнение и совершенствование моделей поведения динамических многослойных микромеханических конструкций с диссипацией энергии, содержащих различные дефекты формы и свойств
- Выполнение моделирования и анализа результатов моделирования списка цепей, содержащего паразитные элементы отдельных блоков и микроэлектромеханической системы в целом
- Временной анализ функциональных блоков микроэлектромеханической системы с учетом рассчитанных задержек на основе компьютерного моделирования средствами системы автоматизированного проектирования
- Выполнение процедур физической и электрической верификации топологических представлений блоков микроэлектромеханической системы средствами системы автоматизированного проектирования
- Проверка соответствия результатов моделирования требованиям функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик, анализ потребляемой мощности и оценка площади
- Определение окончательной архитектуры микроэлектромеханической системы

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

При проведении учебных занятий организация обеспечивает развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Сем.	Часов	Компетенции
1. Теория сопромата				
1.1	Предмет и задачи статики. (Лек). Аксиомы статики. Проекция силы на плоскость. Связи и их реакции. Аналитический способ сложения сил. Равнодействующая и уравнивающая силы.	5	2	УК-1.1, УК-1.2
1.2	Выполнение практических заданий (Пр). Проектирование силы на ось. Система сходящихся сил. Произвольная плоская система сил. Уравнения равновесия. Равновесие сочлененной системы тел. Произвольная пространственная система сил. Уравнения равновесия.	5	2	УК-1.1, УК-1.2
1.3	Выполнение домашнего задания (Ср). Выполнение домашнего задания по варианту преподавателя на пройденную тему	5	1,375	УК-1.1, УК-1.2
1.4	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	5	1,375	УК-1.1, УК-1.2

1.5	Предмет и задачи сопротивления материалов. (Лек). Расчетная схема. Напряжения и деформации. Основные принципы сопротивления материалов. Метод сечений. Классификация видов деформаций. Растяжение – сжатие. Внутренние силовые факторы. Расчеты на прочность и жесткость стержней. Энергетические методы расчета на прочность и жесткость стержневых систем. Метод Мора. Кручение. Расчеты на прочность и жесткость при кручении. Изгиб. Внутренние силовые факторы (поперечная сила, изгибающий момент). Расчеты на прочность и жесткость. Расчеты на жесткость при изгибе. Метод Мора. Теории прочности. Теория наибольших касательных напряжений. Энергетическая теория. Теории прочности. Теория наибольших касательных напряжений. Энергетическая теория.	5	2	УК-1.1, УК-1.2
1.6	Выполнение практических заданий (Пр). Расчеты скоростей и ускорений при плоском движении. Метод сечений. Растяжение–сжатие. Определение продольной силы, построение эпюры N. Нормальное напряжение при растяжении-сжатии. Условие прочности. Виды расчета на прочность. Выбор рациональных сечений. Перемещения и деформации при растяжении-сжатии. Эпюры перемещений. Расчет стержня на жесткость. Геометрические характеристики плоских сечений. Центр тяжести. Моменты инерции. Кручение. Крутящий момент. Касательное напряжение при кручении. Расчет на прочность. Прямой изгиб. Внутренние усилия, эпюры. Напряжения в поперечном сечении балки при изгибе. Методы расчета на прочность. Перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки. Методы определения перемещений, метод Мора.	5	2	УК-1.1, УК-1.2
1.7	Выполнение домашнего задания (Ср). Выполнение домашнего задания по варианту преподавателя на пройденную тему	5	1,375	УК-1.1, УК-1.2
1.8	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	5	1,375	УК-1.1, УК-1.2
1.9	Понятие о сложном сопротивлении. (Лек). Косой изгиб. Внутренние усилия. Нормальное напряжение. Нулевая линия в поперечном сечении балки. Опасные точки. Расчет на прочность при косом изгибе. Перемещения. Внецентренное растяжение – сжатие. Внутренние усилия. Нормальное напряжение в поперечном сечении стержня. Нулевая линия. Опасные точки. Расчет на прочность. Ядро сечения.	5	2	УК-1.1, УК-1.2

1.10	Выполнение практических заданий (Пр). Косой (сложный) изгиб. Определение внутренних усилий. Построение эпюр. Опасное сечение. Построение нулевой линии. Расчет на прочность. Внецентренное растяжение-сжатие. Внутренние усилия. Нормальное напряжение. Построение нулевой линии. Расчет на прочность. Построение ядра сечения.	5	2	УК-1.1, УК-1.2
1.11	Выполнение домашнего задания (Ср). Выполнение домашнего задания по варианту преподавателя на пройденную тему	5	1,375	УК-1.1, УК-1.2
1.12	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	5	1,375	УК-1.1, УК-1.2
1.13	Устойчивость сжатого стержня. (Лек). Задача Эйлера. Критическая сила. Пределы применимости формулы Эйлера. Гибкость стержня. Формула Ясинского. Практический расчет сжатого стержня. Динамическое действие нагрузки. Расчет элементов, движущихся с постоянным ускорением. Ударное действие нагрузки. Динамический коэффициент. Расчет на прочность при ударе.	5	2	УК-1.1, УК-1.2
1.14	Выполнение практических заданий (Пр). Определение критической силы в зависимости от гибкости стержня. Формула Эйлера, формула Ясинского. Расчет на устойчивость с использованием коэффициента продольного изгиба. Расчет стержня на прочность при ударной нагрузке. Динамический коэффициент.	5	2	УК-1.1, УК-1.2
1.15	Выполнение домашнего задания (Ср). Выполнение домашнего задания по варианту преподавателя на пройденную тему	5	1,375	УК-1.1, УК-1.2
1.16	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	5	1,375	УК-1.1, УК-1.2
2. МЭМС				
2.1	Микроэлектромеханические системы. (Лек). Конструкции и принципы работы МЭМС-устройств. Радиочастотные МЭМС. Методы измерения параметров микро- и наноразмерных электромеханических систем. Методы контроля операционных параметров технологических микро-наноразмерных электромеханических процессов. Методы исследования характеристик функциональных элементов и слоев микро- и наноразмерных электромеханических систем	5	2	ПК-3.3
2.2	Выполнение практических заданий (Пр). Изучение методов обобщенного описания и комплексного анализа элементов микросистем различной физической природы. Анализ технического задания по параметрам исходных материалов и выполнения отдельных операций при изготовлении микро- и наноразмерных электромеханических систем	5	2	ПК-3.3

2.3	Выполнение домашнего задания (Ср). Выполнение домашнего задания по варианту преподавателя на пройденную тему	5	1,375	ПК-3.3
2.4	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	5	1,375	ПК-3.3
2.5	Компоненты МЭМС. (Лек). Работа вибрационного микрогироскопа. Возбуждение и детектирование. Реальные конструкции микрогироскопов. Текущие проблемы и будущие тенденции в производстве МЭМС/НЭМС. Методы измерения параметров микро- и наноразмерных электромеханических систем. Методы контроля операционных параметров технологических микро- наноразмерных электромеханических процессов. Методы исследования характеристик функциональных элементов и слоев микро- и наноразмерных электромеханических систем	5	2	ПК-3.3
2.6	Выполнение практических заданий (Пр). Изучение принципа работы и характеристик микромеханического гироскопа. Расчет конструкционных и динамических характеристик элементов МЭМС-гироскопа. Коэффициенты жесткости балок. Коэффициенты демпфирования. Анализ технического задания по параметрам исходных материалов и выполнения отдельных операций при изготовлении микро- и наноразмерных электромеханических систем	5	2	ПК-3.3
2.7	Выполнение домашнего задания (Ср). Выполнение домашнего задания по варианту преподавателя на пройденную тему	5	1,375	ПК-3.3
2.8	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	5	1,375	ПК-3.3

2.9	<p>Основные технологические процессы изготовления механических компонентов (Лек). Материалы для изготовления МЭМС. Особенности технологий изготовления МЭМС. Технологический процесс изготовления МЭМС датчиков (основные этапы). Аналоговая и цифровая схемотехника, схемотехника импульсных схем, схемы смешанного сигнала. Механические модели в электромеханике, физико-математические и морфолого-топологические модели базовых элементов. Принципы построения и функционирования микроэлектромеханических устройств. Физическая основа процессов, протекающих при реализации микросистем. Физическая основа процессов, протекающих при реализации микросистем, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях. Физические и математические модели приборов, схем, микроэлектромеханических устройств различного функционального назначения. Физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования микро- и наноструктур</p>	5	2	ПК-1.2
-----	--	---	---	--------

2.10	<p>Выполнение практических заданий (Пр). Расчет материалов МЭМС на прочность и деформацию. Методы реализации МЭМС с учетом технологического процесса. Анализировать работу микроэлектромеханических устройств. Использовать методы расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области. Проводить операции обратного переименования с учетом паразитных компонентов. Проводить оценку функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик функциональных блоков микроэлектромеханической системы методом компьютерного моделирования. Формулировать технические требования к блокам микроэлектромеханической системы. На временной анализ функциональных блоков микроэлектромеханической системы с учетом рассчитанных задержек на основе компьютерного моделирования средствами системы автоматизированного проектирования. Выполнение моделирования и анализа результатов моделирования списка цепей, содержащего паразитные элементы отдельных блоков и микроэлектромеханической системы в целом. Выполнение процедур физической и электрической верификации топологических представлений блоков микроэлектромеханической системы средствами системы автоматизированного проектирования. Определение окончательной архитектуры микроэлектромеханической системы. Проверка соответствия результатов моделирования требованиям функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик, анализ потребляемой мощности и оценка площади. Уточнение и совершенствование моделей поведения динамических многослойных микромеханических конструкций с диссипацией энергии, содержащих различные дефекты формы и свойств. Формирование набора возможных способов реализации чувствительных элементов и отдельных блоков микроэлектромеханической системы.</p>	5	2	ПК-1.2
2.11	<p>Выполнение домашнего задания (Ср). Выполнение домашнего задания по варианту преподавателя на пройденную тему</p>	5	1,375	ПК-1.2
2.12	<p>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала</p>	5	1,375	ПК-1.2

2.13	<p>Разработка конструкции ЧЭ МЭМС-акселерометра. (Лек). Основные характеристики МЭМС-акселерометров. Оборудование, предназначенное для проведения испытаний МЭМС-акселерометров. Особенности МЭМС-гироскопов. Аналоговая и цифровая схемотехника, схемотехника импульсных схем, схемы смешанного сигнала. Механические модели в электромеханике, физико-математические и морфолого-топологические модели базовых элементов. Принципы построения и функционирования микроэлектромеханических устройств. Физическая основа процессов, протекающих при реализации микросистем. Физическая основа процессов, протекающих при реализации микросистем, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях. Физические и математические модели приборов, схем, микроэлектромеханических устройств различного функционального назначения. Физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования микро- и наноструктур</p>	5	2	ПК-1.2
------	---	---	---	--------

2.14	<p>Выполнение практических заданий (Пр). Расчет чувствительного элемента микроакселерометра с складчатым, с загнутым подвесом, с подвесом «ноги краба» и из фиксированных с обоих концов балок методом Мора и Эйлера. Анализировать работу микроэлектромеханических устройств. Использовать методы расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области. Проводить операции обратного переименования с учетом паразитных компонентов. Проводить оценку функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик функциональных блоков микроэлектромеханической системы методом компьютерного моделирования. Формулировать технические требования к блокам микроэлектромеханической системы. На Временной анализ функциональных блоков микроэлектромеханической системы с учетом рассчитанных задержек на основе компьютерного моделирования средствами системы автоматизированного проектирования. Выполнение моделирования и анализа результатов моделирования списка цепей, содержащего паразитные элементы отдельных блоков и микроэлектромеханической системы в целом. Выполнение процедур физической и электрической верификации топологических представлений блоков микроэлектромеханической системы средствами системы автоматизированного проектирования. Определение окончательной архитектуры микроэлектромеханической системы. Проверка соответствия результатов моделирования требованиям функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик, анализ потребляемой мощности и оценка площади. Уточнение и совершенствование моделей поведения динамических многослойных микроэлектромеханических конструкций с диссипацией энергии, содержащих различные дефекты формы и свойств. Формирование набора возможных способов реализации чувствительных элементов и отдельных блоков микроэлектромеханической системы.</p>	5	2	ПК-1.2
2.15	<p>Выполнение домашнего задания (Ср). Выполнение домашнего задания по варианту преподавателя на пройденную тему</p>	5	1,375	ПК-1.2
2.16	<p>Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала</p>	5	1,375	ПК-1.2
3. Промежуточная аттестация (зачёт)				
3.1	<p>Подготовка к сдаче промежуточной аттестации (Зачёт).</p>	5	17,75	ПК-3.3, ПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2

3.2	Контактная работа с преподавателем в период промежуточной аттестации (КрПА).	5	0,25	ПК-3.3, ПК-1.2, УК-1.1, УК-1.2
-----	---	---	------	--------------------------------

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

5.1. Перечень компетенций

Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Элементы микромеханики и сопромата», с указанием результатов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы

5.2. Типовые контрольные вопросы и задания

1. Объект и предмет дисциплины «Сопротивление материалов».
2. Закон Гука. Понятие о напряжениях, деформациях, перемещениях.
3. Связь между напряжениями и внутренними силовыми факторами.
4. Внутренние силовые факторы и метод их определения. Связь между напряжениями и внутренними силовыми факторами.
5. Диаграмма растяжения. Механические характеристики материалов. Допускаемые напряжения.
6. Расчеты на прочность и жесткость при осевом растяжении - сжатии. Внутренние силы.
Допускаемые напряжения.
7. Потенциальная энергия деформации при осевом растяжении - сжатии.
8. Напряжения по наклонным площадкам при осевом растяжении - сжатии.
9. Главные площадки и главные напряжения. Напряжения по наклонным площадкам при плоском напряженном состоянии.
10. Виды напряженного состояния. Теории (гипотезы) прочности и их применение.
11. Напряжения и деформации при плоском напряженном состоянии.
12. Обобщенный закон Гука.
13. Вывод формулы для касательных напряжений при кручении.
14. Напряжения и деформации при кручении. Вывод формулы.
15. Условия прочности и жесткости при кручении. Построение эпюр крутящего момента и углов закручивания.
16. Потенциальная энергия деформации при кручении.
17. Статически неопределимые системы. Расчет по допускаемым напряжениям и разрушающим нагрузкам.
18. Статически неопределимые системы. Простейшие виды систем растяжения - сжатия.
19. Статически неопределимые системы. Особенности работы статически неопределимых систем.
20. Геометрические характеристики плоских сечений. Главные оси и главные моменты инерции.
21. Изменение моментов инерции при повороте и параллельном переносе осей.
22. Геометрические характеристики простейших сечений. Вычисление главных центральных моментов инерции сложных фигур.
23. Определение внутренних силовых факторов при прямом поперечном изгибе.
24. Нормальные напряжения при изгибе. Вывод формулы.
25. Дифференциальные зависимости при изгибе. Вывод формул. Показать их использование на примере.
26. Условие прочности при изгибе по нормальным напряжениям.
27. Рациональные сечения балок при изгибе.
28. Касательные напряжения при поперечном изгибе.
29. Нормальные и касательные напряжения при изгибе.
30. Нормальные напряжения при изгибе. Полная проверка прочности двутавра.
31. Условия прочности при изгибе. Перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки.

32. Определение перемещений при изгибе. Условие жесткости.
33. Определение перемещений при изгибе методом начальных параметров.
34. Теоремы о взаимности работ и о взаимности перемещений.
35. Энергетические методы определения перемещений при изгибе. Интеграл Мора.
36. Внецентренное нагружение. Условия прочности. Ядро сечения.
37. Статически неопределимые системы. Основные положения.
38. Статически неопределимые системы. Расчет простых статически неопределимых балок.
39. Метод сил. Пример расчета (дважды статически неопределимая система).
40. Статически неопределимые системы. Определение перемещений. Пример.
41. Статически неопределимые системы. Особенности расчета неразрезных балок.
42. Устойчивость сжатых стержней. Определение критического усилия.
43. Вывод формулы Эйлера. Влияние способа закрепления концов стойки.
44. Устойчивость сжатых стержней. Пределы применимости формулы Эйлера.
45. Устойчивость сжатых стержней. Рациональные типы сечений и способов закрепления.
46. Продольно - поперечный изгиб. Приближенный метод расчета.
47. Динамическое нагружение. Расчет элементов конструкций при известных силах инерции.
48. Динамическое нагружение. Удар.
49. Динамическое нагружение. Колебания упругих систем.
50. Переменные напряжения. Характеристики цикла напряжений. Предел выносливости. Факторы, влияющие на предел выносливости.
51. Каковы основные факторы развития микросистемной техники?
52. Классифицируйте микросистемную технику с учетом сложности и массогабаритных характеристик.
53. Как влияют компоненты микросистемной техники на характеристики измерительных и исполнительных средств нового поколения?
54. Опишите основные характеристики сенсоров.
55. Какими факторами определяется погрешность измерений сенсоров?
56. Какого рода погрешность можно устранить с помощью калибровки сенсора?
57. Опишите основные конструктивные варианты элементов микромеханических сенсоров.
58. Дайте характеристику их свойств.
59. Какие физические механизмы определяют проявление пьезоэффекта?
60. Каков принцип действия и область применения емкостных сенсоров?
61. Опишите область применения, конструктивные особенности тензорезисторов.
62. Опишите принцип действия датчика давлений. Для чего применяется мостовая измерительная схема?
63. Опишите принцип работы микромеханических гироскопов.
64. Опишите назначение, общую классификацию актюаторов.
65. Опишите основные конструктивные варианты пьезоэлектрических актюаторов. Дайте характеристику их свойств.
66. Какие физические механизмы определяют проявление обратного пьезоэффекта?
67. Опишите принцип работы биморфных пьезоэлектрических актюаторов.
68. Опишите основные конструктивные варианты емкостных актюаторов. Дайте характеристику их свойств.
69. Опишите основные конструктивные варианты термомеханических актюаторов. Дайте характеристику их свойств.
70. Опишите основные конструктивные варианты электромагнитных актюаторов. Дайте характеристику их свойств.
71. Опишите принцип работы электромагнитных актюаторов.
72. Какие физические механизмы определяют проявление эффекта «памяти формы»?
73. Какие механизмы активации используют для создания устройств микросмещения и микропозиционирования? Каковы конструктивные особенности этих устройств?
74. Опишите область применения, конструктивные особенности генераторов-вибраторов.

75. Перечислите варианты конструкций планарных и объемных микроиндукторов.
76. Как зависит добротность катушки индуктивности от занимаемой ею площади?
77. Назовите основные типы регулируемых конденсаторов.
78. Опишите конструкцию и принцип действия микроантенны.
79. Опишите конструкции и принцип действия микрореле и коммутаторов.
80. Приведите примеры применения микросистемных компонентов в высокочастотных устройствах.
81. Назовите сходные черты и различие технологических процессов микроэлектроники и микромеханики.
82. Каково основное конструктивно-топологическое отличие элементов микроэлектроники и микросистемной техники?
83. Опишите основные технологические процессы, используемые в микросистемной технике.
84. Опишите основные операции и область применения технологии с использованием «жертвенного» слоя.
85. Опишите основные операции и область применения технологий анизотропного жидкостного и глубокого реактивно-ионного травления.

5.3. Фонд оценочных материалов

Полный перечень оценочных материалов представлен в приложении 1.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование помещения	Перечень основного оборудования
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

6.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1. Microsoft Windows. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.
2. Microsoft Office. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.

6.3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.3.1. Основная литература

1. Носов В. В., Матвеев И. В. Механика неоднородных материалов [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 276 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167338>
2. Ибрагимов И. М., Ковшов А. Н., Назаров Ю. Ф. Основы компьютерного моделирования наносистем [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 384 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167744>
3. Жуков В. Г. Механика. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 416 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168406>
4. Атапин В. Г. Механика. Теоретическая механика. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]:учебник. - Новосибирск: НГТУ, 2019. - 378 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/152310>

5. Крамаренко Н. В. Методы подобия в механике. Анализ размерностей [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Новосибирск: НГТУ, 2020. - 212 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/152131>

6.4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. База данных Web of Science
<http://www.webofknowledge.com>
2. Международный ресурс для поиска и обмена научными публикациями
<https://www.researchgate.net>
3. Электроника НТБ - научно-технический журнал

<http://www.electronics.ru>
4. Информационно-справочный портал научных публикаций отечественных и зарубежных авторов «Google Академия»

<https://www.scholar.google.ru>
5. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>

6.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Самостоятельная работа студента направлена на подготовку к учебным занятиям и на развитие знаний, умений и навыков, предусмотренных программой дисциплины.

В соответствии с учебным планом дисциплина может предусматривать лекции, практические занятия и лабораторные работы, а также выполнение и защиту курсового проекта (работы). Успешное изучение дисциплины требует посещения всех видов занятий, выполнение заданий преподавателя и ознакомления с основной и дополнительной литературой. В зависимости от мероприятий, предусмотренных учебным планом и разделом 4, данной программы, студент выбирает методические указания для самостоятельной работы из приведенных ниже.

При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо: приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию; до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия; в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения; в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов; на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившихся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по

теме, изученную на занятии.

Методические указания, необходимые для изучения и прохождения дисциплины приведены в составе образовательной программы.

6.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБУЧЕНИЮ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Медиа материалы также следует использовать и адаптировать с учетом индивидуальных особенностей обучения лиц с ОВЗ.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

