

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)
АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

Кафедра «Авиационные приборы и устройства»

ОДОБРЕНО:

на заседании кафедры разработчика
протокол № 7 от 18.12.2025 г.

Зав. кафедрой

_____ А.А.Гуськов

«18» декабря 2025 год

УТВЕРЖДЕН:

на заседании Ученого совета АПИ НГТУ
протокол № 9 от 25.12.2025 г.

Директор института

_____ В.В. Глебов

«25» декабря 2025 год

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1. В.09 Микроэлектромеханические системы

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: **12.03.01 Приборостроение**

Направленность: **Информационно-измерительная техника и технологии**

Форма обучения: *очная, заочная*

Выпускающая кафедра **Авиационные приборы и устройства**

Разработчик (и): *Карасева Т.В., к.т.н., доцент*

регистрационный № 12.03.01-36

Начальник учебного отдела _____ О.Ю. Мельникова

подпись

Заведующая отделом библиотеки _____ О.Н. Старостина

подпись

АРЗАМАС, 2026 год

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат:
00B4A6F7AAA383423E375F0ECF5610EF68
Владелец: Глебов Владимир Владимирович
Действителен: с 10.07.2025 до 03.10.2026

Содержание

<u>1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</u>	3
<u>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</u>	9
<u>3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</u>	9
<u>3.1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам</u>	9
<u>3.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам</u>	10
<u>4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</u>	13
<u>4.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда</u>	13
<u>4.2. Справочно-библиографическая литература</u>	13
<u>4.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям</u>	13
<u>5. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</u>	14
<u>5.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)</u>	14
<u>5.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем</u>	14
<u>6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ</u>	15
<u>7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</u>	15
<u>7.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии</u>	15
<u>7.2. Методические указания для занятий лекционного типа</u>	16
<u>7.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах</u>	16
<u>7.4. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа</u>	16
<u>7.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся</u>	16
<u>7.6. Методические указания для выполнения РГР</u>	17
<u>7.7. Методические указания для выполнения курсового проекта / работы</u>	17
<u>8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ</u>	17
<u>9. АДАПТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ И ИНВАЛИДОВ</u>	17

1.ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Настоящая рабочая программа дисциплины «**Микроэлектромеханические системы**» устанавливает планируемые результаты обучения по дисциплине, а также определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение, утвержденного приказом Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 945.

Освоение дисциплины вносит вклад в формирование компетенций, предусмотренных ОПОП:

Таблица 1.

Код компетенции	Формулировка компетенции
Профессиональные (ПК)	
ПК-1	Способность к выработке технических требований к проектируемым приборам и системам, и анализу возможностей использования ранее известных решений, отвечающих современным требованиям
ПК-2	Способность рассчитывать и проектировать типовые системы и приборы, детали и узлы при многовариантном подходе к способам реализации ЧЭ и отдельных блоков приборов и систем на базе принципа декомпозиции структуры и блочного подхода к конструированию
ПК-4	Способность разрабатывать функциональные, структурные и принципиальные схемы приборов и систем
ПК-5	Способен определять этапы изготовления деталей и узлов приборов и систем и формировать последовательность необходимых для их изготовления технологических операций

Для категорий «знать, уметь, владеть» планируется достижение результатов обучения по дисциплине, вносящих на соответствующих уровнях вклад в формирование компетенций, предусмотренных основной профессиональной образовательной программой (таблица 2).

Таблица 2. Индикаторы достижения компетенции

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Код и наименование дескриптора достижения компетенции	Код ПС и ТФ ¹	Квалификационные требования к выбранной ТФ ²	Оценочные материалы (ОМ)	
					текущего контроля	промежуточного контроля
ПК-1 Способность к выработке технических требований к проектируемым приборам и системам, и анализу возможностей использования ранее известных решений, отвечающих современным требованиям	ИПК-1.1 - Формирует технические требования к проектируемым приборам и системам. ИПК-1.2 - Анализирует возможности использования готовых решений банка знаний, отвечающих современным требованиям ИПК-1.3 - Находит и анализирует актуальные технические проблемы и пути их решения.	Знать: – знать и совершенствовать свои знания по известным физическим принципам действия информационных устройств в рамках создания микроэлектромеханических систем; Уметь: - уметь осуществлять обзор прототипных изделий и уметь выбирать тактико-технические требования к заданиям; - уметь формулировать технические требования к блокам микроэлектромеханических систем Владеть: - навыками работы со справочными материалами и компьютерными базами данных по разработке микросистемных приборов; - навыками анализа возможности использования готовых решений банка знаний, аналогичных текущим требованиям	ПС 29.007 А/01.6	Трудовые действия: Анализ возможности использования готовых решений банка знаний, аналогичных текущим требованиям Трудовые умения: - Формулировать технические требования к блокам микроэлектромеханической системы Трудовые знания: Основы микросистемной техники	Выполнение практических заданий Контрольные вопросы при сдаче практического задания Выполнение лабораторных работ Контрольные вопросы при сдаче лабораторных работ Тестирование в СДО MOODLE по различным темам и разделам дисциплины	Вопросы к зачету Зачет Вопросы к экзамену Экзамен Сдача курсовой работы
			ПС 29.008 А/02.6			
ПК-2 Способность рассчитывать и проектировать типовые системы и	ИПК-2.3 - Формирует набор возможных способов	Знать: – знать основы проектирования микросистемных информационных средств	ПС 29.007 А/01.6	Трудовые действия: Формирование набора возможных способов реализации чувствительных элементов и отдельных блоков микроэлектромеханической системы	Выполнение практических заданий Контрольные	Вопросы к зачету Зачет Вопросы к

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Код и наименование дескриптора достижения компетенции	Код ПС и ТФ ¹	Квалификационные требования к выбранной ТФ ²	Оценочные материалы (ОМ)	
					текущего контроля	промежуточного контроля
приборы, детали и узлы при многовариантном подходе к способам реализации ЧЭ и отдельных блоков приборов и систем на базе принципа декомпозиции структуры и блочного подхода к конструированию	реализации ЧЭ и отдельных блоков измерительных систем. ИПК-2.5 - Рассчитывает и проектирует типовые приборы и системы ИПК-2.6 - Разбивает функциональное и поведенческое описание измерительных систем на практически используемые технические реализации и подблоки.	- знать основы микросистемной техники - знать базовые принципы функционирования и конструкции типовых микроэлектромеханических систем; - знать методы расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых при проектировании микроэлектромеханических систем Уметь: - уметь осуществлять обзор прототипных изделий и уметь выбирать тактико-технические требования к заданиям; - уметь формулировать технические требования к блокам микроэлектромеханических систем Владеть: - навыками формирования набора возможных способов реализации чувствительных элементов и отдельных блоков микроэлектромеханических систем		Трудовые умения: Разбивать функциональное и поведенческое описание микроэлектромеханической системы на практически используемые технические реализации и подблоки Трудовые знания: Основы микросистемной техники	вопросы при сдаче практического задания Выполнение лабораторных работ Контрольные вопросы при сдаче лабораторных работ Тестирование в СДО MOODLE по различным темам и разделам дисциплины	экзамену Экзамен Сдача курсовой работы
			ПС 29.008 А/02.6	Трудовые действия: Трудовые умения: Трудовые знания: Методы расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых при проектировании микро- и наноразмерных электромеханических систем	Выполнение практических заданий Контрольные вопросы при сдаче практического задания Выполнение лабораторных работ Контрольные	Вопросы к зачету Зачет Вопросы к экзамену Экзамен Сдача курсовой работы

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Код и наименование дескриптора достижения компетенции	Код ПС и ТФ ¹	Квалификационные требования к выбранной ТФ ²	Оценочные материалы (ОМ)	
					текущего контроля	промежуточного контроля
					вопросы при сдаче лабораторных работ Тестирование в СДО MOODLE по различным темам и разделам дисциплины	
ПК-4 Способность разрабатывать функциональные, структурные и принципиальные схемы приборов и систем	ИПК-4.1 - Владеет принципами построения и функционирования приборов и систем. ИПК-4.2 - Разрабатывает спецификации блоков, приборов и систем на основе принципов детализации и обобщения ИПК-4.3 - Определяет окончательную архитектуру информационно-измерительных систем, обеспечивая необходимые показатели качества	Знать: - знать принципы построения и функционирования микроэлектромеханических систем; - знать физические и математические модели приборов и схем микроэлектромеханических устройств различного функционального назначения; Уметь: - уметь осуществлять компьютерное моделирование приборных устройств и систем; - уметь создавать техническую документацию с применением современных средств разработки; Владеть: - навыками оптимальных решений при создании микросистемных приборов; - навыками разработки спецификации блоков микроэлектромеханических систем; - определение окончательной архитектуры микроэлектромеханических систем	ПС 29.007 А/01.6	Трудовые действия: Разработка спецификации блоков микроэлектромеханической системы Определение окончательной архитектуры микроэлектромеханической системы Трудовые умения: Осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы Трудовые знания: Принципы построения и функционирования микроэлектромеханических устройств Основы микросистемной техники Физические и математические модели приборов и схем микроэлектромеханических устройств различного функционального назначения	Выполнение практических заданий Контрольные вопросы при сдаче практического задания Выполнение лабораторных работ Контрольные вопросы при сдаче лабораторных работ Тестирование в СДО MOODLE по различным темам и разделам дисциплины	Вопросы к зачету Зачет Вопросы к экзамену Экзамен Сдача курсовой работы
			ПС	Трудовые действия:	Выполнение	Вопросы к

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Код и наименование дескриптора достижения компетенции	Код ПС и ТФ ¹	Квалификационные требования к выбранной ТФ ²	Оценочные материалы (ОМ)	
					текущего контроля	промежуточного контроля
			29.008 А/02.6	Трудовые умения: Трудовые знания: Базовые принципы функционирования и конструкции типовых микро- и наноразмерных электромеханических систем	практических заданий Контрольные вопросы при сдаче практического задания Выполнение лабораторных работ Контрольные вопросы при сдаче лабораторных работ Тестирование в СДО MOODLE по различным темам и разделам дисциплины	зачету Зачет Вопросы к экзамену Экзамен Сдача курсовой работы
ПК-5 Способен определять этапы изготовления деталей и узлов приборов и систем и формировать последовательность необходимых для их изготовления технологических операций	ИПК-5.1 - Производит выбор типового технологического процесса и технологической базы изготовления деталей и узлов приборов и систем ИПК-5.2 - Составляет описание основных этапов изготовления и набора технологических операций изготовления деталей и узлов	Знать: - знать основы микромеханики - знать основные свойства материалов, используемых в типовых конструкциях микроэлектромеханических систем Уметь: - уметь собирать и анализировать научно-техническую информацию по используемым конструкциям микроэлектромеханических систем, принципам их работы, используемым материалам и методам изготовления	ПС 29.008 А/02.6	Трудовые действия: Трудовые умения: Собирать и анализировать научно-техническую информацию по используемым конструкциям микро- и наноразмерных электромеханических систем, принципам их работы, используемым материалам и методам изготовления Трудовые знания: Основные свойства материалов, используемых в типовых конструкциях микро- и наноразмерных электромеханических систем	Выполнение практических заданий Контрольные вопросы при сдаче практического задания Выполнение лабораторных работ Контрольные вопросы при сдаче лабораторных работ Тестирование в СДО MOODLE по	Вопросы к зачету Зачет Вопросы к экзамену Экзамен Сдача курсовой работы

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Код и наименование дескриптора достижения компетенции	Код ПС и ТФ ¹	Квалификационные требования к выбранной ТФ ²	Оценочные материалы (ОМ)	
					текущего контроля	промежуточного контроля
	приборов и систем				различным темам и разделам дисциплины	

Данные по профессиональным стандартам ОП ВО:

1. Шифр и наименование профессионального стандарта (ПС) – 29.007 «Специалист по проектированию микро- и наноразмерных электромеханических систем»
Код и наименование обобщенной трудовой функции (ОТФ) – А.6 Разработка принципиальной электрической схемы микроэлектромеханической системы
Код и наименование трудовой функции (ТФ) - А/01.6Определение возможных вариантов реализации электронных компонентов микроэлектромеханической системы
2. Шифр и наименование профессионального стандарта (ПС) – 29.008 «Специалист по технологии производства микро- и наноразмерных электромеханических систем».....
Код и наименование обобщенной трудовой функции (ОТФ) – А.6 Моделирование технологических модулей и процессов для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
Код и наименование трудовой функции (ТФ) - А/02.6 Определение этапов изготовления электромеханической системы, формирование перечня оборудования и последовательности необходимых для ее изготовления технологических модулей и единичных операций

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) **Б1.В.03 «Микроэлектромеханические системы»** включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Электроника и микропроцессорная техника», «Аналоговые и цифровые измерительные устройства», «Основы проектирования приборов и систем», «Основы автоматического управления», «Компьютерные технологии в приборостроении».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины «Микроэлектромеханические системы», необходимы при подготовке выпускной квалификационной работы.

Особенностью дисциплины является:

- подготовка студента к анализу различных возможностей использования готовых решений банка знаний, аналогичных текущих требований микроэлектромеханических систем;
- подготовка студента к формированию набора возможных способов реализации чувствительных элементов и отдельных блоков микроэлектромеханических систем;
- подготовка студента к разработке спецификации блоков и определению окончательной архитектуры микроэлектромеханических систем.
- подготовка студента к определению окончательной архитектуры микроэлектромеханической системы

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зач. ед. или 288 часов, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоемкость в час		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	
		№7 семестра/ № 8 семестра	№ 8 семестра/ № 9 семестра
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения		
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	288/288	126/-	162/288
1. Контактная работа:	126/56	65/-	61/56
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	118/48	62/-	56/48
занятия лекционного типа (Л)	56/22	28/-	28/22
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)	34/18	18/-	16/18
лабораторные работы (ЛР)	28/8	16/-	12/8
1.2. Внеаудиторная, в том числе	8/8	3/-	5/8
Курсовая работа (КР)	2/2	-/-	2/2
текущий контроль, консультации по дисциплине	4/4	3/-	1/4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2/2	-/-	2/2
2. Самостоятельная работа (СРС)	162/232	61/-	101/232
2.1 самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.), курсового проекта (КР) (подготовка)	126/219	61/-	65/219
2.2 Подготовка к контролю	36/13		36/13
3. Форма контроля	Зачет Экзамен	Зачет/-	Экзамен/ Экзамен

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного/заочного обучения

Планируемые (контролируе- мые) результаты освоения: код и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Содержание разделов, тем, занятий	Вид СРС
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов		
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия			
7 семестр /9 семестр							
ПК 1 ИПК 1.1	Раздел 1. Общие сведения						
	Тема 1.1. Структура МЭМС	2/1			6/8	Определение МЭМС. Состав МЭМС. Области применения МЭМС. Основные параметры МЭМС. Структура информационно-измерительного канала.	Проработка теоретического материала по курсу Тестирование по разделу в СДО MOODLE
	Тема 1.2. Конструкционные материалы МЭМС	2/1			4/6	Монокристаллический и поликристаллический кремния. Кремниевые компаунды: оксид кремния, карбид кремния, нитрид кремния. Металлы в МЭМС: основные проводники и материалы для формирования подслоев.	
	Итого по 1 разделу	6/2	-/-	-/-	10/14		
ПК-2 ИПК-2.3 ИПК 2.6	Раздел 2. Конструкции микромеханических чувствительных элементов.						
	Тема 2.1 Чувствительные элементы микромеханических акселерометров	4/2			8/12	Типы и состав чувствительных элементов микромеханических акселерометров. Конструирование осевых и маятниковых микромеханических подвижных узлов приборов. Передаточные функций осевых и маятниковых чувствительных элементов. Расчёт параметров передаточных функций для упругих систем с вязкостным и гистерезисным демпфированием.	Проработка теоретического материала по курсу Решение задач по темам и подготовка к лабораторным работам Тестирование по разделу в СДО MOODLE
	Тема 2.2 Чувствительные элементы микромеханических датчиков давления	4/2		4/4	8/12	Типы и состав чувствительных элементов микромеханических датчиков давления. Конструирование микромеханических подвижных узлов датчиков давления. Передаточные функций чувствительных элементов микромеханических датчиков давления. Расчёт параметров передаточных функций кремниевых мембран датчиков давления.	
	Тема 2.3 Чувствительные элементы микромеханических гироскопов	2/-			3/6	Типы и состав чувствительных элементов микромеханических гироскопов. Конструирование микромеханических подвижных узлов микромеханических гироскопов LL-типа, LR – типа, RR-типа.	
	Лабораторная работа №1 Температурные исследования статических характеристик микромеханических		4/4				

	акселерометров						
	Лабораторная работа №2 Исследование статической характеристики микромеханического датчика угловой скорости камертонного типа		6/-				
	Практическое занятие №1 Расчет осевого микромеханического чувствительного элемента			4/4			
	Практическое занятие №2 Расчет маятникового микромеханического чувствительного элемента			4/4			
	Практическое занятие №3 Расчет микромеханической мембраны датчика давления			4/4			
	Итого по 2 разделу	10/4	10/4	12/12	21/30		
Раздел 3. Конструирование микромеханических первичных преобразователей							
	Тема 3.1 Первичные преобразователи перемещений микроэлектромеханических систем	6/2			8/12	Емкостные преобразователи перемещений. Принцип действия, конструкционные решения, определение основных характеристик преобразователя. Оценка температурных напряжений. Преобразователи перемещений на МДП-транзисторе. Принцип действия, конструкционные решения, определение основных характеристик преобразователя.	Проработка теоретического материала по курсу Решение задач по темам и подготовка к лабораторным работам Тестирование по разделу в СДО MOODLE
	Тема 3.2 Первичные преобразователи деформаций микроэлектромеханических систем	6/2			10/16	Тензорезисторные преобразователи деформации. Принцип действия, конструкционные решения, определение основных характеристик преобразователя. Преобразователи деформаций на поверхностно-акустических волнах и на струне. Принцип действия, конструкционные решения, определение основных характеристик преобразователей.	
	Лабораторная работа №1 Исследование статической характеристики микромеханического датчика избыточного давления с тензопреобразователем		6/4				
	Практическое занятие №1 Демпфирование неперфорированных микромеханических чувствительных элементов			4/4			

	маятникового типа						
	Практическое занятие №2 Расчет микромеханического емкостного преобразователя перемещений с чувствительным элементом осевого типа			2/2			
	Итого по 3 разделу	12/4	6/4	6/6	18/28		
	ИТОГО за семестр	28/-	16/-	18/-	61/		

8 семестр / 9 семестр

ПК-2 ИПК-2.3 ИПК-2.5 ИПК 2.6	Раздел 4. Конструирование микромеханических актюаторов						
	Тема 4.1 Электростатические микромеханические преобразователи	4/2			8/16	Формирование электростатической силы по трем координатным направлениям. Формирование электростатической силы в направлении X при конструировании микродвигателей микромеханических гироскопов. Формирование электростатической силы в направлении оси Y при конструировании микромеханических акселерометров и датчиков давления. Конструкционные решения, определение основных характеристик преобразователей.	Проработка теоретического материала по курсу Решение задач по темам и подготовка к лабораторным работам Тестирование по разделу в СДО MOODLE
	Тема 4.2. Магнитоэлектрические микромеханические преобразователи	2/2			4/8	Формирование магнитоэлектрической силы. Конструкционные решения, определение основных характеристик преобразователей. Конструкционные материалы и технологические особенности при их изготовлении.	
	Тема 4.3 Электромагнитные микромеханические преобразователи	2/2			4/8	Формирование электромагнитной силы в направлении X при конструировании микромеханических гироскопов. Формирование электромагнитной силы в направлении оси Y при конструировании микромеханических акселерометров и датчиков давления. Конструкционные решения, определение основных характеристик преобразователей.	
	Тема 4.4 Электронные средства обработки сигналов микромеханических приборов	2/-			4/8	Схемы с аналоговым и частотным выходом для конструирования микромеханических акселерометров и датчиков давления. Схемы с ШИМ модулятором на выходе. Обеспечение режима движения, режима чувствительности и обработки сигнала с помощью электронных средств при конструировании микромеханического гироскопа.	
	Лабораторная работа №1 Исследование статической характеристики микромеханического компенсационного акселерометра с магнитоэлектрической		6/				

	обратной связью						
	Практическое занятие №1 Расчет электростатического преобразователя силы микромеханического датчика давления			4/-			
	Практическое занятие №2 Расчет электростатического преобразователя силы микромеханического датчика давления			4/-			
	Итого по 4 разделу	10/6	6/—	8/-	20/40		
ПК-5 ИПК 5.1 ИПК 5.2	Раздел 5. Технологические основы формирования микроэлектромеханических систем						
	Тема 5.1 Формирование конфигурации элементов	3/1			10/20	Формирование защитных покрытий: методы окисления и методы осаждения. Литография: фотолитография, рентгенолитография, электронно-лучевая литография. Размерная обработка: объемная и поверхностная микрообработка, LIGA –технология, SIGA-технология, HART-технология и микростереолитография.	Проработка теоретического материала по курсу Тестирование по разделу в СДО MOODLE
	Тема 5.2 Технология формирования МЭМС	3/1			10/20	Технология формирования активных микроэлектронных элементов МЭМС. Сборка микроэлектромеханических систем	
	Итого по разделу 5	6/2	-/-	-/-	20/40		
ПК 1 ИПК 1.2 ИПК 1.3 ПК 4 ИПК 4.1 ИПК 4.2 ИПК 4.3	Раздел 6. Конструкторские решения микроэлектромеханических систем (измерительные свойства)						
	Тема 6.1 Микромеханические акселерометры.	4/2			/	Структурные и измерительные цепи осевых и маятниковых микромеханических акселерометров прямого измерения. Определение передаточной функции осевых и маятниковых микромеханических акселерометров прямого измерения. Конструктивные решения микромеханических акселерометров прямого измерения. Структурные и измерительные цепи осевых и маятниковых микромеханических акселерометров компенсационного типа с магнитоэлектрическим и электростатическим актюатором. Определение передаточной функции осевых и маятниковых микромеханических акселерометров компенсационного типа. Конструктивные решения микромеханических акселерометров компенсационного типа.	Проработка теоретического материала по курсу Решение задач по темам и подготовка к лабораторным работам Тестирование по разделу в СДО MOODLE
	Тема 6.2 Микромеханические датчики давления	4/2				Структурные и измерительные цепи микромеханических датчиков давления прямого измерения. Определение передаточной функции микромеханических датчиков давления прямого измерения. Конструктивные решения микромеханических датчиков давления прямого измерения. Структурные и измерительные цепи микромеханических датчиков давления компенсационного типа с магнитоэлектрическим и электростатическим актюатором. Определение передаточной функции микромеханических датчиков давления компенсационного типа.	

						Конструктивные решения микромеханических датчиков давления компенсационного типа.	
	Тема 6.3 Микромеханические гироскопы	4/-				Структурные и измерительные цепи микромеханических гироскопов. Определение передаточной функции микромеханических гироскопов. Конструктивные решения микромеханических гироскопов.	
	Лабораторная работа №1 Исследование динамических и частотных характеристик микромеханического акселерометра при гармонических и ШСВ виброиспытаниях		6/ -				
	Практическое занятие №1 Демпфирование с помощью механических поглотителей виброэнергии			4/-			
	Практическое занятие №2 Динамическая модель микромеханической мембраны с жестким центром			4/			
	Итого по разделу 6	12/4	6/ -	8/-	25/44		
ПК-1, ИПК 1.1; ИПК 1.2; ИПК 1.3; ПК-2, ИПК 2.3; ИПК 2.5; ИПК 2.6; ПК-4, ИПК 4.1; ИПК 4.2; ИПК 4.3; ПК 5; ИПК 5.1; ИПК 5.2	Выполнение курсовой работы				36/36		
	ИТОГО за семестр	28/	12 /	16/	101/		
	ИТОГО по дисциплине	56/22	28 /8	34/18	162/232		

Таблица 5 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

Вид занятий	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
Лекции	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии
Практические занятия, лабораторные работы	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии Тестовые технологии Технологии работы в малых группах Технология коллективной работы Информационно-коммуникационные технологии

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

4.1.1. Вавилов В.Д. Теоретические основы микросистемных акселерометров и гироскопов [Текст]: Учебное пособие / В. Д. Вавилов. - Рекомендовано УМО вузов РФ по образованию в области приборостроения и оптоэлектроники для студ. спец.200103 "Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы", 200106 "Информационно-измерительная техника и технологии". - Н.Новгород: НГТУ, 2011. - 210 с. – 146 экз.

4.1.2. Вавилов, В.Д. Компьютерное моделирование характеристик микросистемных датчиков [Текст]: Учебное пособие / В. Д. Вавилов. - Рекомендовано УМО по образованию. - Н.Новгород: НГТУ, 2007. - 80 с. – 150 экз.

4.1.3. Распопов, В.Я. Микромеханические приборы [Текст]: Учебное пособие / В. Я. Распопов. - Допущено Министерством образования и науки РФ. - М.: Машиностроение, 2007. - 400 с. -23 экз.

4.1.4. Долгов, А. Н. Схемотехника интегральных датчиков: учебное пособие / А. Н. Долгов. — Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 149 с. — ISBN 978-5-4497-0431-3. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91126.html> — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4.1.5. Вавилов, В. Д. Микросистемные датчики физических величин: монография в двух частях / В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенко, А. С. Тимошенко. — Москва: Техносфера, 2018. — 550 с. — ISBN 978-5-94836-498-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/84690.html> — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4.2. Справочно-библиографическая литература

4.2.1. Вавилов, В.Д. Интегральные датчики [Текст]: Учебник / В. Д. Вавилов. - Рекомендовано УМО вузов РФ по образованию в области авиации, ракетостроения и космоса в кач. учебника. - Н.Новгород: НГТУ, 2003. - 503 с. 148 экз.

4.2.2. Фрайден, Дж. Современные датчики. Справочник [Текст] / Фрайден Дж.; Пер. с англ. Ю.А. Заболотной, под. ред. Е.Л.Свинцова. - М.: Техносфера, 2006; 2005. - 592 с. - (Мир электроники). – 50 экз.

4.2.3. Джексон, Р.Г. Новейшие датчики [Текст]: Пер. с англ. / Р. Г. Джексон ; Под ред. В.В. Лучинина. - М.: Техносфера, 2007. - 384 с. - (Мир электроники). – 16 экз.

4.2.4. Липатов, Г. И. Компоненты микросистемной техники: учебное пособие / Г. И. Липатов. — Воронеж: Воронежский государственный технический университет, ЭБС

АСВ, 2019. — 83 с. — ISBN 978-5-7731-0799-6. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93319.html> — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Положение по виду деятельности «Методические рекомендации к лекционным и практическим занятиям по дисциплине» НГТУ ПВД 11.6/145-23 от 27 февраля 2023 г. Электронный адрес: <https://api.nntu.ru/sveden/files/000651.pdf>
2. Положение по виду деятельности «Методические рекомендации по оформлению практических работ обучающихся» НГТУ ПВД 11.6/146-23 от 27 февраля 2023 г. Электронный адрес: <https://api.nntu.ru/sveden/files/000653.pdf>
3. Положение по виду деятельности «Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине» НГТУ ПВД 11.6/148-23 от 27 февраля 2023 г. Электронный адрес: <https://api.nntu.ru/sveden/files/000654.pdf>
4. Положение по виду деятельности «Методические рекомендации по применению интерактивных форм, методов и технологий обучения» НГТУ ПВД 11.6/144-23 от 27 февраля 2023 г. Электронный адрес: <https://api.nntu.ru/sveden/files/000650.pdf>

5. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

5.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks» www.iprbookshop.ru
2. Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>
3. Научная электронная библиотека открытого доступа КиберЛенинка <https://cyberleninka.ru/journal>
4. Электронно-библиотечная система издательства «Наука» <https://www.libnauka.ru>
5. Информационная система доступа к каталогам библиотек сферы образования и науки ЭКБСОН <http://www.vlibrary.ru>

5.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 6. Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Microsoft Windows 10 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/КМР от 15.10.18)	Open office 4.1.10 (лицензия Apache License 2.0)
Microsoft Windows 8.1 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/КМР от 15.10.18)	Adobe Acrobat Reader DC-Russian (проприетарное ПО)
Microsoft Office Standard 2016 (лицензия № 65824992)	Mozilla Firefox (свободное ПО)
Р7 Офис (с/н 5260001439)	Google Chrome (свободное ПО)
Microsoft Visual Studio 2017 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/КМР от 15.10.18)	Yandex Browser (свободное ПО)
Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)	
Компас 3D (Лиц. согл. № 054A15 от 05.10.2015)	

MATLAB (лицензия № 363567 от 27.04.2011) LabVIEW	
---	--

Таблица 7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1.	Сайт «Интернет и Право»	https://internet-law.ru/
2.	Библиотека нормативной документации	https://files.stroyinf.ru/
3.	База данных свободного доступа Polpred Обзор СМИ	https://polpred.com/news

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для проведения учебных занятий по дисциплине могут быть использованы любые учебные аудитории, лаборатории или специализированные помещения, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения в соответствии с требованиями к реализации программы. Сведения об оборудованных учебных кабинетах размещена на сайте АПИ НГТУ (<https://api.nntu.ru>) в разделе «Материально-техническое обеспечение и оснащённость образовательного процесса. Доступная среда» по ссылке: <https://api.nntu.ru/sveden/objects/>

Таблица 8. Оснащенность аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине

Адрес места нахождения	Наименование оборудованного учебного кабинета	Оснащенность оборудованного учебного кабинета	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	316 - Кабинет самоподготовки студентов	1. Рабочее место студента, оснащенное ПК с монитором – 5 шт. 2. ПК с выходом на телевизор LG – 1 шт. 3. Рабочее место студента – 26 шт.	Windows 10 (Подписка DreamSpark Premium договор № Tr000153075 от 11.04.2017) Мой Офис Стандартный (Договор № Л-80878 02.04.2019) MS Office-2010 Russian Standart (Лицензия № 46931090 от 20.05.2010) ABBYY FineReader 10 Corporate Edition (Сертификат AF10-3S1V25-102 от

г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Аудитория 9 (кафедра АПУ)	1. Рабочее место преподавателя, оснащенное ПК с монитором – 1 шт. 2. Рабочее место студента – 32 шт. 3. Комплект демонстрационного оборудования: - мультимедийный проектор – 1 шт.; - экран для проектора – 1 шт.; - доска маркерная – 1 шт.	04.06.2010) Windows 10 (Подписка DreamSpark Premium договор № Tr000153075 от 11.04.2017) Мой Офис Стандартный (Договор № Л-80878 02.04.2019) MS Office-2010 Russian Standart (Лицензия № 46931090 от 20.05.2010) ABBYY FineReader 10 Corporate Edition (Сертификат AF10-3S1V25-102 от 04.06.2010)
607227, Нижегородская область, г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19, пом.№1	Компьютерный класс № 4 (кафедра АПУ)	1. Рабочее место преподавателя, оснащенное ПК с монитором – 1 шт. 2. Рабочее место студента, оснащенное ПК с монитором – 12 шт. 3. Рабочее место студента – 10 шт. 4. Комплект демонстрационного оборудования: - мультимедийный проектор – 1 шт. - экран для проектора – 1 шт. - доска маркерная – 1 шт.	Windows 10 (Подписка DreamSpark Premium договор № Tr000153075 от 11.04.2017) Мой Офис Стандартный (Договор № Л-80878 02.04.2019) MS Office-2010 Russian Standart (Лицензия № 46931090 от 20.05.2010) ABBYY FineReader 10 Corporate Edition (Сертификат AF10-3S1V25-102 от 04.06.2010) Компас 3D (Лиц.согл. № 054A15 от 05.10.2015) MATLAB (лицензия № 363567 от 27.04.2011)
607227, Нижегородская область, г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19, пом.№1	Лаборатория «Микросистемная техника» № 7 (кафедра АПУ)	1. Рабочее место преподавателя – 1 шт. 2. Рабочее место студента – 16 шт. 3. Доска маркерная – 1 шт. 4. Комплект лабораторного оборудования. Лабораторная установка №1 Лабораторная установка №2 Лабораторная установка №3 Лабораторная установка №4	LabVIEW Windows 10 (Подписка DreamSpark Premium договор № Tr000153075 от 11.04.2017) Мой Офис Стандартный (Договор № Л-80878 02.04.2019) MS Office-2010 Russian Standart (Лицензия № 46931090 от 20.05.2010) ABBYY FineReader 10 Corporate Edition (Сертификат AF10-

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины **«Микроэлектромеханические системы»**, используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса, а также материалы для практических занятий находятся в свободном доступе в системе MOODLE на странице курса **«Микроэлектромеханические системы»** по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=147> и могут быть проработаны студентами до чтения лекций в ходе самостоятельной работы. Это дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется лично-ориентированный подход, дискуссионные технологии, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта СДО MOODLE.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в ФОС дисциплине. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета и экзамена с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в ФОС дисциплины

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

7.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий по курсовой работе и самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

7.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Одной из основных форм и методов оценки компетенций являются лабораторные работы. Освоение компетенции ПК-1, 2, 4, 5 позволит подготовить студента к выполнению своих профессиональных задач применительно к возможности использования готовых решений банка знаний, аналогичных текущим требованиям, формулировать технические требования к блокам микроэлектромеханической системы, формировать набор возможных способов реализации чувствительных элементов и отдельных блоков микроэлектромеханической системы, разбивать функциональное и поведенческое описание микроэлектромеханической системы на практически используемые технические реализации и подблоки, осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы.

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

7.4. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все

разделы курса. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров в аудиторных условиях.

Практические занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- развитие умений и навыков владения общими принципами, методами и алгоритмами решения инженерных задач, связанными со спецификой структуры и производства микроэлектромеханических систем;
- подведение итогов занятий (результаты тестирования, готовность домашних заданий, выполненных в ходе самостоятельной работы).

7.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 4.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы. В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

7.6. Методические указания для выполнения РГР

Учебным планом не предусмотрено.

7.7. Методические указания для выполнения курсовой работы

Выполнение курсовой работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине, способствует формированию у обучающихся готовности к самостоятельной профессиональной деятельности, является этапом к выполнению выпускной квалификационной работы.

Типовые задания на курсовую работу

1. Микроэлектромеханические тензорезисторные датчики линейных ускорений.
2. Микроэлектромеханические тензорезисторные датчики угловых ускорений.
3. Микроэлектромеханические акселерометры осевого типа.
4. Микроэлектромеханические акселерометры маятникового типа.
5. Микроэлектромеханические датчики абсолютного давления.
6. Микроэлектромеханические датчики избыточного давления.
7. Микроэлектромеханические гироскопы с чувствительным элементом LL-типа.
8. Микроэлектромеханические гироскопы с чувствительным элементом RR-типа.
9. Микроэлектромеханические акселерометры с магнитоэлектрической обратной связью.

10. Микроэлектромеханические акселерометры с электростатической обратной связью.

11. Микроэлектромеханические акселерометры с электромагнитной обратной связью.

12. Микроэлектромеханические датчики давления с магнитоэлектрической обратной связью.

13. Микроэлектромеханические датчики давления с электростатической обратной связью.

14. Блок чувствительных элементов на МЭМС.

Целью курсовой работы является оценка готовности студента к выполнению профессиональных задач в рамках трудовой деятельности по профессиональному стандарту 29.007 «Специалист по проектированию микро- и наноразмерных электромеханических систем» в рамках обобщенной трудовой функции «Определение возможных вариантов реализации электронных компонентов микромеханической системы».

Исходным документом для разработки является техническое задание. В нем упрощены некоторые технические требования (его назначение, требования к изделию, условия работы) и приведен эскиз чувствительного элемента. Упрощения вызваны учетом объекта работы, отведенного студентам учебным планом, и уровнем их знаний к началу курсового проектирования. Процесс проектирования проводится в соответствии со стадиями его выполнения, регламентированными ГОСТ 2.103-68, согласно которому разработку курсового проекта или курсовой работы можно разделить на следующие этапы:

- анализ аналогичных конструкций по заданию;
- разработка общей структуры и определение принципа действия с учетом технологических аспектов реализации микроэлектромеханического преобразователя;
- расчет основных узлов микроэлектромеханического преобразователя;
- разработка структурной и функциональной схем, на базе которых проводится моделирование для определения статических и динамических характеристик;
- оценка основных погрешностей проектируемого микроэлектромеханического преобразователя.

Пояснительная записка курсовой работе является текстовым документом, содержащим обоснование решений, все виды расчетов, программы, инструкции, спецификации, различные ведомости.

Пояснительная записка к курсовой работе должна включать:

- титульный лист;
- техническое задание;
- аннотацию;
- ведомость курсовой работы;
- содержание;
- введение;
- основную часть;
- заключение;
- список использованной литературы;
- спецификации;
- приложения (при необходимости).

В соответствии с ГОСТ 2.105-95 текст пояснительной записки выполняют одним из следующих способов:

- машинописным, соблюдая требования ГОСТ 13.1.002, шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко, черным шрифтом;
- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004).
- Все расчеты выполняются в системе СИ. При этом для удобства расчетов используют производные единицы длины (мм) и напряжения (Н/мм²). Точность расчетов зависит от определяемой величины и, как правило, не превышает одного-двух знаков после запятой; точность выполнения некоторых расчетов указывается отдельно.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ.

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине базируется на перечне компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. ФОС обеспечивает объективный контроль достижения всех результатов обучения, запланированных для дисциплины.

- ~ ФОС включает в себя:
- ~ перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- ~ описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- ~ типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;
- ~ методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

9. АДАПТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ И ИНВАЛИДОВ

Согласно Федеральному закону от 29.12.2012г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» ст. 79, п.8 профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся. Адаптированная рабочая программа разрабатывается по каждой направленности при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.