

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.01 Микросистемная техника

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки магистров

Направление подготовки: **12.04.01 Приборостроение**

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

Форма обучения: *очная, очно-заочная*

Выпускающая кафедра **Авиационные приборы и устройства**

Разработчик (и): *Корнилов А.В., к.т.н.*

регистрационный № 12.04.01-10

Начальник учебного отдела _____ О.Ю. Мельникова

подпись

Заведующая отделом библиотеки _____ О.Н. Старостина

подпись

АРЗАМАС, 2026 год

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>	19
<u>9. АДАПТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ И ИНВАЛИДОВ</u>	20

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

Настоящая рабочая программа дисциплины «Микросистемная техника» 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 12.04.01 Приборостроение, утвержденного приказом Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 957.

Освоение дисциплины вносит вклад в формирование компетенций, предусмотренных ОПОП:

Таблица 1.

Код компетенции	Формулировка компетенции
Профессиональные (ПК)	
ПК-1	Способен формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации.
ПК-3	Способен разрабатывать объекты исследования в области приборостроения с применением технических и программных средств реализации процессов проектирования.
ПК-4	Способен к выбору оптимальных методов, разработке методики и проведению исследований на основе имитационного моделирования или натурного эксперимента с выбором современных технических средств, анализом и обработкой результатов.
ПК-5	Способен к подготовке научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований, используя современные средства редактирования, в соответствии с установленными требованиями.

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	Квалификационные требования к выбранной ТФ	Оценочные материалы (ОМ)	
					текущего контроля	промежуточного контроля
1	2	3	4	5	6	7
ПК-1 Способен формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации	ИПК-1.1 Осуществляет подбор и изучение литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок	Знать: основные подходы по изучению, анализу и систематизации литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок Уметь: формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации Владеть: навыками работы со справочными материалами и компьютерными базами данных по разработке микросистемной техники	<u>29.007</u> <u>D/02.7</u>	Трудовые действия: Анализ первичного технического задания и определение состава микроэлектромеханического устройства Трудовые умения: Работать с технической документацией Трудовые знания: Основы микросистемной техники	Выполнение практических заданий Контрольные вопросы при сдаче практического задания Выполнение лабораторных работ Контрольные вопросы при сдаче лабораторных работ Решение текущих контрольных работ Тестирование в СДО MOODLE по различным темам и разделам дисциплины	Вопросы к зачету Зачет Вопросы к экзамену Экзамен Сдача курсового проекта
ПК-3 Способен разрабатывать объекты исследования в области приборостроения с применением технических и программных средств реализации процессов проектирования	ИПК-3.1 Определяет состав и структуру объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению ИПК-3.2 Производит разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков ИПК-3.3 Использует технические и программные средства при реализации процессов проектирования	Знать: - типовые конструкции и принципы функционирования объектов исследуемых микросистемной техники; - современные программные средства, используемые при исследовании объектов микросистемной техники Уметь: производить разбивку объекта микросистемной техники на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывать спецификации этих блоков Владеть: - техническими и программными средствами при реализации процессов проектирования; - навыками определения состава и структуры объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению	<u>29.007</u> <u>D/02.7</u>	Трудовые действия: Разбиение микроэлектромеханической системы на отдельные функциональные блоки (аппаратные блоки) Разработка спецификации функциональных блоков микроэлектромеханической системы Трудовые умения: Читать и интерпретировать требования системного уровня, спецификации, документацию по разработке и внедрению Использовать специализированные системы высокоуровневой верификации и моделирования Трудовые знания: Основы микросистемной техники		

1	2	3	4	5	6	7
ПК-4 Способен к выбору оптимальных методов, разработке методики и проведению исследований на основе имитационного моделирования или натурального эксперимента с выбором современных технических средств, анализом и обработкой результатов	ИПК-4.2 Организует и проводит экспериментальные исследования с выбором современных технических средств ИПК-4.3 Анализирует результаты экспериментов и наблюдений, используя методы анализа научных данных	Знать: возможные методы проведения экспериментальных исследований. Уметь: - выбирать оптимальные подходы и на их основе разрабатывать методики проведения экспериментальных исследований; – проводить всесторонний анализ результатов экспериментальных исследований с применением различных методов анализа научных данных. Владеть: – навыками проведения экспериментальных исследований с применением современных технических средств; - навыками анализа и обработки полученных результатов.	<u>40.011</u> B/02.6	Трудовые действия: Проведение анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений Трудовые умения: Применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний Трудовые знания: Методы анализа научных данных		
ПК-5 Способен к подготовке научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований, используя современные средства редактирования, в соответствии с установленными требованиями	ИПК-5.1 Оформляет результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с использованием современных средств редактирования в соответствии с установленными требованиями	Знать: - знать базовые принципы формирования доказательной документации по результатам исследований; - актуальные требования к оформлению доказательной документации по результатам исследований. Уметь: оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с использованием современных средств редактирования в соответствии с установленными требованиями Владеть: навыками работы с современными средствами отображения и редактирования информации.	<u>40.011</u> B/02.6 <u>29.007</u> D/02.7	Трудовые действия: Трудовые умения: Оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ Трудовые знания: Трудовые действия: Разработка спецификации функциональных блоков микроэлектромеханической системы		

Данные по профессиональным стандартам ОП ВО:

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) - D7 Разработка функционального описания и технического задания на разработку микроэлектромеханической системы
Код и наименование трудовой функции (ТФ) - D/02.7 Определение набора физических блоков микроэлектромеханической системы на основе функциональной блок-схемы
2. Шифр и наименование профессионального стандарта (ПС) – 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам».
Код и наименование обобщенной трудовой функции (ОТФ) - B6 Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при исследовании самостоятельных тем
Код и наименование трудовой функции (ТФ) - B/02.6 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) Б1.В.01 «Микросистемная техника» включена в перечень дисциплин вариативной части (части, формируемой участниками образовательных отношений), определяющих направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП по направлению подготовки 12.04.01 Приборостроение.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Информационные технологии в приборостроении», «Технология в микросистемной технике». Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины «Микросистемная техника», необходимы при подготовке выпускной квалификационной работы.

Особенностью дисциплины является:

- подготовка студента к постановке задачи проектирования устройств микросистемной техники на основе изучения и анализа научно-технической литературы;
- подготовка студента к разработке устройств микросистемной техники (определение структуры, проектирование отдельных функциональных блоков) с использованием современных технических и программных средств;
- подготовка студента к организации и проведению экспериментальных исследований устройств микросистемной техники с последующим анализом результатов экспериментов;
- формирование навыков оформления результатов проведённых исследований с применением различных современных средств редактирования.

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	
		Семестр 1	Семестр 2
		Очное/очно-заочное обучение	Очное/очно-заочное обучение
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения		
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	288/288	108/144	180/144
1. Контактная работа:	115/75	57/31	58/44
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	106/66	54/28	52/38
занятия лекционного типа (Л)	26/16	10/8	16/8
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)	44/30	24/10	20/20
лабораторные работы (ЛР)	36/20	20/10	16/10
1.2. Внеаудиторная, в том числе	9/9	3/3	6/6
курсовой проект (КП), (консультация, защита)	3/3	-/-	3/3
текущий контроль, консультации по дисциплине	4/4	3/3	1/1
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2/2	-/-	2/2
2. Самостоятельная работа (СРС)	173/213	51/113	122/100
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, выполнение курсового проекта	137/177	51/113	86/64
Подготовка к контролю	36/36	-/-	36/36
3. Форма контроля	Зачет Экзамен	Зачет/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			
ПК-1 ИПК-1.1	Раздел 1. Общие сведения						
	Тема 1.1. Структура МСТ	1/1	-		5/11	Определение МСТ. Состав МСТ. Области применения МСТ. Основные параметры МСТ. Структура информационно-измерительного канала.	Проработка теоретического материала по курсу
	Тема 1.2. Конструкционные материалы МСТ	1/1	-		5/11	Монокристаллический и поликристаллический кремния. Кремниевые компаунды: оксид кремния, карбид кремния, нитрид кремния. Металлы в МСТ: основные проводники и материалы для формирования подслоев. Элементы и компоненты МСТ	
	Тема 1.3. Формирование конфигурации элементов	1/1	-		5/13	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.	
	Практическое занятие №1 Оценка технологических погрешностей при формировании осевого ЧЭ			3/1			
	Практическое занятие №1 Оценка технологических погрешностей при формировании маятникового ЧЭ			3/1			
	Практическое занятие №1 Оценка технологических погрешностей при формировании ЧЭ датчика давления			3/1			
	Итого по 1 разделу	3/3	-	9/3	15/35		
ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3	Раздел 2. Конструкции микромеханических элементов и компонентов						
	Тема 2.1. Технология формирования МСТ	1/1	-		5/13	Технологии формирования активных микроэлектронных элементов МСТ. Сборка микроэлектромеханических систем. Элементы и компоненты МСТ Сенсоры. Пьезоэлектрические, тепловые, электростатические микроактюаторы	Проработка теоретического материала по курсу Решение задач по темам и подготовка к
	Тема 2.2. Чувствительные элементы инерциальных микромеханических сенсоров	2/1			6/15	Типы и состав чувствительных элементов микромеханических акселерометров. Конструирование осевых и маятниковых микромеханических подвижных узлов приборов. Передаточные функций осевых и маятниковых чувствительных элементов.	

					Типы и состав чувствительных элементов микромеханических гироскопов. Конструирование микромеханических подвижных узлов микромеханических гироскопов LL-типа, LR – типа, RR-типа.	лабораторным работам
Тема 2.3. Чувствительные элементы геотехнических микромеханических сенсоров	2/1			6/15	Типы и состав чувствительных элементов микромеханических датчиков давления. Конструирование микромеханических подвижных узлов датчиков давления. Передаточные функций чувствительных элементов микромеханических датчиков давления. Эффект Холла. Преобразовательная характеристика Холловского сенсора для слабых полей. Эффект магнетосопротивления. Классификация сенсоров. Металлические тензорезисторы. Характеристики, конструкция, материалы. Сенсоры на основе ёмкостного эффекта. Классификация. Уровнемеры. Преобразовательная характеристика ёмкостного сенсора давления. Достоинства и недостатки пьезоэлектрических сенсоров. Коэффициент электромеханической связи. Материалы. Термические сенсоры. Классификация. Физический смысл температуры.	
Практическое занятие № 1 Расчет осевого микромеханического чувствительного элемента			3/1			
Практическое занятие №2 Расчет маятникового микромеханического чувствительного элемента			3/2			
Практическое занятие № 3 Расчет микромеханической мембраны датчика давления			3/2			
Лабораторная работа №1 Исследование измерителей угловой скорости на примере микромеханического гироскопа»		10/5				
Лабораторная работа №2 « Исследование датчиков измерения ускорения на примере интегрального акселерометра»		10/5				
Итого по 2 разделу	5/3	20/10	9/5	17/43		
Раздел 3. Конструкции сложных компонентов МСТ						
Тема 3.1 Сложные компоненты МСТ	1/1	-		5/13	Области применения сложных изделий микросистемной техники. Микроэлектронные резонаторы и фильтры на объемных акустических волнах. Катушки индуктивности и конденсаторы, изготовленные по микросистемной технологии. Микромеханические резонаторы. Микропереключатели.	Проработка теоретического материала по курсу Решение задач по темам и подготовка к лабораторным работам
Тема 3.2 Микросистемы	1/1	-		5/13	Антенны, изготовленные по микросистемной технологии. Тепловые, пьезоэлектрические и химические микросенсоры. Элементы жидкостных микросистем. Микроаналитические системы («искусственный нос». «искусственный язык») и системы «Lab-on-chip».	
Практическое занятие №1			3/1			

	Демпфирование неперфорированных микромеханических чувствительных элементов маятникового типа						
	Практическое занятие №2 Расчет микромеханического емкостного преобразователя перемещений с чувствительным элементом осевого типа			3/1			
	Итого по 3 разделу	2/2	-	6/2	10/26		
	ИТОГО за семестр	10/8	20/10	24/10	51/89		
ПК-4 ИПК-4.2 ИПК-4.3	Раздел 4. Конструирование микромеханических актюаторов						
	Тема 4.1 Электростатические микромеханические преобразователи	2/1	-	2/2	6/3	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	Проработка теоретического материала по курсу Решение задач по темам и подготовка к лабораторным работам
	Тема 4.2. Магнитоэлектрические микромеханические преобразователи	2/1	-		6/3	Формирование магнитоэлектрической силы. Конструкционные решения, определение основных характеристик преобразователей. Конструкционные материалы и технологические особенности при их изготовлении.	
	Тема 4.3 Электромагнитные микромеханические преобразователи	2/1	-		6/3	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	2/1	-		6/3	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.	
	Практическое занятие №1 Расчет электростатического преобразователя силы микромеханического датчика давления			4/4			
	Практическое занятие №2 Расчет электростатического преобразователя силы микромеханического акселерометра			4/4			
	Итого по 4 разделу	8/4	-	10/10	24/12		
ПК-1, ИПК-1.1	Раздел 5. Конструкторские решения микроэлектромеханических систем						
	Тема 5.1 Микромеханические акселерометры	2/1	-	2/2	6/4	Структурные и измерительные цепи осевых и маятниковых микромеханических акселерометров прямого измерения. Определение передаточной функции осевых и	Проработка теоретического

ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3 ПК-4 ИПК-4.2 ИПК-4.3 ПК-5 ИПК-5.1						маятниковых микромеханических акселерометров прямого измерения. Конструктивные решения микромеханических акселерометров.	материала по курсу Решение задач по темам и подготовка к лабораторным работам
	Тема 5.2 Микромеханические датчики давления	2/1			6/4	Структурные и измерительные цепи микромеханических датчиков давления прямого измерения. Определение передаточной функции микромеханических датчиков давления прямого измерения. Конструктивные решения микромеханических датчиков давления.	
	Тема 5.3 Микромеханические гироскопы	2/1	-		6/4	Структурные и измерительные цепи микромеханических гироскопов. Определение передаточной функции микромеханических гироскопов. Конструктивные решения микромеханических гироскопов.	
	Практическое занятие №1 Демпфирование с помощью механических поглотителей виброэнергии			2/2			
	Практическое занятие №2 Динамическая модель микромеханической мембраны с жестким центром			2/2			
	Лабораторная работа № 1 Исследование микроконтроллера на примере инерциального модуля STM32		6/4				
	Тема 5.4 Вычислительные устройства МСТ	2/1	10/6	4/4	8/4	Микроконтроллеры. ПЛИС в микромеханических системах	
	Итого по разделу 6	16/8	16/10	10/10	50/28		
ПК-1, ИПК-1.1 ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3 ПК-4 ИПК-4.2 ИПК-4.3 ПК-5 ИПК-5.1	Выполнение курсового проекта	-	-	-	36/36		
	ИТОГО за семестр	16/8	16/10	20/20	86/88		
	ИТОГО по дисциплине	26/16	36/20	44/30	137/177		

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

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.
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.
3. **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 оптотехники для студ. спец. 200103 "Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы", 200106 "Информационно-измерительная техника и технологии". - Н.Новгород : НГТУ, 2011. - 210 с.

4.2. Справочно-библиографическая литература

1. **Матвеев В.В.** Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем [Текст] / В. В. Матвеев, В. Я. Распопов ; Под общ. ред. В.Я. Распопова. - Рекомендовано УМО по образованию в области приборостроения и оптотехники. - СПб. : ГНЦ РФ ОАО "Концерн ЦНИИ Электроприбор", 2009. - 280 с.
2. **Распопов В.Я.** Микромеханические приборы [Текст] : Учебное пособие / В. Я. Распопов. - Допущено Министерством образования и науки РФ. - М. : Машиностроение, 2007.
3. **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> (дата обращения: 20.12.2021). — 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)	

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 04.06.2010)
г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Аудитория 4 (кафедра АПУ)	1. Рабочее место преподавателя, оснащенное ПК с монитором – 1 шт. 2. Рабочее место студента, оснащенное ПК с монитором – 12 шт.	Windows 10 (Подписка DreamSpark Premium договор № Tr000153075 от 11.04.2017) Мой Офис Стандартный (Договор № Л-80878 02.04.2019)

		3. Рабочее место студента – 10 шт. 4. Комплект демонстрационного оборудования: - мультимедийный проектор – 1 шт. - экран для проектора – 1 шт. - доска маркерная – 1 шт.	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)
г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Аудитория 7 (кафедра АПУ)	1. Рабочее место преподавателя – 1 шт. 2. Рабочее место студента – 16 шт. 3. Доска маркерная – 1 шт. 4. Комплект лабораторного оборудования.	LabVIEW

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 «Микросистемная техника» 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 «Микросистемная техника» по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=13> 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 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 компетенций позволит подготовить студента к выполнению своих профессиональных задач..

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 с механическими явлениями;
- 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 курсового проекта

Курсовой проект является комплексной конструкторской работой студента, которая подводит итоги его знаниям и умениям, полученным при изучении данной дисциплины, так и предшествующих дисциплин. Решение поставленной задачи развивает полученные навыки в процессе конструирования устройств МСТ и заставляет студента решать конкретные технические проблемы, закрепляя и углубляя теоретические знания. Работа студента над курсовым проектом подготавливает его к выполнению выпускной квалификационной работы, прививает и развивает навыки работы со справочными материалами и компьютерными базами данных по разработке микросистемной техники, навыки определения состава и структуры объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, навыки формирования набора возможных способов реализации чувствительных элементов и отдельных компонентов устройств МСТ, навыки проведения

экспериментальных исследований с применением современных технических средств, навыки анализа и обработки полученных результатов с применением современных средств отображения и редактирования информации, а также работы с разнообразной нормативно-технической документацией и справочной литературой.

Объем и содержание курсового проекта определяется заданием, содержащим, помимо исходных данных, также предъявляемые к нему технические требования и особые условия, связанные с условиями эксплуатации.

Оценка курсового проекта проходит по пятибалльной системе. Курсовой проект представляется в виде пояснительной записки, а его защита происходит в форме устной беседы с преподавателем. Для успешной сдачи курсового проекта студент должен по предложенному заданию проанализировать исходные данные и предложить некоторые конструкторские решения, провести расчет основных параметров элементов и узлов МСТ. При этом студент знаком с основными передовыми направлениями развития МСТ, хорошо ориентируется в теоретических аспектах, знаком с современной проектной и конструкторской базой по реализации МСТ и знает основные алгоритмы оценки параметров элементов, узлов и систем в целом.

Примерная тематика курсовых проектов

- 1 Разработка микромеханического дифференциального датчика давления с магнитоэлектрическим актюатором
- 2 Разработка микромеханического осевого акселерометра прямого измерения
- 3 Разработка интегрального датчика температуры
- 4 Разработка микромеханического одноосного акселерометра на пьезопреобразователях
- 5 Разработка микромеханического маятникового акселерометра гибридного исполнения
- 6 Разработка датчика абсолютного давления

Основной целью курсового проекта является разработка конструкции проектируемого устройства с обеспечением основных требований точности и прочности.

Конструирование современных приборов – многогранный творческий процесс. Проектируемые приборы или устройства должны быть надежными, экономичными, иметь простейшее техническое решение и отвечать требованиям технической эстетики.

Приступая к выполнению курсового проекта, студент должен подробно ознакомиться с рекомендуемой литературой и учебными пособиями по данному заданию.

Исходным документом для разработки проекта является техническое задание. В нем упрощены некоторые технические требования (его назначение, требования к изделию, условия работы) и приведена кинематическая схема устройства. Упрощения вызваны учетом объемом 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 можно разделить на следующие этапы:

1 этап. Разработка технического предложения на проектирование устройства при заданных тактико-технических характеристиках (габаритные размеры, диапазон измерения, диапазон рабочих температур, погрешность измерения и т.д.). Разработка производится на основе технического задания. На этом этапе разрабатываются конструкторские документы, содержащие обоснование возможных технических решений

и их целесообразности. На основе проведенного анализа намечаются варианты компоновки устройства.

2 этап. Разработка эскизного проекта (по ГОСТ 2.119-73). На данном этапе по полученным на основании проектировочных и проверочных расчетов, уточненных в соответствии с ГОСТ и ЕСКД, производится эскизная проработка конструкции устройства. Эскизный проект выполняется в следующей последовательности:

1. Изучение физических принципов работы проектируемого устройства, рассмотрение классификации, определение «слабых» сторон конструкции.
2. Анализ конструкции аналогичных по принципу действия устройств (отечественных и иностранных производителей), определение достоинств и недостатков анализируемых устройств; выбор прототипа, определение путей совершенствования характеристик.
3. Составление структурной схемы проектируемого устройства.
4. Расчет основного(-ых) узлов проектируемого устройства.
5. Выполнение эскизного чертежа устройства и проведение расчетов погрешностей.

3 этап. Разработка технического проекта с целью выявления окончательных технических решений, дающих полное представление о конструкции изделия. Разработка сборочного чертежа изделия и сборочного чертежа чувствительного элемента.

4 этап. Оформление курсового проекта. На этом этапе оформляется пояснительная записка.

Пояснительная записка курсового проекта является текстовым документом, содержащим описание прибора или устройства, обоснование технических решений, все виды расчетов, программы, инструкции, спецификации, различные ведомости.

Пояснительная записка к курсовому проекту должна включать:

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

Графические работы выполняются в соответствии с требованиями на составление и оформление чертежей по ЕСКД. При выполнении курсового проекта используется не менее 8...12 таблиц и графиков.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 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.