ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат:
2FC246F6C833D54EB0E94DC86683EC3124321638
Владелец: Глебов Владимир Владимирович
Действителен: с 07.09.2021 до 07.12.2022

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

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
_____ Глебов В.В.
«__22__» __июня_____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01 Микросистемная техника
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки магистров

Направление подготовки 12.04.01 «Приборостроение»
(код и направление подготовки)

Направленность Информационно измерительная техника и технологии
(наименование профиля, программы магистратуры)

Форма обучения очная, очно-заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2020
Объем дисциплины 288/8
(часов/з.е)

Промежуточная аттестация зачет, экзамен
(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Выпускающая кафедра Авиационные приборы и устройства
(наименование кафедры)

Кафедра-разработчик Авиационные приборы и устройства
(*наименование кафедры)*

Разработчик Корнилов А.В., к.т.н.
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

г. Арзамас
2021 г.

Рабочая программа дисциплины 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 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ, протокол от ___09.06.2021 г._____№__4____

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от ___18.06.2021 г. № _4/1__

Заведующий кафедрой _____ _____Гуськов А.А._____

(подпись) *(ФИО)*

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,

протокол от ____22.06.2021 г._____№ ___15___

Зам. директора по УР _____Шурыгин А.Ю.

(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 12.04.01-10

Начальник УО _____Мельникова О.Ю.

(подпись)

Заведующая отделом библиотеки _____Старостина О.Н.

(подпись)

Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) 4
1.1. Цель освоения дисциплины (модуля) 4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) 4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ 4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) 4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) 8
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам 8
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам 9
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) 13
5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания 13
5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины 28
5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости 28
5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине 29
5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине 32
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 35
6.1 Учебная литература 35
6.2 Справочно-библиографическая литература 35
6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям 35
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 35
7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы 35
7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины 36
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ 36
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ) 36
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) 25
10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии 38
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа 39
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах 39
10.4 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа 39
10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся 39
10.6. Методические указания для выполнения РГР 40
10.7. Методические указания для выполнения курсового проекта / работы 40
10.8 Методические указания по обеспечению образовательного процесса 40

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Микросистемная техника» является подготовка 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 в рамках обобщенной трудовой функции «Определение набора физических блоков микроэлектромеханической системы на основе функциональной блок-схемы».

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

- 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.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «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.

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.

Рабочая программа дисциплины «Микросистемная техника» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

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

Процесс изучения дисциплины «Микросистемная техника» направлен на формирование элементов профессиональных компетенции ПКС-1, ПКС-3, ПКС-4, ПКС-5 в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки 12.04.01 «Приборостроение».

Таблица 3.1.1 – Формирование компетенций дисциплинами

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины			
	1	2	3	4
ПКС-1				
Технология в микросистемной технике	+			
Микросистемная техника	+	+		
Преддипломная практика				+
Научно-исследовательская практика				+
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				+
Государственная итоговая аттестация				+
ПКС-3				
Микросистемная техника	+	+		
Проектно-конструкторская практика		+		

Продолжение таблицы 3.1.1

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины			
	1	2	3	4
Системы навигации и ориентации на микродатчиках			+	
Приборные системы управления летательными аппаратами			+	
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				
Государственная итоговая аттестация				
ПКС-4				
Микросистемная техника	+	+		
Конечно-элементный анализ микросистемной техники			+	
Системы навигации и ориентации на микродатчиках			+	
Приборные системы управления летательными аппаратами			+	
Научно-исследовательская практика				+
Преддипломная практика				+
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				+
Государственная итоговая аттестация				+
ПКС-5				
Технология в микросистемной технике	+			
Микросистемная техника	+	+		
Проектно-конструкторская практика		+		
Проектно-конструкторская практика		+		
Научно-исследовательская работа	+	+	+	
Научно-исследовательская работа				+
Научно-исследовательская практика				+
Преддипломная практика				+
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				+
Государственная итоговая аттестация				+

Таблица 3.1.2 – Формирование компетенций дисциплинами. Очно-заочное обучение

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины				
	1	2	3	4	5
ПКС-1					
Микросистемная техника	+	+			
Технология в микросистемной технике			+		
Научно-исследовательская практика				+	
Преддипломная практика					+
Государственная итоговая аттестация					+
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР					+
ПКС-3					
Микросистемная техника	+	+			
Проектно-конструкторская практика		+			
Системы навигации и ориентации на микродатчиках					+
Приборные системы управления летательными аппаратами					+
Государственная итоговая аттестация					+
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР					+
ПКС-4					
Микросистемная техника	+	+			
Конечно-элементный анализ микросистемной техники				+	
Научно-исследовательская практика				+	
Системы навигации и ориентации на микродатчиках					+
Приборные системы управления летательными аппаратами					+
Преддипломная практика					+
Государственная итоговая аттестация					+
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР					+
ПКС-5					
Микросистемная техника	+	+			
Проектно-конструкторская практика		+			
Проектно-конструкторская практика		+			
Технология в микросистемной технике			+		
Научно-исследовательская работа	+	+	+	+	
Научно-исследовательская практика				+	
Научно-исследовательская работа					+
Преддипломная практика					+
Государственная итоговая аттестация					+
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР					+

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Микросистемная техника», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
ПКС-1 Способен формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации	ИПКС-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
ПКС-3 Способен разрабатывать объекты исследования в области приборостроения с применением технических и программных средств реализации процессов проектирования	ИПКС-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 ИПКС-3.2 Производит разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков ИПКС-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

Продолжение таблицы 3.2

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
ПКС-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	ИПКС-4.2 Организует и проводит экспериментальные исследования с выбором современных технических средств ИПКС-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
ПКС-5 Способен к подготовке научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований, используя современные средства редактирования, в соответствии с установленными требованиями	ИПКС-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.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 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 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очного обучения / очно-заочного обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость в час		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	
		Семестр 1	Семестр 2
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**
курсовая работа (проект) (КР/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**
реферат/эссе (подготовка)			
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	36/36	-/-	36/36
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.)	92/132	42/104	50/28
Подготовка к экзамену (контроль)	36/36	-/-	36/36
Подготовка к зачету / зачету с оценкой (контроль)	9/9	9/9	-/-

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного/заочного обучения

Планируемые (контролируемые) 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			
ПКС 1 ИПКС 1.1	**Раздел 1. Общие сведения**						
	Тема 1.1. Структура МСТ	1/1	-	3/1	5/11	Определение МСТ. Состав МСТ. Области применения МСТ. Основные параметры МСТ. Структура информационно-измерительного канала.	Проработка теоретического материала по курсу [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1],
	Тема 1.2. Конструкционные материалы МСТ	1/1	-	3/1	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	-	3/1	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.	
	Итого по 1 разделу	**3/3**	**-**	**9/3**	**15/35**		
ПКС-3 ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3	**Раздел 2. Конструкции микромеханических элементов и компонентов**						
	Тема 2.1. Технология формирования МСТ.	1/1	-	3/1	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 [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1], Решение задач по темам и подготовка к лабораторным работам [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]
	Тема 2.2. Чувствительные элементы инерциальных микромеханических сенсоров	2/1	10/5	3/2	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.	
	Тема 2.3. Чувствительные элементы геотехнических микромеханических	2/1	10/5	3/2	6/15	Типы и состав чувствительных элементов микромеханических датчиков давления. Конструирование микромеханических подвижных узлов датчиков давления. Передаточные функций чувствительных элементов	

	сенсоров					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. Температурные шкалы. Физический смысл температуры.	
	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	-	3/1	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 [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1], Подготовка к лабораторным работам [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]
	Тема 3.2 Микросистемы	1/1	-	3/1	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».	
	Итого по 3 разделу	**2/2**	**-**	**6/2**	**10/26**		
	ИТОГО за семестр	**10/8**	**20/ 10**	**24/10**	**42/104**		
ПКС-4 ИПКС-4.2 ИПКС-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 [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1], Решение задач по темам и подготовка к лабораторным работам[6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]
	Тема 4.2. Магнитоэлектрические микромеханические преобразователи	2/1	-	2/2	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	-	2/2	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	-	4/4	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.	
	Итого по 4 разделу	**8/4**	**-**	**10/10**	**24/12**		
ПКС-1, ИПКС 1.1 ПКС-3 ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3 ПКС-4 ИПКС-4.2 ИПКС-4.3 ПКС 5 ИПКС 5.1	**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 маятниковых микромеханических акселерометров прямого измерения. Конструктивные решения микромеханических акселерометров.	Проработка теоретического материала по курсу [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1], Решение задач по темам и подготовка к лабораторным работам[6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]
	Тема 5.2 Микромеханические датчики давления	2/1	6/4	2/2	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	-	2/2	6/4	Структурные и измерительные цепи микромеханических гироскопов. Определение передаточной функции микромеханических гироскопов. Конструктивные решения микромеханических гироскопов.	
	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**		
ПКС-1, ИПКС 1.1 ПКС-3 ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3 ПКС-4 ИПКС-4.2 ИПКС-4.3 ПКС 5 ИПКС 5.1	**Выполнение курсового проекта**	**-**	**-**	**-**	**36/36**		
	ИТОГО за семестр	**16/8**	**16/ 10**	**20/20**	**122/100**		
	ИТОГО по дисциплине	**26/16**	**36/ 20**	**44/30**	**173/213**		

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

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

Таблица 4.4 - Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2 Тема 2.1	«Исследование измерителей угловой скорости на примере микромеханического гироскопа»	8/4
2	2 Тема 2.3	« Исследование датчиков измерения ускорения на примере интегрального акселерометра»	8/4
3	3 Тема 3.2	«Исследование датчиков измерения параметров ЛА в воздушной среде на примере интегральных датчиков давления»	8/4
4	4 Тема 4.2	«Исследование микроконтроллера на примере инерциального модуля STM32»	12/8
Итого			36/20

Таблица 4.5 - Практические занятия (семинары)

№ ПЗ	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	2	Расчет осевого микромеханического чувствительного элемента	5/3
2	2	Расчет маятникового микромеханического чувствительного элемента	5/3
3	2	Расчет микромеханической мембраны датчика давления	5/3
4	3	Демпфирование неперфорированных микромеханических чувствительных элементов маятникового типа	5/3
5	3	Расчет микромеханического емкостного преобразователя перемещений с чувствительным элементом осевого типа	6/4
6	4	Расчет электростатического преобразователя силы микромеханического датчика давления	6/4
7	6	Демпфирование с помощью механических поглотителей виброэнергии	6/5
8	6	Динамическая модель микромеханической мембраны с жестким центром	6/5
Итого			44/30

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Оценочные процедуры в рамках текущего контроля проводятся преподавателем дисциплины. На лекциях оценивается активность участия в дискуссионных обсуждениях, ответы на вопросы преподавателя при работе в интерактивном режиме. Практические занятия проводятся в форме решения задач по конкретным темам курса как совместно с преподавателем, так и самостоятельно студентами. При решении задач преподавателем оценивается выбор метода и алгоритма решения, правильность решения, затраченное время, качество оформления, умение представить и объяснить решение, ответы на вопросы преподавателя. Одной из основных форм и методов оценки текущей успеваемости являются лабораторные работы. При их выполнении оцениваются навыки и умения, а также уровень соответствующих знаний. Выполнение студентами лабораторных работ регистрируется преподавателем в журнале. Лабораторные работы проводятся согласно утвержденному расписанию учебных занятий. Отработка пропущенных студентами лабораторных работ осуществляется по графику, как правило, в конце семестра. Замена пропущенных студентами лабораторных работ другими видами учебных занятий не допускается. Защита отчетов является одной из форм текущего контроля успеваемости студентов (контроль знаний). Процедура приема лабораторных работ включает в себя проверки: достоверности полученных измерений и результатов обработки данных; знаний студентом основных понятий, определений и теоретических положений, применяемых к данной лабораторной работе; знаний студентом методики выполнения лабораторной работы; умений студентом объяснить полученные результаты; степени самостоятельности выполнения лабораторной работы. Защита лабораторных работ предполагает проведение самооценки и внутригрупповой оценки, критического анализа используемых для оценки методов.

Самостоятельная работа студента включает самостоятельную проработку теоретического материала по темам и разделам курса, выполнение индивидуальных заданий в рамках подготовки курсового проекта по конкретным темам курса.

Текущая аттестация проводится в форме устного опроса на практических занятиях по теоретическим материалам при защите решений индивидуальных задач. По итогам изучения отдельных тем и разделов курса текущая аттестация проводится в форме тестирования в СДО Moodle. Тесты в СДО Moodle представлены в виде теста с возможностью выбора ответа из множества. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1.

Студент допускается к промежуточной аттестации (зачет, экзамен), если в результате изучения разделов дисциплины в рамках текущего контроля по каждой теме выполнено не менее 60 процентов заданий.

Промежуточная аттестация студентов всех форм обучения проводится в форме зачета и экзамена, а также защиты курсового проекта.

Зачет проводится в устной форме. Билет к зачету включает в себя два теоретических вопроса. Время на подготовку – 30 мин. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2. Для зачета студенту необходимо набрать не менее 3-и баллов*.

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.

Экзамен проводится в устной форме. Экзаменационный билет включает в себя два теоретических вопроса и одну задачу. Время на подготовку – 45 мин. При промежуточном контроле (экзамене) успеваемость студентов оценивается по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Экзамен для студентов заочного отделения может проводится в виде итогового теста. Тестирование проводится с использованием СДО MOODLE. Контрольный тест содержит 25 тестовых вопросов, время на проведение тестирования 35 минут.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.3. Шкала соответствия набранных баллов** и экзаменационной оценки представлена в табл. 5.4.

*Количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

**Количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.3.

Таблица 5.1 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			уровень показателя удовлетворительный («допуск»)	уровень показателя неудовлетворительный («недопуск»)	
ПКС-1	ИПКС-1.1	**Знать:** основные подходы по изучению, анализу и систематизации литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок	- принимает активное участие в дискуссиях, демонстрируя имеющиеся знания основных подходы по изучению, анализу и систематизации литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок; - выполнено более 50 % заданий в тестах	- отсутствие участия или единичные не всегда верные высказывания в части основных подходов по изучению, анализу и систематизации литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок; - выполнено менее 50 % заданий в тестах	- контроль активности участия в дискуссиях на лекциях при работе в интерактивном режиме; - устный опрос на практических занятиях при защите решений индивидуальных задач - выполнение тестов по отдельным темам
		Уметь: формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации	- демонстрирует умения формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации; - выполнено более 50 % заданий в тестах	- не демонстрирует умения формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации; - выполнено менее 50 % заданий в тестах	- устный опрос на практических занятиях при защите решений индивидуальных задач; - выполнение тестов по отдельным темам; - защита отчетов о выполнении лабораторных работ
		Владеть: навыками работы со справочными материалами и компьютерными базами данных по разработке микросистемной техники	- демонстрирует навыки работы со справочными материалами и компьютерными базами данных по разработке микросистемной техники; - выполнено более 50 % заданий в тестах	- не демонстрирует навыки работы со справочными материалами и компьютерными базами данных по разработке микросистемной техники; - выполнено менее 50 % заданий в тестах	- устный опрос на практических занятиях при защите решений индивидуальных задач; - выполнение тестов по отдельным темам; - защита отчетов о выполнении лабораторных работ

Продолжение таблицы 5.1

ПКС-3	ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3	**Знать:** - типовые конструкции и принципы функционирования объектов исследуемых микросистемной техники; - современные программные средства, используемые при исследовании объектов микросистемной техники	- принимает активное участие в дискуссиях, демонстрируя имеющиеся знания типовых конструкций и принципы функционирования исследуемых объектов МСТ; - отвечает на вопросы, демонстрируя знания современных программных средств, используемых при исследовании объектов микросистемной техники; - выполнено более 50 % заданий в тестах	- отсутствие участия или единичные не всегда верные высказывания; - не отвечает на вопросы или при ответе путает понятия; - выполнено менее 50 % заданий в тестах	- контроль активности участия в дискуссиях на лекциях при работе в интерактивном режиме; - защита отчетов о выполнении лабораторных работ; - выполнение тестов по отдельным темам
ПКС-3	ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3	**Уметь:** производить разбивку объекта микросистемной техники на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывать спецификации этих блоков	- уверенно отвечает на вопросы на практических занятиях и при защите отчета ЛР; - выполнено более 50 % заданий в тестах	- не отвечает на вопросы или при ответе путает понятия на практических занятиях и при защите отчета ЛР; - выполнено менее 50 % заданий в тестах	- устный опрос на практических занятиях; - защита отчетов о выполнении лабораторных работ; - выполнение тестов по отдельным темам
		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	- демонстрирует навыки владения техническими и программными средствами при реализации процессов проектирования; - уверенно проводит определение состава и структуры объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня; - выполнено более 50 % заданий в тестах	- не демонстрирует навыки владения техническими и программными средствами при реализации процессов проектирования; - неуверенно или вообще не осуществляет определение состава и структуры объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня; - выполнено менее 50 % заданий в тестах	- устный опрос на практических занятиях; - защита отчетов о выполнении лабораторных работ; - выполнение тестов по отдельным темам

Продолжение таблицы 5.1

ПКС-4	ИПКС-4.2 ИПКС-4.3	**Знать:** возможные методы проведения экспериментальных исследований	- принимает активное участие в дискуссиях, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой дисциплины; - отвечает на вопросы, демонстрируя знания; - выполнено более 50 % заданий в тестах	- отсутствие участия или единичные не всегда верные высказывания; - не отвечает на вопросы или при ответе путает понятия; - выполнено менее 50 % заданий в тестах	- контроль активности участия в дискуссиях на лекциях при работе в интерактивном режиме; - защита отчетов о выполнении лабораторных работ; - выполнение тестов по отдельным темам
ПКС-4	ИПКС-4.2 ИПКС-4.3	**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;	- уверенно отвечает на вопросы на практических занятиях и при защите отчета ЛР; - выполнено более 50 % заданий в тестах	- не отвечает на вопросы или при ответе путает понятия на практических занятиях и при защите отчета ЛР; - выполнено менее 50 % заданий в тестах	- устный опрос на практических занятиях; - защита отчетов о выполнении лабораторных работ; - выполнение тестов по отдельным темам
		Владеть: – навыками проведения экспериментальных исследований с применением современных технических средств; - навыками анализа и обработки полученных результатов	- демонстрирует навыки разработки устройств МСТ на основе проведенного анализа актуальной нормативно-технической документации посредствам использования различных технических и программных средств; - выполнено более 50 % заданий в тестах	- не демонстрирует навыки разработки устройств МСТ на основе проведенного анализа актуальной нормативно-технической документации посредствам использования различных технических и программных средств; - выполнено менее 50 % заданий в тестах	- устный опрос на практических занятиях; - выполнение тестов по отдельным темам

Продолжение таблицы 5.1

ПКС-5	ИПКС-5.1	**Знать:** - знать базовые принципы формирования доказательной документации по результатам исследований; - актуальные требования к оформлению доказательной документации по результатам исследований	- демонстрирует знания базовых принципов формирования доказательной документации по результатам исследований; - уверенно знает актуальные требования к оформлению доказательной документации по результатам исследований; - выполнено более 50 % заданий в тестах	- не демонстрирует знания базовых принципов формирования доказательной документации по результатам исследований; - поверхностно или вообще не знает актуальные требования к оформлению доказательной документации по результатам исследований; - выполнено менее 50 % заданий в тестах	- контроль активности участия в дискуссиях на лекциях при работе в интерактивном режиме; - защита отчетов о выполнении лабораторных работ; - выполнение тестов по отдельным темам
ПКС-5 ПКС-5	ИПКС-5.1 ИПКС-5.1	**Уметь:** оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с использованием современных средств редактирования в соответствии с установленными требованиями	- принимает активное участие в дискуссиях, может обосновать собственное мнение, приводя доводы и аргументы при выборе подходов проведения экспериментальных исследований, и при анализе результатов; - отвечает на вопросы, демонстрируя знания; - выполнено более 50 % заданий в тестах	- отсутствие участия или единичные не всегда верные высказывания; - не отвечает на вопросы или при ответе путает понятия; - выполнено менее 50 % заданий в тестах	- контроль активности участия в дискуссиях на лекциях при работе в интерактивном режиме; - защита отчетов о выполнении лабораторных работ; - выполнение тестов по отдельным темам
		Владеть: навыками работы с современными средствами отображения и редактирования информации.	- при выполнении практических занятий предлагает методики и технические средства для проведения экспериментальных исследований, грамотно анализирует результаты экспериментов; - уверенно отвечает на вопросы на практических занятиях и при защите отчета ЛР; - выполнено более 50 % заданий в тестах	- при выполнении практических заданий не может предложить или обосновать методики и применение технических средств для проведения экспериментальных исследований, не анализирует или поверхностно анализирует результаты экспериментов; - не отвечает на вопросы на практических занятиях и при защите отчета ЛР; - выполнено менее 50 % заданий	- устный опрос на практических занятиях; - защита отчетов о выполнении лабораторных работ; - выполнение тестов по отдельным темам

Таблица 5.2а – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (зачет)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			2 балла	1 балл	0 баллов	
ПКС-1	ИПКС-1.1	**Знать:** основные подходы по изучению, анализу и систематизации литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок	ответ на вопрос абсолютно правильный и полный	ответ на вопрос не полный, при ответе допускает неточности и ошибки, но в ходе дискуссии их исправляет, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой и смежных дисциплин	нет ответа на теоретический вопрос или при ответе путает понятия, не знает принципы и подходы разработки устройств МСТ	Ответ на теоретический вопрос билета
		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				
ПКС-3	ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3	**Знать:** - типовые конструкции и принципы функционирования объектов исследуемых микросистемной техники; - современные программные средства, используемые при исследовании объектов микросистемной техники	ответ на вопрос абсолютно правильный и полный	ответ на вопрос не полный, при ответе допускает неточности и ошибки, но в ходе дискуссии их исправляет, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой и смежных дисциплин	нет ответа на теоретический вопрос или при ответе путает понятия, не знает принципы функционирования и современные средства исследования МСТ	Ответ на теоретический вопрос билета

Продолжение таблицы 5.2а

ПКС-3	ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3	**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				
ПКС-4	ИПКС-4.2 ИПКС-4.3	**Знать:** возможные методы проведения экспериментальных исследований	ответ на вопрос абсолютно правильный и полный	ответ на вопрос не полный, при ответе допускает неточности и ошибки, но в ходе дискуссии их исправляет, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой и смежных дисциплин	нет ответа на теоретический вопрос или при ответе путает понятия, не знает методов проведения исследований МСТ	Ответ на теоретический вопрос билета
		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				

Продолжение таблицы 5.2а

ПКС-4	ИПКС-4.2 ИПКС-4.3	**Владеть:** – навыками проведения экспериментальных исследований с применением современных технических средств; - навыками анализа и обработки полученных результатов				
ПКС-5	ИПКС-5.1	**Знать:** - знать базовые принципы формирования доказательной документации по результатам исследований; - актуальные требования к оформлению доказательной документации по результатам исследований	ответ на вопрос абсолютно правильный и полный	ответ на вопрос не полный, при ответе допускает неточности и ошибки, но в ходе дискуссии их исправляет, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой и смежных дисциплин	нет ответа на теоретический вопрос или при ответе путает понятия, не знает методов проведения исследований МСТ	Ответ на теоретический вопрос билета
		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.				

Таблица 5.2б – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (курсовой проект)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания				Форма контроля
			неудовлетвори-тельно	удовлетворительно	хорошо	отлично	
ПКС-1	ИПКС-1.1	**Знать:** основные подходы по изучению, анализу и систематизации литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Выполнение и защита курсового проекта
		Уметь: формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации	Не демонстрирует умения	Неуверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	
		Владеть: навыками работы со справочными материалами и компьютерными базами данных по разработке микросистемной техники	Не демонстрирует навыки	Неуверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	
ПКС-3	ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3	**Знать:** - типовые конструкции и принципы функционирования объектов исследуемых микросистемной техники; - современные программные средства, используемые при исследовании объектов микросистемной техники	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	

Продолжение таблицы 5.2б

ПКС-3	ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3	**Уметь:** производить разбивку объекта микросистемной техники на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывать спецификации этих блоков	Не демонстрирует умения	Неуверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение и защита курсового проекта
		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	Не демонстрирует навыки	Неуверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	
ПКС-4	ИПКС-4.2 ИПКС-4.3	**Знать:** возможные методы проведения экспериментальных исследований	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	
		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	Не демонстрирует умения	Неуверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	

Продолжение таблицы 5.2а

ПКС-4	ИПКС-4.2 ИПКС-4.3	**Владеть:** – навыками проведения экспериментальных исследований с применением современных технических средств; - навыками анализа и обработки полученных результатов	Не демонстрирует навыки	Неуверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение и защита курсового проекта
ПКС-5	ИПКС-5.1	**Знать:** - знать базовые принципы формирования доказательной документации по результатам исследований; - актуальные требования к оформлению доказательной документации по результатам исследований	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	
		Уметь: оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с использованием современных средств редактирования в соответствии с установленными требованиями	Не демонстрирует умения	Неуверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	
		Владеть: навыками работы с современными средствами отображения и редактирования информации.	Не демонстрирует навыки	Неуверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	

Таблица 5.3 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (экзамен)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			2 балла	1 балл	0 баллов	
ПКС-1	ИПКС-1.1	**Знать:** основные подходы по изучению, анализу и систематизации литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок	ответ на вопрос абсолютно правильный и полный	ответ на вопрос не полный, при ответе допускает неточности и ошибки, но в ходе дискуссии их исправляет, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой и смежных дисциплин	нет ответа на теоретический вопрос или при ответе путает понятия, не знает принципы и подходы разработки устройств МСТ	Ответ на теоретический вопрос билета
		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				
ПКС-3	ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3	**Знать:** - типовые конструкции и принципы функционирования объектов исследуемых микросистемной техники; - современные программные средства, используемые при исследовании объектов микросистемной техники	ответ на вопрос абсолютно правильный и полный	ответ на вопрос не полный, при ответе допускает неточности и ошибки, но в ходе дискуссии их исправляет, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой и смежных дисциплин	нет ответа на теоретический вопрос или при ответе путает понятия, не знает принципы функционирования и современные средства исследования МСТ	Ответ на теоретический вопрос билета

Продолжение таблицы 5.3

ПКС-3	ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3	**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				
ПКС-4	ИПКС-4.2 ИПКС-4.3	**Знать:** возможные методы проведения экспериментальных исследований	ответ на вопрос абсолютно правильный и полный	ответ на вопрос не полный, при ответе допускает неточности и ошибки, но в ходе дискуссии их исправляет, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой и смежных дисциплин	нет ответа на теоретический вопрос или при ответе путает понятия, не знает методов проведения исследований МСТ	Ответ на теоретический вопрос билета
		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				

Продолжение таблицы 5.3

ПКС-4	ИПКС-4.2 ИПКС-4.3	**Владеть:** – навыками проведения экспериментальных исследований с применением современных технических средств; - навыками анализа и обработки полученных результатов				
ПКС-5	ИПКС-5.1	**Знать:** - знать базовые принципы формирования доказательной документации по результатам исследований; - актуальные требования к оформлению доказательной документации по результатам исследований	ответ на вопрос абсолютно правильный и полный	ответ на вопрос не полный, при ответе допускает неточности и ошибки, но в ходе дискуссии их исправляет, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой и смежных дисциплин	нет ответа на теоретический вопрос или при ответе путает понятия, не знает методов проведения исследований МСТ	Ответ на теоретический вопрос билета
		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.				

Таблица 5.4 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию

Баллы за промежуточную аттестацию		Оценка
Суммарное количество баллов* (зачет)	Суммарное количество баллов** (экзамен)	
0…2 баллов	0…2 баллов	«неудовлетворительно»
3 балла	3 балла	«удовлетворительно»
4…5 баллов	4…5 баллов	«хорошо»
6 баллов	6 баллов	«отлично»

**) – количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.;*
***) – количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.3.*

5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины

5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний и умений студентов по дисциплине проводится комплексная оценка, включающая:

- выполнение практических заданий, оформление отчетов по практическим занятиям;
- тестирование в СДО MOODLE по различным разделам дисциплины.

Типовые тестовые задания для текущего контроля

АЦП поразрядного кодирования (последовательного приближения) по сравнению с АЦП последовательного счета при одинаковом числе разрядов имеет:

1 меньшую инструментальную погрешность
2 меньшую погрешность квантования
3 более сложную схему
4 большее быстродействие
5 меньшее быстродействие
6 большую инструментальную погрешность

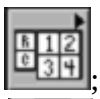
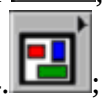
Микропроцессор содержит следующие основные части:

1 устройство дешифрации команд
2 устройство управления всеми функциями микропроцессора
3 аналого-цифровой преобразователь
4 цифро-аналоговый преобразователь
5 порты ввода/вывода
6 арифметико-логический блок

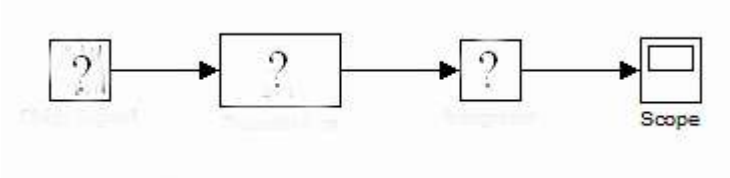
Однокристальная микроЭВМ содержит в своем составе:

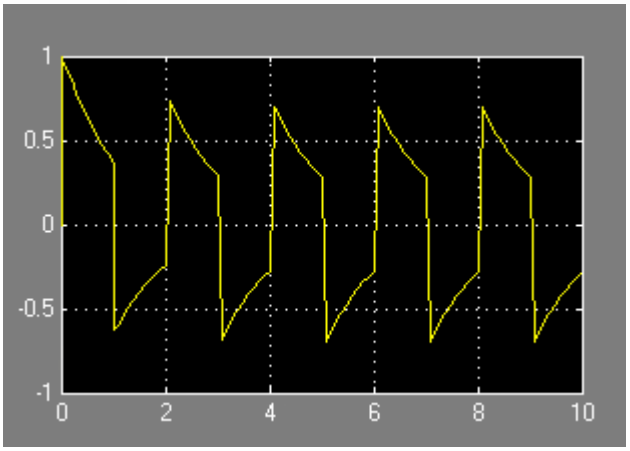
1 порты ввода-вывода
2 индикатор
3 оперативное запоминающее устройство
4 арифметико-логическое устройство
5 кварцевый резонатор

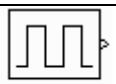
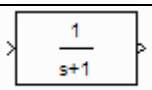
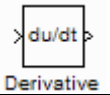
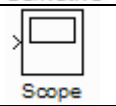
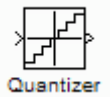
Функциональная палетта Functions\Claster в среде LabView откроется при нажатии на кнопку

1 ; 2 ; 3  ;
4.  ; 5. ; 6. .

Определите последовательность соединения блоков в модели Simulink для получения данного сигнала на осциллографе (Scope):





1	
2	
3	
4	
5	

5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе промежуточной аттестации

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: зачет/экзамен/защита курсового проекта. Возможно проведение промежуточной аттестации в устно-письменной форме по экзаменационным билетам, по результатам накопительного рейтинга или в форме компьютерного тестирования.

Защита курсового проекта. Результаты защиты курсового проекта выставляются по пятибалльной системе оценивания («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

Перечень вопросов к защите курсового проекта (ИПКС 1.1; ИПКС 3.1; ИПКС 3.2; ИПКС 3.3; ИПКС 4.2; ИПКС 4.3; ИПКС 5.1):

1. Определите тип используемого чувствительного элемента.
2. Определите тип первичного преобразователя.
3. Дайте пояснения по принципу действия первичного преобразователя.
4. Определите основные характеристики монокристаллического кремния для формирования чувствительного элемента.

5. С помощью каких технологических процессов формируются механические элементы и элементы электронного преобразователя.
6. Определите основные элементы реализации электронного блока.
7. Дайте пояснения по принципу действия проектируемого микромеханического преобразователя.
8. Дайте пояснения по структурной схеме микромеханического преобразователя.
9. Дайте пояснения по полученным статическим и динамическим характеристикам проектируемого микромеханического преобразователя.
10. Поясните природу основных погрешностей проектируемого микромеханического устройства.

Перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Понятие «микросистемные технологии». Особенности микросистемных технологий. Примеры изделий микросистемных технологий.
2. Современная классификация микросистемных технологий, особенности.
3. Технологические процессы изготовления элементов микросистемной техники, примеры, оборудование.
4. Основные материалы, применяемые для создания изделий микросистемной техники: виды групп материалов, параметры и свойства материалов.
5. Технологии объемной микрообработки: глубинное объемное травление.
6. Технологии объемной микрообработки: применение технологии глубинного объемного травления на кремнии.
7. Технологии объемной микрообработки: применение технологии глубинного объемного травления на подложках фотоситалла.
8. Волоконные технологии: физические основы, этапы технологического процесса, особенности.
9. Технологии молекулярно-лучевого формообразования: физические основы, этапы технологического процесса, особенности
10. Технология молекулярно-лучевого формообразования: применение, основные направления получения объемных микрообъектов, преимущество лазерной технологи.
11. LIGA - технология: физические основы, основные этапы технологического процесса, особенности.
12. LIGA - технология: стадии изготовления микроструктур из пластика и из керамики.
13. SIGA - технология физические основы, основные этапы технологического процесса, особенности.
14. Технология поверхностной микрообработки: понятие, основные типовые технические операции, особенности применения.
15. Технология поверхностной микрообработки: схема базового технологического процесса поверхностной микрообработки.
16. MUMPs - технология: понятие, основные этапы технологического процесса.
17. LPCVD-процессы осаждения пленок: физические основы, основные этапы технологического процесса, особенности.
18. Микродатчики: понятие, принцип действия, классификация, примеры.
19. Микродатчики: характеристики, предъявляемые требования, области применения, примеры получения.
20. IMEMS - технология создания микродатчиков: понятие, основные принципы, этапы создания микродатчиков.
21. Технология создания КМОП/МСТ устройства: последовательность этапов технологического процесса.
22. Создание микродатчиков в составе микроэлектромеханических систем, примеры, этапы технологического процесса.
23. Микроактюаторы: понятие, принцип действия, классификация микроактюаторов, примеры получения.
24. Микроактюаторы: предъявляемые требования, особенности производства.
25. Микроаткюаторы: области применения, примеры, получение.

26. Применение изделий микросистемной техники в приборостроении.
27. DARPA-проекты: особенности, примеры реализации.
28.Тензор механических напряжений. Матричные обозначения. Правило преобразования компонент.
29. Тензор деформаций. Матричные обозначения. Правило преобразования компонент.
30. Закон Гука. Тензор упругих постоянных. Матричные обозначения.
31. Тензор пьезосопротивления. Матричные обозначения. Особенности структуры тензоров в n-и p-кремнии.
32. Распределение напряжений и деформации в кремниевом упругом элементе (жесткое защемление).
33. Угловая зависимость продольного пьезосопротивления в плоскости (100).
34. Феноменологическое описание тензорезистивного эффекта в кремнии.
35. Определение рационального размещения тензорезисторов на упругом элементе сенсора.
36. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект. Пьезоэлектрический конденсатор.
37. Тензор пьезоэлектрических модулей. Матричные обозначения. Угловая зависимость модуля d111.
38. Математическое описание работы акселерометра.
39. Эффект Холла. Преобразовательная характеристика Холловского сенсора для слабых полей.
40. Эффект магнетосопротивления. Физические причины эффекта.
41. Классификация сенсоров.
42. Металлические тензорезисторы. Характеристики, конструкция, материалы.
43. Метрологические характеристики сенсоров давления.
44. Сенсоры на основе ёмкостного эффекта. Классификация. Уровнемеры.
45. Преобразовательная характеристика ёмкостного сенсора давления.
46. Достоинства и недостатки пьезоэлектрических сенсоров. Коэффициент электромеханической связи. Материалы.
47. Акселерометры, области применения. Общая структура акселерометра.
48. Конструкция и технология тензорезистивного акселерометра.
49. Ёмкостные акселерометры. Принцип работы и устройство акселерометра с обратной связью.
50. Термические сенсоры. Классификация. Температурные шкалы. Физический смысл температуры.
51. Терморезисторы и термисторы (характеристики, устройство, материалы).
52. Термопары. Физический принцип работы термопар.
53. Транзистор, как температурный сенсор.
54. Магнитные сенсоры. Сенсоры измерения магнитных величин. Классификация магнитных сенсоров.
55. Конструкция магниторезисторов.
56. Метрологические характеристики Холловских сенсоров и магниторезисторов

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Микросистемная техника, основные понятия и определения.
2. Классификация МСТ.
3. Основные конструктивные разновидности МСТ. Основные типы МСТ.
4. Области применения изделий микросистемной техники.
5. Основные схемы технологических процессов изготовления МСТ.
6. Совместимость технологических процессов изготовления МСТ со стандартными технологическими процессами изготовления микросхем.
7. Физические явления, положенные в основу микролитографии.
8. Схема процесса микролитографии.
9. Электронная, ионная и рентгеновская литография.

10. Анизотропное и изотропное травление кремния. Основные схемы процессов. Типы получаемых микроструктур.
11. Основные характеристики процесса анизотропного травления кремния. Жидкостное травление. Типы травителей и режимы травления.
12. Травление кремния в плазме тлеющего разряда. Реактивное травление кремния. Характеристики процессов сухого травления кремния.
13. Поверхностная микротехнология. Основные схемы процессов.
14. Травление жертвенных слоев. Основные характеристики процесса.
15. Определение LIGA-процесса. Общая схема технологического процесса.
16. Основные характеристики LIGA-процесса . Литография. Электролитическое наращивание слоев. Формовка. Используемые материалы. Примеры получаемых структур.
17. Определение бондинг процесса. Основные характеристики процесса. Общая схема технологического процесса.
18. Электрохимическое травление кремния. Типы получаемых пористых структур. Общая схема технологического процесса получения пористого кремния.
19. Оборудование для получения пористого кремния. ВАХ процесса для n- и p-типов кремния. Особенности слоев пористого кремния и области их применения.
20. Основные типы МСТ. Актюаторы и сенсоры.
21. Пьезоэлектрические, тепловые, электростатические микроактюаторы.
22. Элементы микромеханических систем.
23. Элементы жидкостных микросистем. Сенсоры.
24. Микромеханические, тепловые, пьезоэлектрические и химические микросенсоры.
25. Микроаналитические системы и системы «Lab-on-chip».
26. Пассивные элементы ВЧ МСТ. 8. Микропереключатели.
27. Катушки индуктивности и конденсаторы, изготовленные по микросистемной технологии.
28. Резонаторы, изготовленные по микросистемной технологии.
29. Микромеханические резонаторы.
30. Микроэлектронные резонаторы и фильтры на объемных акустических волнах.
31. Антенны, изготовленные по микросистемной технологии.
32. Области применения изделий микросистемной техники.

5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине

Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине «Микросистемная техника» состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, задания в п. 5.2.1).

2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2, 5.3 задания в п. 5.2.2).

Для всего перечня формируемых компетенций (элементов компетенций) дисциплины приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.5).

Таблицы 5.5 – Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания
	1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение «отлично»	
ПК(ПКС)-1, ИПКС 1.1					
Знать: знать основные подходы по изучению, анализу и систематизации литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: уметь формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение курсового проекта.
Владеть: навыками работы со справочными материалами и компьютерными базами данных по разработке микросистемной техники	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение курсового проекта. Тестирование. Промежуточная аттестация
ПК(ПКС)-3, ИПКС 3.1, ИПКС 3.2, ИПКС 3.3,					
Знать: - основные подходы по изучению, анализу и систематизации литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок - типовые конструкции и принципы функционирования объектов исследуемых микросистемной техники; - современные программные средства, используемые при исследовании объектов микросистемной техники	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: - формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации - производить «разбивку» объекта микросистемной техники на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывать спецификации этих блоков	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение курсового проекта.

Продолжение таблицы 5.3

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания
	1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение «отлично»	
Владеть: - навыками работы со справочными материалами и компьютерными базами данных по разработке микросистемной техники - 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	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение курсового проекта. Тестирование. Промежуточная аттестация
ПК(ПКС)-4, ИПКС 4.2, ИПКС 4.3					
Знать: возможные методы проведения экспериментальных исследований.	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Тестирование Промежуточная аттестация
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;	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	
Владеть: - навыками проведения экспериментальных исследований с применением современных технических; - навыками анализа и обработки полученных результатов	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Промежуточная аттестация Практические занятия Лабораторные работы
ПК(ПКС)-5, ИПКС 5.1					
Знать: - знать базовые принципы формирования доказательной документации по результатам исследований; - актуальные требования к оформлению доказательной документации по результатам исследований.	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: - оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с использованием современных средств редактирования в соответствии с установленными требованиями	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	

Продолжение таблицы 5.3

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания
	1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение «отлично»	
Владеть: - навыками работы с современными средствами отображения и редактирования информации.	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Промежуточная аттестация Практические занятия Лабораторные работы

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература

6.1.1 **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.

6.1.2 **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.

6.1.3 **Распопов В.Я.** Микромеханические приборы [Текст] : Учебное пособие / В. Я. Распопов. - Допущено Министерством образования и науки РФ. - М. : Машиностроение, 2007.

6.2. Дополнительная литература

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

6.2.2 **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.

6.2.3 **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

6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.3.1 Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов [Электронный ресурс]/ С.Ю. Желтов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.— 553 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/24641.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

6.3.2 Методические указания и задания к лабораторным работам по дисциплине «Микросистемная техника»; https://api.nntu.ru/content/obrazovanie/umk-disciplin

6.3.3 Методические указания и задания к практическим занятиям по дисциплине «Микросистемная техника»; https://api.nntu.ru/content/obrazovanie/umk-disciplin

6.3.4 Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Микросистемная техника». https://api.nntu.ru/content/obrazovanie/umk-disciplin

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины, включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы

7.1.1 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». Режим доступа: www.iprbookshop.ru.

7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: https://e.lanbook.com.

7.1.3 Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU». Режим доступа: http://elibrary.ru.

7.1.4 Методические указания и задания к лабораторным работам по дисциплине «Микросистемная техника»; https://api.nntu.ru/content/obrazovanie/umk-disciplin

7.1.5 Методические указания и задания к практическим занятиям по дисциплине «Микросистемная техника»; https://api.nntu.ru/content/obrazovanie/umk-disciplin

7.1.6 Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Микросистемная техника». https://api.nntu.ru/content/obrazovanie/umk-disciplin

7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

7.2.1 Пакет *Microsoft Office*.
7.2.2 Пакет прикладных программ *MatLab*.
7.2.3 Среда разработки *Labviev*

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
ЭБС «IPRbooks»	Специальное мобильное приложение **IPR BOOKS WV-Reader**
ЭБС «Лань»	Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации

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

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
1	2
607227, Нижегородская область, г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19, кафедра АПУ, ауд.4, учебная мультимедийная аудитория	Доска магнитно-маркерная, экран, мультимедийный проектор BenQMP622 , экран, Персональный компьютер-14 шт. с подключением к интернету (Пакет Microsoft Office/ Пакет прикладных программ MatLab, Ansys), Посадочных мест - 23, шкаф для методической литературы

Продолжение таблицы 9.1

1	2
607227, Нижегородская область, г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19, кафедра АПУ, ауд.7, лаборатория «МСТ»	Доска магнитно-маркерная, посадочных мест -22, шкаф для методической литературы, лабораторные столы - 6шт., вольтметр универсальный В7-78/1, генератор INSTEK GRS-6032A, персональный компьютер (Пакет Microsoft Office/ Matlab/ Trace Mode 6.1). - 4шт. Оптическая делительная головка - ОДГ - 5 шт., Источники питания стабилизированные instek - 2 шт., Осциллограф GPS-1-1 шт., Малогабаритная поворотная установка МПУ-1 - 1 шт. Цифровой вольтметр В7-78/1 - 1 шт; Источник питания стабилизированный 5 в. - 1 шт; Вибростенд V-20 - 1 шт; Компьютер со встроенной системой Labviev - 1 шт.
607227, Нижегородская область, г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19, ауд.316, кабинет самоподготовки студентов	Рабочих мест преподавателя - 1 шт; Рабочих мест преподавателя (ПК с подключением к интернету) - 1 шт; Рабочих мест студента – 26 шт; ПК, с выходом на телевизор LG - 1 шт.; ПК с подключением к интернету - 5 шт.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1 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 СДО MOODLE на странице курса 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 личностно-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, 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, электронная почта, мессенджеры.

Инициируется 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 табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2, 5.3.

10.2 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 «Микросистемная техника». Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

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.

10.4 Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является решение конкретных задач и выполнение комплексных практических заданий, а также разбор наиболее проблемных и сложных вопросов и примеров по отдельным темам в аудиторных условиях.

Практические занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- развитие умений и навыков владения принципами построения и функционирования приборных систем управления летательных аппаратов, а также расчета характеристик и параметров таких приборов и систем;
- подведение итогов занятий (результаты тестирования, готовность отчетов по практическим занятиям, готовность домашних заданий (вопросов для самостоятельной подготовки), выполненных в ходе самостоятельной работы).

10.5 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.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной и дополнительной литературы, представленной в разделе 6.

Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института и электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

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

10.6. Методические указания для выполнения РГР

Учебным планом не предусмотрено.

10.7. Методические указания для выполнения курсового проекта

Выполнение курсового проекта 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.

Примерная тематика курсовых проектов:

1. Малогабаритный лазерный датчик поверхности
2. Микромеханическое зеркало
3. Микромеханический дифференциальный датчик давления с магнитоэлектрическим актюатором
4. Микромеханический наклономер
5. Микромеханический датчик давления
6. Высокоточный микромеханический сенсор линейного ускорения
7. Микромеханический осевой акселерометр прямого измерения
8. Гибридный двухосный акселерометр
9. Интегральный датчик температуры
10. Микромеханический одноосный акселерометр на пьезопреобразователях
11. Датчика избыточного давления
12. Датчик абсолютного давления
13. Микромеханический маятниковый акселерометр
14. Магнитометр на эффекте Холла

Целью курсового проекта 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 2.103-2013, согласно которому разработку курсового проекта 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.

10.8 Методические указания по обеспечению образовательного процесса

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF.

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева,

протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF.

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf.

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf.

Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины на 20____/20____ уч. г.

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
_____ Глебов В.В.
«____»_____ 20___ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:
1)
2)
или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от _____№ ____
Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) *(ФИО)*

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от _____№ _____

Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Согласовано:

Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)