МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор обеспечивающей Школы неразрушающего контроля и безопасности
_____ Д.А. Седнев
«30» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2017 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Элементы микросистемной техники			
Направление подготовки/ специальность	**11.03.04 Электроника и наноэлектроника**		
Образовательная программа (направленность (профиль))	**Электроника и наноэлектроника**		
Специализация	**Прикладная электронная инженерия**		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	**4**		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		**32**
	Практические занятия		**16**
	Лабораторные занятия		**16**
	ВСЕГО		**64**
Самостоятельная работа, ч			**80**
ИТОГО, ч			**144**

Вид промежуточной аттестации	**экзамен**	Обеспечивающее подразделение	**Отделение Электронной инженерии**

Зав. кафедрой-руководитель отделения на правах кафедры		П.Ф. Баранов
Руководитель ООП		В.С. Иванова
Преподаватель		Т.Г. Нестеренко

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ПК(У)-1	Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Р2	ПК(У)-1.В4	Владеет опытом моделирования микромеханических систем
ПК(У)-6	Способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы	Р13	ПК(У)-6.У2	Умеет формулировать технические требования к блокам микромеханических систем
ПК(У)-5	Готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования		ПК(У)-5.З9	Знает физические принципы построения элементов микросистемной техники

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Уметь оценивать точность микроэлектромеханических сенсоров	ПК(У)-5
РД-2	Уметь составлять математические модели компонентов микросистемной техники	ПК(У)-1
РД -3	Владеть методами анализа и синтеза микроэлектромеханических сенсоров	ПК(У)-6

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.

Раздел 1. История возникновения и развития элементной базы микросистемной техники.	РД-1	Лекции	**6**
		Практические занятия	**4**
		Лабораторные занятия	**2**
		Самостоятельная работа	**10**
Раздел 2. Сенсорные компоненты микросистемной техники.	РД-1; РД-2; РД-3	Лекции	**16**
		Практические занятия	**6**
		Лабораторные занятия	**12**
		Самостоятельная работа	**40**
Раздел 3. Микромеханические приводы движения	РД-1; РД-2	Лекции	**4**
		Практические занятия	**4**
		Лабораторные занятия	**0**
		Самостоятельная работа	**20**
Раздел 4. Микромеханические радиотехнические и оптоэлектромеханические элементы.	РД-1; РД-3	Лекции	**6**
		Практические занятия	**2**
		Лабораторные занятия	**2**
		Самостоятельная работа	**10**

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. ***Наименование***

История возникновения и развития элементной базы микросистемной техники. Классификация элементов микросистемной техники по функциональному назначению и принципу действия.

Темы лекций:

1. Классификация элементов микросистемной техники по функциональному назначению и принципу действия.
2. Базовые конструкции и обобщенное описание элементов микросистемной техники.
3. Параметры и характеристики микросистем.

Темы практических занятий:

1. Области применения микросистем.
2. **Названия лабораторных работ:**
3. Исследование динамических характеристик МЭМС акселерометра

Раздел 2. Сенсорные компоненты микросистемной техники

Классификация, характеристики сенсоров. Микромеханические сенсоры. Механические конструкции: объемные, мембранные, балочные, струнные. Виды преобразователей: пьезоэлектрические, тензорезистивные, емкостные. Датчики на основе микромеханических преобразователей: давления, расхода, пульсаций, смещения, силы, ускорения, крена, микрогироскопы, микрофоны.

Темы лекций:

1. Микроэлектромеханические осевые акселерометры.
2. Микроэлектромеханические маятниковые акселерометры.
3. Микроэлектромеханические струнные акселерометры.
4. Двух- и трёхосевые микроэлектромеханические акселерометры.
5. Микроэлектромеханические гироскопы LL-типа.
6. Микроэлектромеханические гироскопы RR-типа.
7. Микроэлектромеханические датчики давления.

Темы практических занятий:

1. Расчет базовой конструкции тензорезистивного преобразователя.
2. Расчет базовой конструкции емкостного преобразователя.

3. Расчёт параметров микромеханического гироскопа

Названия лабораторных работ:

1. Исследование динамических характеристик МЭМС гироскопа LL –типа.
2. Исследование динамических характеристик МЭМС гироскопа RR –типа.
3. Исследование динамических характеристик МЭМС гироскопа LL-типа с расширенной полосой пропускания.

Раздел 3. Микромеханические приводы движения

Микромеханические приводы движения: пьезоэлектрические, емкостные, термомеханические, электромагнитные, пневматические актюаторы. Устройства микросмещения, микропозиционирования, , микрозахвата. Микро- и наноманипуляторы.

Темы лекций:

1. Пьезоэлектрические, емкостные, термомеханические, электромагнитные, пневматические актюаторы.
2. Устройства микросмещения, микропозиционирования, , микрозахвата.

Темы практических занятий:

1. Сравнительный анализ пьезоэлектрического и емкостного микроприводов.
2. Расчёт емкостного микропривода.

Раздел 4. Микромеханические радиотехнические и оптоэлектромеханические компоненты

Управляемые микроэлектрорадиокомпоненты: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, микроантенны; микроэлектромеханические и микропневматические реле и коммутаторы.

Управляемые оптоэлектромеханические микрокомпоненты: резонаторы, зеркала, линзы, затворы, фильтры; оптопереключатели.

Темы лекций:

1. Управляемые микроэлектрорадиотехнические элементы.
2. Управляемые оптоэлектромеханические микроэлементы

Темы практических занятий:

1. Расчёт конденсатора, управляемого напряжением

Названия лабораторных работ:

1. Исследование МЭМС конденсатора, управляемого напряжением.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

– Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;

– Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);

– Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;

– Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;

– Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;

– Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Игнатов, А. Н.. Микросхемотехника и наноэлектроника [Электронный ресурс] / Игнатов А. Н.. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 528 с.. Лань - Инженерно-технические науки.. — ISBN 978-5-8114-1161-0.
(https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2035 (контент).
2. .Микросистемные датчики физических величин: монография в двух частях / Вавилов В.Д., Тимошенков С.П., Тимошенков А.С. Москва: ТЕХНОСФНРА, 2018. – 550 с. (https://e.lanbook.com/reader/book/110960/#2).

Дополнительная литература

1. Техническая механика микросистем : учебное пособие / В. Н. Тимофеев [и др.]; Московский государственный институт электронной техники (Технический университет) (МИЭТ) ; под ред. В. Н. Тимофеева. — 2-е изд.. — Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. — 176 с.: ил.. — Библиогр.: с. 173-174. — Список сокращений: с. 175-176.. — ISBN 978-5-9963-0636-7.
2. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам. / Под ред. П. П. Мальцева. М.: Техносфера, 2005. 592 с. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях: учебное пособие
3. Галперин, Е.В. Данилкин, А.И. Мочалов; под ред. С.П. Тимошенкова. –М.: БИНОМ, 2010. – 283 с. Всего в биб-ке
4. Резнев, А. А.. Тенденции развития МЭМС / А. А. Резнев, В. Д. Вернер. — Москва: Амиант, 2010. — 275 с.: ил.. — Библиогр.: с. 268-272. —с. 264-267.. — ISBN 978-5-4231-0042-1..

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. LMS Moodle "Гироскопы и акселерометры на новых физических принципах" *http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=154*
2. Yole Development [Электронный ресурс]. – URL: http://www.yole.fr.
3. mCube [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mcubemems.com.
4. AnalogDevices [Электронный ресурс]. – URL: http://www.analog.com.
5. STMicroelectronics [Электронный ресурс]. – URL: http://www.st.com.
6. Colibrys [Электронный ресурс]. – URL: http://www.colibrys.com.
7. Bosh Sensortec [Электронный ресурс]. – URL: http://www.bosch-sensortec.com.
8. Sensor Technology LTD [Электронный ресурс]. – URL: http://www.sensortech.ca/site/index.cfm.
9. Silicon Sensing Systems [Электронный ресурс]. – URL: http://www.siliconsensing.com.
10. Murata Electronics [Электронный ресурс]. – URL: http://www.murata.com.
11. InvenSense [Электронный ресурс]. – URL: http://www.invensense.com.
12. MEMSIC [Электронный ресурс]. – URL: http://www.memsic.com.
13. ОАО КОНЦЕРН ЦНИИ «ЭЛЕКТРОПРИБОР» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.elektropribor.spb.ru.
14. ОАО «ГИРООПТИКА» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gyro.ru.
15. Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных НТБ - https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb

Используемое лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ)**:

Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b; Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; Top Systems T-FLEX CAD Education; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; Zoom Zoom

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 210	Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест; Компьютер - 20 шт.; Проектор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, специализации «Прикладная электронная инженерия» (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Нестеренко Т.Г.

Программа одобрена на заседании выпускающей кафедры точного приборостроения (протокол от «29» июня 2017 г. № 40).

Зав. кафедрой – руководитель отделения
на правах кафедры,
к.т.н. П.Ф. Баранов

подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭИ ИШНКБ (протокол)
2018/2019 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС 5. Изменена система оценивания	От 29.08.2018 г. № 8
2019/2020 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	От 28.06.2019 г. № 19
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание раздела 4 «Микромеханические радиотехнические и оптоэлектромеханические компоненты» рабочей программы дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	От 01.09.2020 г. № 37