

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 2018 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Сенсорные и актюаторные элементы микросистемной техники

Направление подготовки/ специальность	11.03.04 Электроника и наноэлектроника		
	Прикладная электронная инженерия		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Инжиниринг в электронике		
	высшее образование - бакалавриат		
Специализация			
Уровень образования			
Курс	4	семестр	8
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	11	
	Практические занятия	11	
	Лабораторные занятия	22	
	ВСЕГО	44	
Самостоятельная работа, ч		64	
ИТОГО, ч		108	

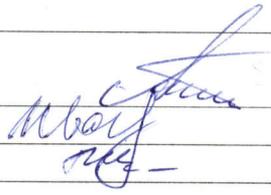
Вид промежуточной
 аттестации

экзамен

Обеспечивающее
 подразделение

**Отделение
 Электронной
 инженерии**

Зав. кафедрой - руководитель
 отделения на правах кафедры
 Руководитель ООП
 Преподаватель

	П.Ф. Баранов
	В.С. Иванова
	Т.Г.Нестеренко

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-1	Способен 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	И. ПК(У)-1.1.	Демонстрирует способность строить физические и математические модели микроэлектромеханических систем, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК(У)-1.В1	Владеет опытом моделирования микромеханических систем
				ПК(У)-1.1У1	Умеет строить физические и математические модели компонентов микросистемной техники
				ПК(У)-1.31	Знает физические принципы построения компонентов микросистемной техники
ПК(У)-3	Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	И. ПК(У)-3.1	Демонстрирует способность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием	ПК(У)-31.В3	Владеет опытом автоматизированного проектирования микросистемной техники
				ПК(У)-3.1У3	Умеет проектировать принципиальные электрические схемы микромеханических систем
				ПК(У)-3.133	Знает методы синтеза и исследования моделей микросистемной техники

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой 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		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД-1	Разрабатывать физические и математические модели микросистемной техники при их проектировании	И. ПК(У)-1.1
РД-2	Разрабатывать топологические чертежи микроэлектромеханической системы	И. ПК(У)-3.1
РД -3	Разрабатывать технические требования к блокам микромеханических систем и оценивать их характеристики	И. ПК(У)-1.1
РД-4	Выполнять анализ и расчёт электрических схем микромеханических систем	И. ПК(У)-3.1

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. Системный подход к проектированию микросистем	РД-1	Лекции	2
		Практические занятия	0
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	10
Раздел 2. Базовые конструкции микромеханических гироскопов	РД-1 РД-3 РД-4	Лекции	5
		Практические занятия	5
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	20
Раздел 3. Проектирование информационно-измерительной системы МЭМС	РД-4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	14
Раздел 4. Технологический процесс изготовления элементов микросистемной техники	РД-2	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	20

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Системный подход к проектированию микросистем

Уровни описания проектируемых объектов: системный, функциональный, конструкторский, технологический. Основные виды микромеханических элементов.

Механические свойства материалов микросистемной техники

Темы лекций:

1. Упругие подвесы микросистем.

Названия лабораторных работ:

1. Параметрическое компьютерное моделирование упругих элементов микромеханических систем.

Раздел 2. Базовые конструкции микромеханических гироскопов

Двух-, трёхкомпонентные гироскопы. Гироскопы с промежуточными телами, с расширенной полосой пропускания, с антифазным первичным движением.

Темы лекций:

1. Схемы и характеристики двухкомпонентных LL и RR гироскопов.
2. Схемы и характеристики МЭМС гироскопов с двумя массами по осям первичных и вторичных колебаний.
3. МЭМС гироскоп с распределённой массой.

Темы практических занятий:

1. Упругие подвесы микромеханических систем.
2. Механические свойства материалов микросистемной техники.

Названия лабораторных работ:

1. Определение собственных частот и форм колебаний микромеханических гироскопов в программе ANSYS.

2. Проведение модального анализа элементов микросистемной техники в программе ANSYS.
3. Определение ёмкости электродных структур в программе ANSYS.

Раздел 3. Проектирование информационно-измерительной системы МЭМС

Схемотехнические решения систем обработки сигналов. Преобразователи ёмкость-напряжение, ёмкость-ток.

Темы лекций:

1. Система возбуждения первичных колебаний и съёма выходной информации МЭМС сенсоров.

Темы практических занятий:

1. Виды электродных структур гироскопов
2. Ёмкостные преобразователи перемещений

Названия лабораторных работ:

1. Определение ёмкости электродных структур аналитически в программе MathCad

Раздел 4. Технологические процессы изготовления элементов микросистемной техники

Технология объёмной микрообработки. liga-технология. Технология поверхностной микрообработки. Mumps-технология. Summit-технология.

Темы лекций:

1. Технологические операции изготовления микросистем.

Темы практических занятий:

1. Разработка топологии МЭМС сенсора.

Названия лабораторных работ:

1. Определение влияния температуры на собственные частоты однокомпонентного микромеханического гироскопа в программе ANSYS.

5. Организация самостоятельной работы студентов

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;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- 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?p11_cid=25&p11_id=2035 (контент)).

2 Вавилов, В. Д.. Микросистемные датчики физических величин: в двух частях [Электронный ресурс] / Вавилов В. Д., Тимошенко С. П., Тимошенко А. С.. — Москва: Техносфера, 2018. — 550 с.. — Книга из коллекции Техносфера - Инженерно-технические науки.. — ISBN 978-5-94836-498-8. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/110960>

3 Попов, Г. В.. Микромеханические инерциальные датчики [Электронный ресурс] / Попов Г. В.. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. — 269 с.. — Книга из коллекции МГТУ им. Н.Э. Баумана - Инженерно-технические науки.. — ISBN 978-5-7038-4336-9. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/103444> (контент)

Дополнительная литература

1. Распопов, Владимир Яковлевич. Микромеханические приборы : учебное пособие / В. Я. Распопов. — Москва: Машиностроение, 2007. — 400 с.: ил.. — Для вузов. — Библиогр.: с. 394-396. — Предметный указатель: с. 397-399.. — ISBN 5-217-03360-6.

2. 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.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. mCube [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mcubemems.com>.
2. AnalogDevices [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.analog.com>.
3. STMicroelectronics [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.st.com>.
4. Colibrys [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.colibrys.com>.
5. Bosh Sortotec [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bosch-sensortec.com>.
6. Sensor Technology LTD [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sensortech.ca/site/index.cfm>.
7. Silicon Sensing Systems [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.siliconsensing.com>.
8. Murata Electronics [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.murata.com>.
9. InvenSense [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.invensense.com>.
10. MEMSIC [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.memsic.com>.
11. ОАО КОНЦЕРН ЦНИИ «ЭЛЕКТРОПРИБОР» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.elektropribor.spb.ru>.
12. T- FLEX CAD 3D [Электронный ресурс]. – URL: <ftp://ftp.topsystems.ru>
13. LMS Moodle "Гироскопы и акселерометры на новых физических принципах" <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=154>
14. <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

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

7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; Cisco Webex Meetings; Dassault Systemes SOLIDWORKS Education; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Zoom Zoom; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; Ansys; Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic; Top Systems T-FLEX CAD Education;

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, 105	Комплект учебной мебели на 15 посадочных мест; Компьютер - 18 шт.; Принтер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 46	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
3.	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.; Принтер - 2 шт.; Проектор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, специализации «Инжиниринг в электронике» (приема 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Нестеренко Т.Г.

Программа одобрена на заседании Отделения электронной инженерии ИШНКБ (протокол от «07» июня 2018 г. № 6).

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. 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 «Проектирование информационно-измерительной системы МЭМС» рабочей программы дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	От 01.09.2020 г. № 37