

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 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Проектирование сенсорных и актюаторных элементов микросистемной
техники

Направление подготовки/ специальность	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Прикладная электронная инженерия		
Специализация	Инжиниринг в электронике		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	8
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	2		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		-
	Практические занятия		22
	Лабораторные занятия		-
	ВСЕГО		22
Самостоятельная работа, ч		50	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		Курсовой проект	
ИТОГО, ч		72	

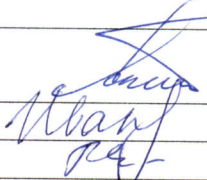
Вид промежуточной
аттестации

зачет
дифзачет

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)-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)-3.1В3	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
ПК(У)-4	Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	И.ПК(У)-4.3	Демонстрирует способность проводить контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	ПК(У)-4.3В1	Владеет опытом оценки и верификации функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик микросистемной техники
				ПК(У)-4.331	Умеет осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации нормативным документам
				ПК(У)-4.3У1	Знает стандарты, технические условия и другие нормативные документы

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 топологические чертежи микроэлектромеханических систем	И.ПК(У)-4.3
РД 2	Разрабатывать технические требования к блокам микромеханических систем и оценивать их характеристики	И.ПК(У)-4.3
РД 3	Выполнять анализ и расчёт электронных 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. Введение	РД-3	Лекции	0
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	0
		Самостоятельная работа	5
Раздел 2. Системный подход к проектированию микросистем	РД-2; РД-3	Лекции	0
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	0
		Самостоятельная работа	5
Раздел 3. Базовые конструкции микромеханических гироскопов	РД-1	Лекции	0
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	0
		Самостоятельная работа	10
Раздел 4. Проектирование информационно-измерительной системы МЭМС	РД-4	Лекции	0
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	0
		Самостоятельная работа	10
Раздел 5. Технология изготовления микромеханических сенсоров	РД-3	Лекции	0
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	0
		Самостоятельная работа	10
Раздел 6. САПР компонентов микросистемной техники	РД-2	Лекции	0
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	0
		Самостоятельная работа	10

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение

Моделирование объектов и процессов как средство уменьшения сроков разработки и сокращения финансовых затрат.

Темы практических занятий:

1. Основные стадии и этапы проектирования.
2. Международная унификация процессов проектирования и создания изделий микросистемной техники.

Раздел 2. Системный подход к проектированию микросистем

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

Темы практических занятий:

1. Механические свойства материалов микросистемной техники.
2. Параметрическое компьютерное моделирование элементов микромеханических систем.

Раздел 3. Базовые конструкции микромеханических гироскопов

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

Темы практических занятий:

1. Погрешности МЭМС сенсоров.

Раздел 4. Проектирование информационно-измерительной системы МЭМС

Схемотехнические решения систем обработки сигналов.

Темы практических занятий:

1. Преобразователи ёмкость-напряжение, ёмкость-ток.

Раздел 5. Технологические процессы изготовления элементов микросистемной техники

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

Темы практических занятий:

1. Разработка технологического процесса МЭМС сенсора.
2. Виды технологических процессов

Раздел 6. САПР компонентов микросистемной техники
--

Структура систем автоматизированного проектирования. Аппаратные средства обеспечения САПР объектов микросистемной техники. Базовые пакеты прикладных программ: моделирование механических и термомеханических процессов, моделирование электростатических процессов, моделирование пьезорезистивных элементов, частотный анализ.

Темы практических занятий:

1. Разработка топологии МЭМС сенсора.
2. Базовые пакеты прикладных программ.
3. Частотный анализ МЭМС гироскопов и акселерометров

Темы курсовых проектов:

1. Микроэлектромеханический акселерометр
2. Однокомпонентный микроэлектромеханический гироскоп LL-типа.
3. Однокомпонентный микроэлектромеханический гироскоп RR-типа.
4. Двухкомпонентный микроэлектромеханический гироскоп RR-типа.
5. Микромеханический гироскоп с расширенной полосой пропускания.
6. Микроэлектромеханический маятниковый акселерометр
7. Микроэлектромеханический тепловой акселерометр.
8. Однокомпонентный микроэлектромеханический гироскоп LL-типа с антифазным первичным движением.
9. Микроэлектромеханический струнный акселерометр
10. Микроэлектромеханический осевой акселерометр
11. Двухкомпонентный микроэлектромеханический гироскоп LL-типа.

5. Организация самостоятельной работы студентов

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

- 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 практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсового проекта, работа над междисциплинарным проектом;
- 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?pl1_cid=25&pl1_id=2035 (контент)).

2 Вавилов, В. Д.. Микросистемные датчики физических величин: в двух частях [Электронный ресурс] / Вавилов В. Д., Тимошенков С. П., Тимошенков 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 Sensortec [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**):

Adobe Acrobat Reader DC; Cisco Webex Meetings; Dassault Systemes SOLIDWORKS Education; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Zoom Zoom; Ansys; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b

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.; Проектор - 1 шт.;
2.	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.
3.	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.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, специализации «Инжиниринг в электронике» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Нестеренко Т.Г.

Программа одобрена на заседании Отделения электронной инженерии ИШНКБ (протокол № 19 от 28.06.2019).

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)
2020/2021 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 01.09.2020 г. № 37
2021/22 учебный год	1. Обновлены цели освоения дисциплины 2. Обновлены планируемые результаты обучения по дисциплине 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлено ПО в рабочей программе дисциплины 5. Обновлен список литературы 6. Обновлен перечень профессиональных баз 7. Обновлена аннотация рабочей программы дисциплины 8. Обновлены материалы в ФОС дисциплины	От 30.08.2021 г. № 54