

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

« 01 » 09 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Инжиниринг сенсорных систем			
Направление подготовки/ специальность	11.04.04 Электроника и нанoeлектроника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Прикладная электронная инженерия		
Специализация	Электроника интернета вещей		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	8	
	Практические занятия	0	
	Лабораторные занятия	56	
	ВСЕГО	64	
Самостоятельная работа, ч			152
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)			курсовая работа
ИТОГО, ч			216

Вид промежуточной
аттестации

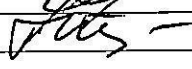
Экзамен

Обеспечивающее
подразделение

Отделение
Электронной
инженерии

Диф.зачет

Заведующий кафедрой -
руководитель отделения на
правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

	П.Ф. Баранов
	А.И. Солдатов
	Т.Г. Нестеренко

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.3 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)-4	Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	И.ПК(У)-4.1	Организует и проводит экспериментальные исследования с применением современных средств и методов	ПК(У)- 4.B1	Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов
				ПК(У)- 4.Y1	Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования
				ПК(У)- 4.31	Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований
ПК(У)-7	Готов определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	И.ПК(У)-7.1	Формулирует цели, осуществляет постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливает технические задания на выполнение проектных работ	ПК(У)- 7.B1	Владеет навыками разработки архитектуры изделий микро- и нанoeлектроники
				ПК(У)- 7.Y1	Умеет подготавливать технические задания на выполнение проектных работ
				ПК(У)- 7.31	Знает схемы и устройства изделий микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения
ПК(У)-8	Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований	И.ПК(У)-8.1	Проектирует устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований	ПК(У)- 8.B1	Владеет навыками разработки рабочей топологии и плана технологии монтажа и сборки электронной компонентной базы изделий микро- и нанoeлектроники
				ПК(У)- 8.Y1	Умеет разрабатывать приборы и системы электронной техники
				ПК(У)- 8.31	Знает принципы подготовки технических заданий на современные электронные устройства

2. Место дисциплины (модуля) 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		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Владеет навыками разработки маршрута изготовления микромеханических сенсоров	И.ПК(У)-8.1
РД 2	Умеет анализировать техническое задание и маршрут изготовления микромеханических сенсоров	И.ПК(У)-8.1

РД 3	Знает виды работ по изготовлению микромеханических сенсоров	И.ПК(У)-8.1
РД 4	Владеет навыками проведения исследования микромеханических сенсоров с применением современных средств и методов	И.ПК(У)-4.1
РД 5	Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования	И.ПК(У)-4.1
РД 6	Демонстрирует навыки проектирования микромеханических сенсоров	И.ПК(У)-8.1

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 (модуль) 1. История развития МЭМС. Современный рынок МЭМС. Структура изделия на основе МЭМС.	РД2	Лекции	2
		Практические занятия	0
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	20
Раздел (модуль) 2. Физические основы работы микромеханических сенсоров	РД4, РД5	Лекции	2
		Практические занятия	0
		Лабораторные занятия	24
		Самостоятельная работа	40
Раздел (модуль) 3. Технология изготовления микромеханических сенсоров	РД1, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	0
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	30
Раздел (модуль) 4. Проектирование микромеханических сенсоров	РД2, РД3, РД6	Лекции	2
		Практические занятия	0
		Лабораторные занятия	22
		Самостоятельная работа	62

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. История развития МЭМС. Современный рынок МЭМС. Структура изделия на основе МЭМС.

Темы лекций:

1. Введение. Основные понятия и определения.

Названия лабораторных работ:

- 1 Исследование динамических характеристик МЭМС акселерометра

Раздел 2. Физические основы работы микромеханических сенсоров

Темы лекций:

1. Компоненты микроэлектромеханических систем (сенсоры и актюаторы, управляющая и вычислительная электроника).

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.
4. Исследование МЭМС конденсатора, управляемого напряжением.

Раздел 3. Технология изготовления микромеханических сенсоров

Темы лекций:

1. Базовые технологии и материалы микромеханических сенсоров. Дефекты топологии на пластине.

Названия лабораторных работ:

1. Разработка технологического процесса микромеханического сенсора.

Раздел 4. Проектирование микромеханических сенсоров

Темы лекций:

1. Основы автоматизированного проектирования МЭМС. Компоненты, процессы и материалы упаковки.
2. **Названия лабораторных работ:**
 1. Параметрическое моделирование упругих элементов микромеханических систем.
 2. Определение собственных частот и форм колебаний микромеханических гироскопов.
 3. Определение собственных частот и форм колебаний микромеханических гироскопов в программе ANSYS Workbench.
 4. Определение ёмкости гребенчатых структур аналитически в программе MathCad и с помощью метода конечных элементов в программе ANSYS APDL.
 5. Проведение модального анализа в ANSYS APDL.

Тематика курсовых работ (теоретический раздел)

1. Микроэлектромеханический маятниковый акселерометр
2. Микроэлектромеханический акселерометр
3. Однокомпонентный микроэлектромеханический гироскоп (XX)-типа

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) 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.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом;
- 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. Королёв, М. А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : в 2 ч : учебное пособие / М. А. Королёв, Т. Ю. Крупкина, М. А. Ревелева ; под редакцией Ю. А. Чаплыгина. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 400 с. — ISBN 978-5-00101-814-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151589> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. 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/book/167901> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Распопов, В. Я. Микромеханические приборы : учебное пособие / В. Я. Распопов. — Москва : Машиностроение, 2007. — 400 с. — ISBN 5-217-03360-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/753> (дата обращения: 15.06.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Основы нанотехнологии: учебник / Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев, В. А. Жабрев, В. И. Марголин. — 2-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 400 с. — ISBN 978-5-00101-476-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/94129> (дата обращения: 15.06.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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. <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb> - информационно-справочные системы и профессиональные базы данных НТБ.

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

1. Ansys 2020;
2. Document Foundation LibreOffice;
3. Google Chrome;
4. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b;
5. Top Systems T-FLEX CAD Education;
6. Zoom Zoom

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	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	Безокулярная система безконтактных измерений по 2-м осям - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест; Компьютер - 20 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, 105	3D-принтер Prism Pro - 1 шт.; 3D-сканер VT АТОМ - 1 шт.; 3D-принтер Picaso 3D Designer - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 15 посадочных мест; Компьютер - 15 шт.; Проектор - 1 шт.;

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, специализация «Электроника интернета вещей» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент, к.т.н.	Нестеренко Т.Г.

Программа одобрена на заседании Отделения Электронной инженерии (протокол от 30.06.2020 г. №35).

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)
2021/22 учебный год	1. Обновлено содержание разделов дисциплины 2. Обновлено ПО в рабочей программе дисциплины 3. Обновлен список литературы 4. Обновлен перечень профессиональных баз 5. Обновлена аннотация рабочей программы дисциплины 6. Обновлено материалы в ФОС дисциплины	От 30.08.2021 г. № 54