

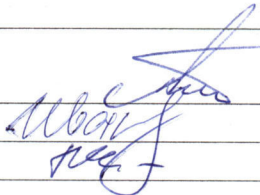
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2018 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

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)		Курсовой проект
ИТОГО, ч		72

Вид промежуточной аттестации	зачет дифзачет	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. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
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)-3.2В3	Владеет опытом автоматизированного проектирования микросистемной техники
				ПК(У)-3.2У3	Умеет проектировать принципиальные электрические схемы микромеханических систем
				ПК(У)-3.2З3	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	Умеет осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации нормативным документам
				ПК(У)-4.3З1	Владеет опытом оценки и верификации функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик микросистемной техники
				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. lga-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., 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 Sortec [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 "Тироскопы 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; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Zoom Zoom; Ansys; 7-Zip; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView

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 «Прикладная электронная инженерия» (приема 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик

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 разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	От 01.09.2020 г. № 37
2021/22 учебный год	1. Обновлено цели освоения дисциплины 2. Обновлено 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. Обновлено материалы в ФОС дисциплины	От 30.08.2021 г. № 54