Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН АВТФ
к.т.н. Томилов И. Н.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
03.07.2026
Владелец: к.т.н. Томилов И. Н.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Микродатчики

Образовательная программа: 12.03.01 Приборостроение, профиль: Информационно-измерительные технологии

Курс: 3, семестр : 5

Факультет автоматики и вычислительной техники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**5**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3
2	Всего часов	108
3	Всего занятий в контактной форме, час.	41
4	Лекции, час.	16
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	16
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18
8	из них практической подготовки, час.	8
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	7
11	Самостоятельная работа, час.	67
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	Р
13	Вид аттестации	3

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 12.03.01 Приборостроение

ФГОС введен в действие приказом №945 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 05.10.2017 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 12.03.01 Приборостроение

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, 03.07.2026

Утверждена на совете факультета автоматики и вычислительной техники, протокол № 7 от 03.07.2026

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Остертак Д. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Иванов А. В.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-5.В/ПК Способность получать и обрабатывать измерительную информацию
	ПК-5.В/ПК. 3 Умеет эксплуатировать и проектировать датчики, в том числе интеллектуальные сенсоры, микродатчики

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций Результаты обучения	Формы организации занятий
ПК-5.В/ПК. 3 Умеет эксплуатировать и проектировать датчики, в том числе интеллектуальные сенсоры, микродатчики	
знать метрологические характеристики средств измерений	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
уметь рассчитывать параметры передаточной характеристики (чувствительность, нелинейность, гистерезис и т.п.)	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
уметь использовать закономерности проявления физических эффектов при решении инженерных задач	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
знать классификацию MEMS-датчиков и основные термины, применяемые при описании MEMS	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
знать физические явления и эффекты, используемые для получения измерительной и управляющей информации: механические, электрические, магнитные, оптические, тепловые, химические, биологические, радиационные;	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
знать методики выполнения измерения с использованием микродатчиков	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
уметь использовать специализированные программные средства при решении профессиональных задач	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 5					
Дидактическая единица: Общие вопросы микродатчиков.					
1. Базовая логическая схема микросистемы. Основные термины. Классификация MEMS. Классификация MEMS-датчиков.	2	0	2	ПК-5.В/ПК. 3	Общая терминология микросистем. Элементы и компоненты. Классификация сенсоров и преобразователей. Актюаторы. МЭМС-конвертеры, МЭМС-интерфейсы, МЭМС-контроллеры. Сигнальный процессор.
Дидактическая единица: Микродатчики механических величин.					

2. Физические основы измерений механических величин.	2	0	2	ПК-5.В/ПК.3	Общие принципы измерений механических величин (тензорезистивные, ёмкостные, пьезоэлектрические). Классификация датчиков по видам (датчики давления, акселерометры, расходомеры, тактильные сенсоры). Упругие элементы (кантилевер, мембрана). Механические свойства кремния (деформации, механические напряжения, закон Гука). Принцип Сен-Венана. Тензорезистивный эффект в кремнии.
Дидактическая единица: Термические микродатчики.					
3. Физические основы тепловых измерений.	2	0	2	ПК-5.В/ПК.3	Принципы измерения температуры. Теплопроводность, закон Фурье. Электротепловая аналогия для расчёта тепловых цепей. Задача конвективного теплообмена: закон Ньютона и теория пограничного слоя. Критерии подобия.
Дидактическая единица: Оптические микродатчики.					
4. Физические основы оптических измерений.	2	0	2	ПК-5.В/ПК.3	Принципы оптических измерений, оптические эффекты, на которых они построены. Энергетический и фотометрический подходы к описанию излучения.
Дидактическая единица: Магнитные MEMS-датчики. Датчики Холла, магниторезисторы, магнитометры.					
5. Физические основы магнитных измерений.	2	0	2	ПК-5.В/ПК.3	Принципы магнитных измерений. Характеристики магнитных сенсоров. Эффект Холла в металлах и полупроводниках. Магниторезистивный эффект и приборы на его основе.
Дидактическая единица: Химические MEMS-датчики. Хеморезисторы, датчики влажности, pH-метры, электронные носы и языки.					

6. Физические основы химических измерений.	2	0	0	ПК-5.В/ПК.3	Принципы химических измерений. Классификация химических датчиков. Пассивные датчики: хеморезисторы, металлооксидные сенсоры, микрокалориметры. Химически чувствительные датчики различных типов.
Дидактическая единица: Bio-MEMS датчики: оптические, термические, ионно-селективные. Энзимные биосенсоры.					
7. Физические основы биологических измерений.	2	0	0	ПК-5.В/ПК.3	Принципы биологических измерений. Bio-MEMS датчики: оптические, термические, ионно-селективные. Энзимные биосенсоры.
Дидактическая единица: Радиационные MEMS-детекторы. Сцинтилляционные счётчики, счётчики Гейгера, полупроводниковые дозиметры.					
8. Физические основы радиационных измерений.	2	0	0	ПК-5.В/ПК.3	Радиационные MEMS-детекторы. Сцинтилляционные счётчики, счётчики Гейгера, полупроводниковые дозиметры.

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 5					
Дидактическая единица: Общие вопросы микродатчиков.					
1. Введение в программный комплекс ANSYS.	4	2	2	ПК-5.В/ПК.3	Ознакомиться с программной оболочкой программного комплекса ANSYS Mechanical, изучить её основные функции, систему поиска информации, подготовить презентацию и сообщение по одной из тем, предложенных в списке.
Дидактическая единица: Микродатчики механических величин.					

2. Моделирование упругих свойств механических элементов микросистемы.	4	2	2	ПК-5.В/ПК.3	Моделирование распределения полей деформаций и механических напряжений в жёстко защемлённых элементах (кантилевер, мембрана) в среде ANSYS Mechanical APDL. Аналитическое моделирование и сравнение с результатами, полученными в ANSYS.
3. Исследование модели тензорезистивного сенсора давления.	4	2	2	ПК-5.В/ПК.3	Моделирование и расчёт выходного сигнала сенсора давления в форме "Греческого креста", расположенным на кремниевой тонкой жёстко защемлённой мембране квадратной формы. Аналитический расчёт зависимостей компонент деформаций и механчисеких напряжений от давления, местоположения на поверхности мембраны, схемы подключения от питающего тока или питающего напряжения. Сравнение результатов аналитического расчёта и расчёта в среде ANSYS.
Дидактическая единица: Термические микродатчики.					
4. Моделирование полей температур и тепловых потоков в среде ANSYS Workbench.	4	2	2	ПК-5.В/ПК.3	Моделирование полей распределения температур и тепловых потоков в кремниевом упругом элементе в различных условиях теплового нагружения. Аналитическое моделирование температур и сравнение с результатами расчёта в среде ANSYS.

Темы для самостоятельного изучения	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 5					
Дидактическая единица: Микродатчики механических величин.					

1. Ёмкостные датчики давления и акселерометры.	2	0	0	ПК-5.В/ПК.3	Ёмкостный принцип построения микродатчиков. Способы изменения ёмкости элементарной ячейки. Полумостовая ёмкостная измерительная схема. Ёмкостный сенсор давления и его конструктивная реализация. Ёмкостный акселерометр.
2. МЭМС-расходомеры.	2	0	0	ПК-5.В/ПК.3	Физические основы микрофлюидики. Вязкость, закон Пуазейля. Ламинарный и турбулентный режимы течения жидкости и газа. Принципы построения расходомеров. Пассивные и активные клапаны. Микронасосы.
Дидактическая единица: Термические микродатчики.					
3. Термические МЭМС-датчики.	2	0	0	ПК-5.В/ПК.3	Различные виды термических МЭМС-датчиков: термоанемометры, датчики теплового потока, терморезисторы и термисторы, диоды и транзисторы в качестве термодатчиков, элементы Пельтье и Джоуля-Томсона.
Дидактическая единица: Оптические микродатчики.					
4. Оптические датчики прямого действия.	2	0	0	ПК-5.В/ПК.3	Оптические датчики прямого действия: классификация и общие принципы работы. Фоторезистивный эффект и приборы на его основе. Фотовольтаический эффект, его разновидности. Принципы работы фотодиодов и солнечных ячеек.
5. Оптические датчики непрямого действия.	2	0	0	ПК-5.В/ПК.3	Оптические датчики непрямого действия: пирометры, болометры, тепловизоры, ячейки Голея. Принципы их действия и особенности построения.
Дидактическая единица: Магнитные MEMS-датчики. Датчики Холла, магниторезисторы, магнитометры.					

6. Магнитодиоды и магнитотранзисторы.	2	0	0	ПК-5.В/ПК.3	Магнитоконцентрационный эффект. Принципы работы магнитотранзисторов с одним и двумя коллекторами. Двухколлекторные магнитотранзисторы вертикального и латерального типа. Полевые магнитотранзисторы.
7. Магнитометры.	2	0	0	ПК-5.В/ПК.3	Шкала магнитных полей и приборы для их измерения. Феррозондовые и туннельные магнитометры. Сверхпроводящие квантовые магнитометры (СКВИДы).
Дидактическая единица: Химические MEMS-датчики. Хеморезисторы, датчики влажности, pH-метры, электронные носы и языки.					
8. Химические датчики непрямого действия.	2	0	0	ПК-5.В/ПК.3	Принципы построения химических датчиков непрямого действия. Гравиметрические сенсоры, "электронные носы", оптические химические сенсоры. Многомерные химические датчики: тензорезистивные pH/rH-метры.
9. Химические микроаналитические системы.	2	0	0	ПК-5.В/ПК.3	Общие принципы исследований. Эффекты электрофореза и ПЦР. Системы, построенные на их основе. Лаборатории на чипе.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Введение в программный комплекс ANSYS.	Лб	Выполняет следующие виды работ: подготовка презентации и сообщения по функционированию программного комплекса ANSYS по теме, определённой преподавателем.
2	Моделирование упругих свойств механических элементов микросистемы.	Лб	Выполняет следующие виды работ: подготовка конечно-элементных моделей упругих элементов микросистем (кантилевер, мембрана различной формы).
3	Исследование модели тензорезистивного сенсора давления.	Лб	Выполняет следующие виды работ: моделирование и исследование выходного сигнала тензорезистивного кремниевого датчика давления.

4	Моделирование полей температур и тепловых потоков в среде ANSYS Workbench.	Лб	Выполняет следующие виды работ: моделирование и исследование распределения температур и тепловых потоков в кремниевом термодатчике.

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 5				
1	Исследовательская работа по моделированию узлов и элементов микродатчиков	ПК-5.В/ПК.3	39	2
В рамках исследовательской работы студенты самостоятельно, но под общим руководством ведущего лектора курса выполняют аналитическое и конечно-элементное моделирование узлов и элементов микродатчиков различного назначения и области примерения. В рамках этого моделирования они составляют конечно-элементные модели в среде ANSYS Mechanical или её аналогах, верифицируют её и исследуют её поведение в различных режимах.: Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412				
2	Подготовка к аттестации	ПК-5.В/ПК.3	10	2
Самостоятельная подготовка ответов на вопросы к зачёту: Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412				
3	Самостоятельное изучение теоретического материала	ПК-5.В/ПК.3	21	3
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 : Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412				

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Портал НГТУ
Консультирование	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

Таблица 3.5

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм
1	Дискуссия
Краткое описание применения: Новые возможности, которые предоставляют микроэлектронные датчики	

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 5		
Лабораторная:	12	24
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412"		
РГЗ/Реферат:	28	56
Зачет:	10	20
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля	
		Защита РГЗ/Р	Зачет
ПК-5.В/ПК	ПК-5.В/ПК 3. Умеет эксплуатировать и проектировать датчики, в том числе интеллектуальные сенсоры, микродатчики	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

5. Литература

Основная литература

1. Гридчин А. В. Физические основы микросистемной техники. Моделирование в ANSYS Mechanical : учебное пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2026.- 199, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=230228

2. Гридчин А. В. Инженерно-физические основы микросистем : учебное пособие / А. В. Гридчин; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2025.- 135, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=229803

Дополнительная литература

1. Гридчин А. В. Микродатчики и микросистемы. Краткий курс лекций : [учебное пособие] / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021.- 224, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000245580

Интернет-ресурсы

1. Меледина Т. В. Методы планирования и обработки результатов научных исследований [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Т. В. Меледина, М. М. Данина. - Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2015. - 110 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/70915. - Загл. с экрана.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Операционная система Microsoft Windows

2 Пакет офисных приложений Microsoft Office

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	ПРИБОР Щ-301/1	Используются в учебном процессе