

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



А.А.Панфилов

« 04 » 07 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
В РОБОТОТЕХНИКЕ

Направление подготовки: 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Профиль/программа подготовки: Мехатроника и робототехника

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежу- точного контроля (экз./зачет)
3	3/108		18	18	72	Зачет
Итого	3/108		18	18	72	Зачет

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Микроэлектронные механические системы в робототехнике» являются освоение теоретических основ построения микроэлектронных механических систем (МЭМС), понимание характера работы МЭМС, опираясь на физические принципы функционирования и анализ схемных моделей; приобретение знаний о конструкциях, принципах действия, параметрах и характеристиках различных МЭМС, подготовка студента к пониманию принципа действия современных МЭМС, к разработке и контролю качества устройств и их компонентов в микроэлектронных механических системах.

Задачи изучения дисциплины:

- изучить принципы миниатюризации технических систем, микросистемные технологии изготовления МЭМС; области применения МЭМС
- изучить методики проведения экспериментов и проводить эксперименты на действующих макетах
- изучить основы компьютерных технологий, применяемых при проектировании микроэлектронных механических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Микроэлектронные механические системы в робототехнике» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Б1.В блока дисциплин ОПОП магистратуры по направлению 15.04.06 «Мехатроника и робототехника».

2.1. Для освоения дисциплины «Микроэлектронные механические системы в робототехнике» необходимы знания, умения и готовности обучающегося полученные при освоении ОПОП бакалавриата.по указанным разделам следующих дисциплин:

Дисциплины	Разделы	Знания, умения, навыки
Физика	Кинематика, динамика, электричество и магнетизм.	знать основные понятия разделов; уметь пользоваться физическими законами механики, электрических и магнитных явлений при решении типовых задач;
Электротехника и электроника	Линейные электрические цепи постоянного тока; Основы электроники	Знать классификацию элементов электрических цепей, их свойства и характеристики, законы Ома и Кирхгофа и их применение для расчета электрических цепей постоянного тока. знать полупроводниковые приборы

2.2. Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин:

- Методы моделирования мехатронных и робототехнических систем
- Управление роботами и мехатронными системами.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ПК-5	способностью разрабатывать методики проведения экспериментов и проводить экспери-	Знать: принципы миниатюризации технических систем; классификацию МЭМС; микросистемные технологии изготовления МЭМС; области

	менты на действующих макетах и образцах мехатронных и робототехнических систем и их подсистем, обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	применения МЭМС; современные информационные технологии. Уметь: выбирать преобразователи чувствительного элемента для механических величин и их конструкцию; выполнять расчеты и проектировать элементы внутренней структуры МЭМС; проводить экспериментальные исследования макетов МЭМС; Владеть: методикой проведения эксперимента и обработкой результатов с применением современных информационных технологий и технических средств.
--	--	--

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Введение.	3	1-2		2		8		
2	Технологии производства МЭМС	3	3-4		2		12	2/100	
3	Конструкции и элементы МЭМС	3	5-8		6	8	24	6/33	Рейтинг-контроль №1
4	Источники энергии для автономных и сетевых МЭМС	3	11-12		4	4	8	4/50	Рейтинг-контроль №2
5	Основы автоматизированного проектирования МЭМС	3	13-16		2	2	12	2/50	
6	Области применения МЭМС. Измерения и испытания МЭМС	3	17-18		2	4	8	2/33	Рейтинг-контроль №3
Всего за 3 семестр					18	18	72	16/44	Зачет
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине					18	18	72	16/44	Зачет

Содержание практических занятий по дисциплине

Раздел 1. Введение.

Практическое занятие 1. Принципы миниатюризации технических систем. Термины и определения, классификация МЭМС.

Раздел 2. Технологии производства МЭМС.

Практическое занятие 2. Изучение методов и технологий изготовления МЭМС.

Раздел 3. Конструкции и элементы МЭМС.

Практическое занятие 3. Выбор конструкции и расчет чувствительного элемента МЭМС.

Практическое занятие 4. Проектирование и расчет упругих актюаторных элементов МЭМС.

Практическое занятие 5. Беспроводные мультиагентные сети роботов.

Раздел 4. Источники энергии для автономных и сетевых МЭМС

Практическое занятие 5. Обоснование выбора, расчет и проектирование источников электрической энергии для МЭМС.

Раздел 5. Основы автоматизированного проектирования МЭМС.

Практическое занятие 5. MEMS Pro для моделирования воздействия внешней среды на ИС и МЭМС.

Раздел 6. Области применения МЭМС. Измерения и испытания МЭМС.

Практическое занятие 5. Измерения и испытания МЭМС. Методы измерения и испытания МЭМС.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Раздел 3. Конструкции и элементы МЭМС.

Лабораторная работа 1. Моделирование конструкции чувствительного элемента МЭМС.

Лабораторная работа 2. Моделирование микрооптоэлектромеханической системы.

Лабораторная работа 3. Передача энергии от внешнего источника МЭМС потребителю по беспроводным каналам.

Раздел 4. Источники энергии для автономных и сетевых МЭМС

Лабораторная работа 4. Обоснование выбора, расчет и проектирование источников электрической энергии для МЭМС.

Раздел 5. Основы автоматизированного проектирования МЭМС.

Лабораторная работа 5. Моделирование воздействия внешней среды на ИС и МЭМС.

Раздел 6. Области применения МЭМС. Измерения и испытания МЭМС.

Лабораторная работа 6. Моделирование МЭМС для автомобильной техники.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Микроэлектронные механические системы в робототехнике» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения:

- учебную дискуссию;
- методы групповой работы;
- компьютерная симуляция (процессов, объектов и т. п. по профилю дисциплины);
- мультимедийные технологии при проведении учебных занятий;
- Методы активного и практического (экспериментального) обучения.

Методы активного и практического обучения применяются с целью вовлечения студентов непосредственно в процесс размышления и решения задач. В активном обучении

меньше внимания уделяется пассивной передаче информации и больше – практике управления, применения, анализа и оценки идей. Понимание повышает мотивацию студентов к выполнению задания и формирует навык обучения в течение всей жизни.

Активное обучение трансформируется в практическое (экспериментальное), при котором студенты пробуют себя в смоделированных профессиональных ситуациях, например, выполняя проекты, имитируя или анализируя реальные случаи из инженерной практики.

Для проведения контрольных мероприятий предлагается использовать компьютерные контрольные задания.

Самостоятельная работа студентов подкрепляется использованием ресурсов Интернет.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Текущий контроль:

Рейтинг-контроль №1.

1. Место микросистемной техники в системе технических инноваций.
2. Микромеханическое устройство. МЭМС. МСТ. Микромашинка.
3. Термины и определения, классификация МЭМС.
4. Принципы миниатюризации технических систем.
5. Кремниевая технология МЭМС. Процессы нанесения и удаления слоев в кремниевой технологии.
6. Объемная и поверхностная технологии МЭМС-микрообработки кремния.
7. Совместимость технологии микросистемной техники с технологией микроэлектроники.
8. LIGA-технология.
9. Электрохимический метод изготовления МЭМС (EFAB).
10. Стереолитографический метод изготовления МЭМС.
11. Полимерные технологии МЭМС.
12. Спрей-технология для МЭМС.
13. Сборка МЭМС.
14. Датчики давления и микрофоны. Преобразование смещения диафрагмы в информационный сигнал.
15. Выбор конструкции упругого емкостного ЧЭ МЭМС.
16. Упругие емкостные ЧЭ перемещения, силы и веса.

Рейтинг-контроль 2.

1. Упругие актюаторные элементы МЭМС. Радиочастотные МЭМС. Микрофлюидные микроэлектромеханические системы. Микроструйные МФ МЭМС. Микродозатор.
2. Микрооптоэлектромеханические системы.
3. Микромагнитные электромеханические системы.
4. МЭМС-упругие контакты. Системы на базе МЭМС.
5. Беспроводные сенсорные сети.
6. Беспроводные мультиагентные сети роботов
7. Электромеханические источники для МЭМС. Термогенераторы.
8. Источники электрической энергии для МЭМС на основе преобразования энергии излучения.
9. Химические источники электрической энергии для МЭМС.
10. Ионно-литиевые батареи.
11. Топливные элементы.
12. Восполнение потерь энергии источниками тока.
13. Тенденции развития источников питания автономных МЭМС.

14. Передача энергии от внешнего источника МЭМС потребителю по беспроводным каналам.

Рейтинг-контроль 3.

1. Основы автоматизированного проектирования МЭМС. MEMS Pro для моделирования воздействия внешней среды на ИС и МЭМС.
2. МЭМС для автомобильной техники.
3. МЭМС-техника в области медицины.
4. МЭМС в бытовой технике.
5. МЭМС - средство предотвращения терроризма.
6. Путь выхода на рынок МЭМС.
7. Измерения и испытания.
8. Самотестирование в МЭМС.

6.2. Промежуточная аттестация:

Зачет.

Вопросы к зачету.

1. Место микросистемной техники в системе технических инноваций.
2. Основные понятия и определения микромеханического устройства, МЭМС, МСТ, микромашины.
3. Классификация МЭМС.
4. Принципы миниатюризации технических систем.
5. Кремниевая технология МЭМС. Процессы нанесения и удаления слоев в кремниевой технологии.
6. Объемная и поверхностная технологии МЭМС - микрообработки кремния.
7. Совместимость технологии микросистемной техники с технологией микроэлектроники.
8. LIGA-технология.
9. Электрохимический метод изготовления МЭМС (EFAB).
10. Стереолитографический метод изготовления МЭМС.
11. Полимерные технологии МЭМС.
12. Спрей-технология для МЭМС.
13. Датчики давления и микрофоны. Преобразование смещения диафрагмы в информационный сигнал.
14. Выбор конструкции упругого емкостного ЧЭ МЭМС. Упругие емкостные ЧЭ перемещения, силы и веса.
15. Технологические аспекты изготовления емкостных МЭМС.
16. Упругие актюаторные элементы МЭМС. Радиочастотные МЭМС. Микрофлюидные (МФ) микроэлектромеханические системы. Микроструйные МФ МЭМС. Микродозатор.
17. Микрооптоэлектромеханические системы.
18. Микромагнитные электромеханические системы.
19. Беспроводные сенсорные сети.
20. Беспроводные мультиагентные сети роботов
21. Электромеханические источники для МЭМС. Термогенераторы.
22. Источники электрической энергии для МЭМС на основе преобразования энергии излучения.
23. Химические источники электрической энергии для МЭМС. Ионно-литиевые батареи. Топливные элементы.
24. Тенденции развития источников питания автономных МЭМС.
25. Передача энергии от внешнего источника МЭМС потребителю по беспроводным каналам.
26. Системы автоматизированного проектирования МЭМС
27. MEMS Pro для моделирования воздействия внешней среды на ИС и МЭМС.

28. МЭМС для автомобильной техники.
29. МЭМС-техника в области медицины.
30. МЭМС в бытовой технике. МЭМС - средство предотвращения терроризма.
31. Измерения и испытания МЭМС.
32. Самотестирование в МЭМС.

6.3. Самостоятельная работа студентов.

Самостоятельная работа студента выполняется в соответствии с учебным планом и программой дисциплины. Самостоятельная работа направлена на углубленное изучение разделов и подготовку к выполнению практических заданий.

На самостоятельную работу студента выносятся следующие разделы:

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид СРС	Трудоемкость, часов
1	1	Место микросистемной техники в системе технических инноваций. Микромеханическое устройство. МЭМС. Принципы миниатюризации технических систем.	8
2	2	Технологии производства МЭМС. Кремниевая технология МЭМС. Объемная и поверхностная технологии МЭМС- микро-обработки кремния. Полимерные технологии МЭМС. Сборка МЭМС.	12
3	3	Датчики давления и микрофоны. Упругие емкостные ЧЭ перемещения, силы и веса. Технологические аспекты изготовления емкостных МЭМС. Упругие актюаторные элементы МЭМС. Радиочастотные МЭМС. Системы на базе МЭМС. Беспроводные сенсорные сети.	24
4	4	Электромеханические источники для МЭМС. Термогенераторы. Химические источники электрической энергии для МЭМС. Ионно-литиевые батареи. Тенденции развития источников питания автономных МЭМС	8
5	5	Основы автоматизированного проектирования МЭМС САПР Magic VLSI, Oyster (IBM), MEMS CAD (MIT), CAEMEMS (Univ. Michigan), SESES (ETH), MEMS Pro для моделирования воздействия внешней среды на ИС и МЭМС.	12
6	6	МЭМС-техника в области медицины. МЭМС в бытовой технике. МЭМС - средство предотвращения терроризма. Путь выхода на рынок МЭМС. Самотестирование в МЭМС.	8
Итого			72

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. Шелованова, Г.Н. Современные проблемы микро- и нанoeлектроники : учеб. пособие / Г.Н.	2017		да

Шелованова. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. — 128 с. - ISBN978-5-7638-3775-9. - Текст : электронный. - URL: http://znanium.com/catalog/product/1032113 - Текст : электронный. - URL: http://znanium.com/catalog/product/1032113			
2. А.А. Резнев, В.Д. Вернер. Тенденции развития МЭМС. Москва: ООО «Амиант», 2015.- 275 с. ISBN 13: 978-5-4231-0042-1	2015		да
Основы робототехники: Учебное пособие / А.А. Иванов. - М.: Форум, 2014. - 224 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-91134-575-4	2014		да
Сторожев, В. В. Системотехника и мехатроника технологических машин и оборудования [Электронный ресурс] : Монография / В. В. Сторожев, Н. А. Феоктистов; под ред. д.т.н., профессора Феоктистова Н. А. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2015. — 412 с. - ISBN 978-5-394-02468-9 - Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=513143	2015		да
Дополнительная литература			
1. Фрайден Д. Современные датчики: Справочник. — М.: Техносфера, 2006.	2006		да
Вернер В.Д., Мальцев П.П., Резнев А.А., Сауров А.Н., Чаплыгин Ю.А. Современные тенденции развития микросистемной техники //Нано- и микросистемная техника. — 2008. — № 8. — С. 2—6.	2008		да
Резнев А.А. Интегральные магниторезистивные приборы нового поколения // Петербургский журнал электроники. - 2007. - № 3. - С. 47-53.	2007		да

7.2. Периодические издания

1. Научно технический журнал «Мехатроника, автоматизация, управление».
2. Научно технический журнал «Известия ВУЗ «Электромеханика».
3. Журнал «Электронные компоненты и системы»

7.3. Интернет-ресурсы

1. A Tutorial on Micromechanics and MEMS. <http://home.earthlink.net/~trimmerw/mems/tutorials.html>
2. Расчет MEMS-устройств. <https://www.comsol.ru/showcase/mems>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Практические занятия:
 - a) компьютерный класс;
 - b) презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук);
 - c) пакеты ПО общего назначения (MS Office);
 - d) ПО Matlab, MicroCAP, Electronics Workbench (программы моделирования электронных устройств;

2. Прочее:

- а) рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- б) рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Рабочую программу составил  к.т.н., доцент Мишулин Ю.Е.

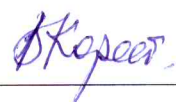
Рецензент

ПАО «НИПТИЭМ»,

начальник лаборатории испытания электроприводов  Родионов Р.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизация, мехатроника и робототехника

Протокол № 1 от 01.07 2019 года

Заведующий кафедрой  Коростелев В.Ф.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 15.04.06 «Мехатроника и робототехника».

Протокол № 1 от 01.07 2019 года

Председатель комиссии  Коростелев В.Ф.

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

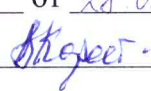
Рабочая программа одобрена на 2020/21 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 01.09.20 года

Заведующий кафедрой  В.Ф. Коростелев

Рабочая программа одобрена на 2021/22 учебный год

Протокол заседания кафедры № 16 от 28.06.21 года

Заведующий кафедрой  В.Ф. Коростелев

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____