

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

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

УТВЕРЖДАЮ
Директор института ИМиАТ
А.И. Елкин
« 30 06 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
В РОБОТОТЕХНИКЕ»**

направление подготовки

15.04.06 «Мехатроника и робототехника»

направленность (профиль) подготовки

«Мехатроника и робототехника в машиностроении»

г. Владимир

2022 г.

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.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Микроэлектронные механические системы в робототехнике» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства |
|---|---|---|--------------------------------------|
| | Индикатор достижения компетенции <i>(код, содержание индикатора)</i> | Результаты обучения по дисциплине | |
| ПК-1. Способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением современных методов моделирования, оптимизации и многовариантного проектирования | ПК-1.1 Знать алгоритмы составления и расчета моделей мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей ПК-1.2 Уметь разрабатывать цифровые двойники и цифровые тени элементов мехатронных и робототехнических систем на всех этапах жизненного цикла изделия ПК-1.3 Владеть технологией моделирования мехатронных и робототехнических систем программными средствами | Знает алгоритмы и основные методы моделирования электронных схем, виды моделей, этапы системного анализа микроэлектронных механических систем; программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в микроэлектронных мехатронных. Умеет разрабатывать компьютерные модели на основе структурного представления и математического описания типовых элементов микроэлектронных механических систем, выполнять расчеты, включая средства автоматизированного проектирования. Владеет основным физико-математическим аппаратом, необходимым для описания и исследования разрабатываемых микроэлектронных механических систем; приемами моделирования, аппаратом дифференциальных уравнений и передаточных функций, средой моделирования MATLAB, Simulink. | Презентации на практических занятиях |

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов

Тематический план форма обучения – очная

| № п/п | Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Контактная работа обучающихся с педагогическим работником | | | | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|----------------------------|--|---------|-----------------|---|----------------------|---------------------|---------------------------------|------------------------|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | в форме практической подготовки | | |
| 1 | Тема 1. Введение. Принципы миниатюризации технических систем | 3 | 1-2 | | 2 | | 4 | 10 | |
| 2 | Тема 2. Технологии производства МЭМС | 3 | 3-6 | | 4 | | 2 | 14 | 1-й рейтинг-контроль |
| 3 | Тема 3. Выбор преобразователя и конструкции чувствительного элемента | 3 | 7-10 | | 4 | 8 | 4 | 12 | |
| 4 | Тема 4. МЭМС в беспроводных системах | 3 | 11-14 | | 4 | | | 12 | 2-й рейтинг-контроль |
| 5 | Тема 5. Источники энергии для автономных и сетевых МЭМС | 3 | 15-16 | | 2 | 4 | 2 | 12 | |
| 6 | Тема 6. Основы автоматизированного проектирования МЭМС | 3 | 17-18 | | 2 | 6 | 2 | 12 | 3-й рейтинг-контроль |
| Всего за семестр: | | | | | 18 | 18 | | 72 | Зачет |
| Наличие в дисциплине КП/КР | | | | | | | | | |
| Итого по дисциплине | | | | | 18 | 18 | | 72 | Зачет |

Содержание практических занятий по дисциплине

Тема 1. Введение. Принципы миниатюризации технических систем

Содержание практических/лабораторных занятий.

Принципы миниатюризации технических систем. Термины и определения, классификация МЭМС.

Тема 2. Технологии производства МЭМС

Содержание практических/лабораторных занятий.

Методы и технологии изготовления МЭМС.

Тема 3. Выбор преобразователя и конструкции чувствительного элемента

Содержание практических/лабораторных занятий.

Выбор конструкции и расчет чувствительного элемента МЭМС. Проектирование и расчет упругих актюаторных элементов МЭМС.

Тема 4. МЭМС в беспроводных системах

Содержание практических/лабораторных занятий.

Беспроводные мультиагентные сети роботов

Тема 5. Источники энергии для автономных и сетевых МЭМС

Содержание практических/лабораторных занятий.

Обоснование выбора, расчет и основы проектирования источников электрической энергии для МЭМС. Передача энергии от внешнего источника МЭМС потребителю по беспроводным каналам.

Тема 6. Основы автоматизированного проектирования МЭМС

Содержание практических/лабораторных занятий.

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

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Тема 3. Выбор преобразователя и конструкции чувствительного элемента

Содержание практических/лабораторных занятий.

Моделирование конструкции чувствительного элемента МЭМС. Моделирование микро-оптоэлектромеханической системы.

Тема 5. Источники энергии для автономных и сетевых МЭМС

Содержание практических/лабораторных занятий.

Источники энергии для автономных и сетевых МЭМС. Передача энергии от внешнего источника МЭМС потребителю по беспроводным каналам.

Тема 6. Основы автоматизированного проектирования МЭМС

Содержание практических/лабораторных занятий.

Основы автоматизированного проектирования МЭМС. MEMS Pro для моделирования воздействия внешней среды на ИС и МЭМС. Измерения и испытания МЭМС. Моделирование МЭМС для автомобильной техники.

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

5.1. Текущий контроль успеваемости

Рейтинг-контроль №1

1. Место микросистемной техники в системе технических инноваций.
2. Микромеханическое устройство. МЭМС. МСТ. Микромашина.
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 актуаторные элементы МЭМС. Радиочастотные МЭМС. Микрофлюидные микро-электромеханические 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.
2. Основные методы моделирования МЭМС.
3. MEMS Pro для моделирования воздействия внешней среды на ИС и МЭМС.
4. МЭМС для автомобильной техники.
5. МЭМС-техника в области медицины.
6. МЭМС в бытовой технике.
7. МЭМС - средство предотвращения терроризма.
8. Путь выхода на рынок МЭМС.
9. Измерения и испытания.
10. Самотестирование в МЭМС.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины Зачет.

Вопросы для подготовки 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.

5.3. Самостоятельная работа студентов.

1. Место микросистемной техники в системе технических инноваций. Микромеханическое устройство. МЭМС. Принципы миниатюризации технических систем.
2. Технологии производства МЭМС. Кремниевая технология МЭМС. Процессы нанесения и удаления слоев в кремниевой технологии. Объемная и поверхностная технологии МЭМС-микрообработки кремния..
3. Выбор преобразователя и конструкции чувствительного элемента. Датчики давления и микрофоны. Упругие емкостные ЧЭ перемещения, силы и веса. Технологические аспекты изготовления емкостных МЭМС.
4. Упругие актюаторные элементы МЭМС. Радиочастотные МЭМС. Микромагнитные электромеханические системы. МЭМС-упругие контакты. Системы на базе МЭМС.
5. Беспроводные сенсорные сети. Беспроводные мультиагентные сети роботов
6. Электромеханические источники для МЭМС. Химические источники электрической энергии для МЭМС. Тенденции развития источников питания автономных МЭМС.
7. Основы автоматизированного проектирования МЭМС
8. МЭМС для автомобильной техники. Путь выхода на рынок МЭМС. Унификация и стандартизация.

Темы заданий на подготовку презентаций, в которые включаются вопросы, связанные с практической подготовкой обучающихся к профессиональной деятельности.

Требования к подготовке презентации:

- презентация содержит текстовую и графическую информацию в объеме, необходимом для раскрытия темы, но не менее 10-ти и не более 20-ти слайдов;
- презентация должна быть подготовлена и представлена в назначенный срок в часы по расписанию занятий;
- по структуре презентация должна содержать Введение, научно-технический обзор по теме, основную часть и Заключение, а также список заимствованных источников;
- в презентации приводятся корректные ссылки за заимствованные источники;
- оригинальные разработки необходимо выделить цветом и оформить в виде докладов на конференции или в виде публикаций.

Примеры ситуационных задач:

- предложить решения, направленные на повышение эффективности применения МЭМС;

- назовите современные программные средства, применяемые для программирования МЭМС;
- что является целью проектирования МЭМС для мехатронного модуля;
- разработать конструкцию МЭМС для датчика давления;
- разработать конструкцию МЭМС для датчика измерения перемещения.

Требования к решению ситуационных задач:

- решения ситуационных задач следует излагать в устной форме во время лекционных и практических занятий;
- содержание решений ситуационных задач следует представлять в виде конкретных решений, направленных на достижение определенных целей;
- оценку решений ситуационных задач следует осуществлять с учетом креативности, мобильности и направленности мышления обучающихся;
- оценку решений ситуационных задач следует осуществлять, обращая особое внимание на объем и качество самостоятельной работы, выполненной обучающимся.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций, обучающихся по дисциплине, оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

| Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство | Год издания | КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ |
|--|-------------|---|
| | | Наличие в электронном каталоге ЭБС |
| Основная литература | | |
| 1. Шелованова, Г.Н. Современные проблемы микро- и нанoeлектроники : учеб. пособие / Г.Н. 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. | 2017 | http://znanium.com/catalog/product/1032113 |
| 2. 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 ^о », 2015. — 412 с. - ISBN 978-5-394-02468-9 | 2015 | http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=513143 . |
| 3. Шелованова, Г.Н. Современные проблемы микро- и нанoeлектроники : учеб. пособие / Г.Н. Шелованова. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. — 128 с. - ISBN978-5-7638-3775-9. - | 2017 | https://znanium.com/catalog/product/1032113 |
| Дополнительная литература | | |
| 1. Иванов, А. А. Основы робототехники : учебное пособие / А.А. Иванов. — 2-е изд., испр. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 223 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-014622-5. - | 2022 | https://znanium.com/catalog/product/1815965 |
| 2. Родионов, Ю.А. Технологические процессы в микро- и нанoeлектронике : учеб. пособие / Ю.А. Родионов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 352 с. - ISBN 978-5-9729-0337-5. - | 2019 | https://znanium.com/catalog/product/1053392 |
| 3. Известия Тульского государственного университета. Технические науки : научный журнал. - Тула : Тульский государственный университет, 2017. - № 9. Часть 2. - 287 с. - ISSN 2071-6168. | 2017 | https://znanium.com/catalog/product/1084782 |

6.2. Периодические издания

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

6.3. Интернет-ресурсы

1. Электронная библиотека по электротехнике [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.electrolibrary.info/>, свободный.
2. Электронный журнал «Радиотехника и электроника» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.radioingener.ru/>, свободный.
3. A Tutorial on Micromechanics and MEMS. <http://home.earthlink.net/~trimmerw/mems/tutorials.html>
4. Расчет MEMS-устройств. <https://www.comsol.ru/showcase/mems>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины на кафедре АМиР имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.


Практические/лабораторные работы проводятся в ауд. 105-2, 106-2, 109-2.


Материально-техническое оснащение дисциплины включает:

- компьютерный класс с доступом в Интернет;
- лицензионное программное обеспечение (MS Windows, MS Office, MS Visio. Matlab (Symulink)).

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

Рецензент
(представитель работодателя)
Начальник отдела электронных систем
ООО НПК «Автоприбор» _____ к.т.н., доцент Родионов Р.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АМиР
Протокол № 16 от 28.06.2022 года
Заведующий кафедрой АМиР  д.т.н., профессор Коростелев В.Ф.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании учебно-методической комиссии направления 15.04.06
Протокол № 13 от 24 июня 2022 года
Председатель комиссии зав. каф. АМиР  д.т.н., профессор Коростелев В.Ф.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20__ / 20__ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20__ / 20__ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20__ / 20__ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20__ / 20__ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20__ / 20__ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

