

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)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 03 » 09 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**МИКРО- И НАНОСИСТЕМЫ В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Профиль/программа подготовки: "Инженерно-физические технологии в nanoиндустрии"

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	3 ЗЕ / 108 час.	11	22	-	48	Экзамен (27)
Итого	3 ЗЕ / 108 час.	11	22	-	48	Экзамен (27)

Владимир 2018

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Целью освоения дисциплины «Микро- и наносистемы в технике и технологиях» является приобретение студентами знаний о физических принципах функционирования микро и наносистем, об их характеристиках, конструкциях и особенностях применения.

**Задачи дисциплины:**

- изучение базовых конструкций компонентов микро и наносистем;
- изучение физических принципов функционирования микро и наносистем;
- изучение основных технических характеристик микро и наносистем и областей их применения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Микро- и наносистемы в технике и технологиях» относится к базовой части ОПОП подготовки магистров по направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Дисциплина изучается в 4 семестре и требует освоения следующих курсов:

- физика;
- физические основы микро- и наносистемной техники;
- микроэлектромеханические системы
- Компоненты микросистемной техники

Знания, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут быть применены при изучении других специальных дисциплин по профилю подготовки, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины частично формируются следующие компетенции:

- ОПК-1, способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения

1) Знать:

- классификацию компонентов микро- и наносистемной техники;
- физические принципы функционирования компонентов микро- и наносистемной техники;
- базовые конструкции и основные технические характеристики компонентов микро- и наносистемной техники;

2) Уметь:

- анализировать особенности функционирования компонентов микро и наносистемной техники;
- осуществлять сравнение характеристик компонентов микро- и наносистемной техники;

3) Владеть:

- навыками работы с отдельными компонентами микро- и наносистемной техники;
- навыками применения компонентов микро- и наносистемной техники при создании технических систем различного функционального назначения.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема) 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 (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		

1	Основные понятия, параметры и характеристики микро - и наносистем	4	1-4	4	4	-	-	8	-	4 / 50%	Рейтинг-контроль №1
4	Сенсорные компоненты микро и наносистем	4	5-8	4	8	-	-	28	-	7 / 58%	Рейтинг-контроль №2
8	Актуаторные компоненты микро и наносистем	4	9-11	3	10	-	-	12	-	6 / 46%	Рейтинг-контроль №3
<b>Всего</b>		<b>4</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>22</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>48</b>		<b>17/ 51%</b>	<b>экзамен (27 час.)</b>

### Темы лекций.

#### Раздел 1. Основные понятия, параметры и характеристики микро - и наносистем.

- 1.1. Введение, общие положения. Термины, определения, буквенные обозначения параметров и характеристик компонентов микро и наносистем;
- 1.2. Классификация компонентов микро и наносистем.
- 1.3. Элементы микро и наносистем.
- 1.4. Методы построения систем с использованием микро и нанокомпонентов.

#### Раздел 2. Сенсорные компоненты микро и наносистем.

- 2.1 Микромеханические сенсоры давления, температуры.
- 2.2 Микромеханические пьезоэлектрические сенсоры.
- 2.3 Микромагнитные электромеханические системы.
- 2.4 Применение сенсорных компонентов в микро и наносистемах.

#### Раздел 3. Актуаторные компоненты микро и наносистем.

- 3.1 Микромеханические ключи. Интегральные микрозеркала. Устройство DLP;
- 3.2 Микропривод, микромембрана, микропоршень, управляемый микрофильтр;
- 3.3 Микротрансмиссия, микропереключатель, зубчатая микропередача.
- 3.4 Микроредуктор, зубчатое микроколесо, микронасос, микрореактор.
- 3.5 Применение актуаторных компонентов в микро и наносистемах.

### Практические занятия

Тема 1. Изучение и измерение характеристик микромеханического акселерометра (4 ч.)

Тема 2. Изучение и измерение характеристик микромеханического гироскопа (8 ч).

Тема 3. Основы инерционной навигации, определение положения объекта с помощью микроэлектромеханического акселерометра, гироскопа и магнитометра (10 ч).

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках лекционного курса:

### 5.1. Активные и интерактивные формы обучения

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (контрольные аудиторские работы, индивидуальные домашние работы).

### 5.2. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению индивидуальной домашней работы по практическим занятиям. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций, решение выданных преподавателем практики задач, подготовка к экзамену.

### **5.3. Мультимедийные технологии обучения**

Некоторые из лекционных и практических занятий проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории (например, ауд. 430-3) с использованием компьютерного проектора.

### **5.4. Рейтинговая система обучения**

Рейтинг-контроль проводится два раза за семестр. Он предполагает оценку суммарных баллов по следующим составляющим: баллы на контрольных занятиях; качество выполнения домашних типовых заданий. Распределение баллов по контрольным мероприятиям определяется лектором, ведущим дисциплину.

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

### **6.1 . Экзаменационные вопросы**

1. Основные понятия и определения микро и наносистем.
2. Применение компонентов микросистем в автомобильной технике, в области медицины, в бытовой технике.
3. Классификация компонентов микро и наносистем.
4. Классификация сенсоров по назначению, физико-химическим принципам действия, основным характеристикам и техническому назначению.
5. Элементы микро и наносистем: микроподвес, микроограничитель, микрозажим, переменный микроконденсатор, микроклапан (микрораспределитель).
6. Элементы микро и наносистем: микробалка с двухсторонней фиксацией, микрогребень, микрорычаг, микродрессель, микромаховик.
7. Элементы микро и наносистем: микроопора, микроторсион, микропружина, микроограничитель, микроканал.
8. Эффект Зеебека.
9. Эффект Пельтье.
10. Эффект Томсона.
11. Элемент Холла.
12. Компоненты микро и наносистем: микропривод, микромембрана, микропоршень, управляемый микрофильтр.
13. Компоненты микро и наносистем: микротрансмиссия, микропереключатель, зубчатая микропередаточная пара, угловой кубический микроотражатель.
14. Компоненты микро и наносистем: микроредуктор, зубчатое микроколесо, микронасос, микрореактор.
15. Волоконно-оптические гироскопы RR-типа.
16. Вибрационные микромеханические гироскопы LL-типа.
17. Вибрационные микромеханические гироскопы LR(RL)-типа.
18. Параметры гироскопов: чувствительность, относительная мультипликативная чувствительность к влияющей физической величине, систематическая погрешность, погрешность линейности.
19. Микромеханические акселерометры L-типа.
20. Микромеханические акселерометры R-типа.
21. Акселерометры с нагреваемым газом.
22. Акселерометры с нагреваемой пластиной.
23. Маятниковый и осевой акселерометр.
24. Параметры и характеристики акселерометров: абсолютная мультипликативная чувствительность к влияющей физической величине, динамическая погрешность, погрешность аппроксимации, частотный диапазон.

25. Микромеханические сенсор давления, принцип работы, применение.
26. Микромеханические сенсоры температуры, принцип работы, применение.
27. Микромеханические пьезоэлектрические сенсоры, принцип работы, применение.
28. Микромагнитные электромеханические системы, принцип работы, применение.
29. Устройства матрицы микрозеркал, принцип работы, применение.
30. Устройство микромеханических микрофонов, принцип работы, применение.

## **6.2. Вопросы рейтинг-контроля**

### **Рейтинг-контроль № 1**

1. Элементы микро и наносистем: микроподвес, микроограничитель, микрозажим, переменный микроконденсатор, микроклапан (микрораспределитель).
2. Элементы микро и наносистем: микробалка с двухсторонней фиксацией, микроребень, микрорычаг, микродрессель, микромаховик.
3. Элементы микро и наносистем: микропора, микроторсион, микропружина, микроограничитель, микроканал.
4. Эффект Зеебека.
5. Эффект Пельтье.
6. Эффект Томсона.
7. Элемент Холла.

### **Рейтинг-контроль № 3**

1. Микромеханические сенсор давления, принцип работы, применение.
2. Микромеханические сенсоры температуры, принцип работы, применение.
3. Микромеханические пьезоэлектрические сенсоры, принцип работы, применение.
4. Микромагнитные системы, принцип работы, применение.

### **Рейтинг-контроль № 3**

1. Устройства матрицы микрозеркал.
2. Устройство микромеханических микрофонов.
3. Устройство микропривода.
4. Устройство микромембран.
5. Устройство микронасоса.

## **6.3. Вопросы к самостоятельной работе студента**

Самостоятельная работа студентов включает освоение материалов, слабо освещённых в рамках лекционного курса, подготовку к практическим занятиям, подготовку к рейтинг-контролю и экзамену. Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется на лабораторных занятиях. Открытый список вопросов:

1. Принципы миниатюризации технических систем.
2. Измерения и испытания компонентов микросистем.
3. Самотестирование компонентов микросистем.
4. Волоконно-оптические гироскопы RR-типа.
5. Вибрационные микромеханические гироскопы LL-типа.
6. Вибрационные микромеханические гироскопы LR(RL)-типа.
7. Микромеханические акселерометры L-типа.
8. Микромеханические акселерометры R-типа.
9. Акселерометры с нагреваемым газом.
10. Акселерометры с нагреваемой пластиной.
11. Маятниковый и осевой акселерометр.
12. Микромеханические акселерометры L-типа.
13. Микромеханические акселерометры R-типа.
14. Акселерометры с нагреваемым газом.
15. Акселерометры с нагреваемой пластиной.
16. Маятниковый и осевой акселерометр.
17. Устройство микромеханических микрофонов, принцип работы, применение.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **а) основная литература:**

1. Минько Н.И. Методы получения и свойства нанобъектов: учеб. пособие / Н.И. Минько, В.В. Строкова, И.В. Жерновский, В.М. Нарцев. - 2-е изд., стер. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 165 с.

2. Королёв М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. Часть 1. Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / Королёв М.А, Крупкина Т.Ю., Ревелева М.А.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 398 с.

3. Королёв М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. Часть 2. Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования / М.А. Королёв, Т.Ю.Крупкина, М.Г. Путря, В.И.Шевяков. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 423 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Акуленок М. В. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий : учебное пособие для вузов : в 2 т. / под общ. ред. Ю. Н. Коркишко. - М. : БИНОМ. 2011. ISBN 978-5-9963-0341-0 Т. : Технологические аспекты / [М. В. Акуленок, В. М. Андреев, Д. Г. Громов и др.]. - 2011. - 252 с.

2. Кузнецов Ф.А. Фундаментальные основы процессов химического осаждения пленок и структур для нанoeлектроники / Ф.А. Кузнецов [и др] .— Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2013.— 176 с.

3. Канева И.И. Технология микро- и нанoeлектроники : технология материалов магнитоэлектроники. Лабораторный практикум/ Канева И.И., Подгорная С.В., Андреев В.Г.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2011.— 161 с.

### **в) периодические издания:**

1. Нано- и микросистемная техника, ISSN 1684-6419

### **г) интернет-ресурсы:**

1. Нано- и микросистемная техника: <http://www.microsystems.ru>

2. Конспект лекций «Компоненты микросистем» (Сибирский федеральный университет): [http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/115/u\\_lectures.pdf](http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/115/u_lectures.pdf)


## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**


Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 430-3);
- электронные записи лекций;




Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочую программу составил доцент каф. ФиПМ Золотов А.Н.   
(ФИО, подпись)


проф. каф. ФиПМ Давыдов Н.Н.   
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) Кат. Кесико-2 ФКП "ГМК Росатом" Северный фд.   
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись) 

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.04.01

Протокол № 1 от 03.09.18 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись) 

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_