

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

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

Кафедра физики твердого тела

## **НАНО- МИКРО- И ОПТОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

*МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к выполнению самостоятельных работ  
для обучающихся по направлению 11.04.04 «Электроника и  
наноэлектроника», профиль «Материалы и устройства  
функциональной электроники» очной формы  
обучения*

Воронеж 2021

УДК 621.362

ББК 22.379

**Составитель:**

*к-т физ.-мат. наук А.В. Калгин*

Нано- микро- и оптомеханические системы: к выполнению самостоятельных работ для обучающихся по направлению 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», профиль «Материалы и устройства функциональной электроники» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А.В. Калгин. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 23 с.

В методических указаниях приводятся описание самостоятельных работ и соответствующие теоретические сведения, необходимые для их выполнения

Предназначены для студентов 1 курса магистратуры, обучающихся по направлению 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», профиль «Материалы и устройства функциональной электроники»

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле «СР\_11.04.04\_МиУФЭ\_НМиОС\_2021.pdf».

Табл. 1. Библиогр.: 3 назв.

УДК 621.362

ББК 22.379

**Рецензент** – В.В. Ожерельев, канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры технологии сварочного производства и диагностики ВГТУ

*Рекомендовано методическим семинаром кафедры ФТТ и методической комиссией ФРТЭ Воронежского государственного технического университета в качестве методических материалов*

## Введение

Для полного овладения знаниями и умениями обучающемуся необходимо в течение учебного процесса заниматься внеаудиторной самостоятельной работой.

Цель внеаудиторной самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирование общих и профессиональных компетенций;
- развитие исследовательских умений.

Методические указания к выполнению самостоятельных работ по дисциплине «Нано- микро- и оптомеханические системы» предназначены для студентов 1 курса направления подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль «Материалы и устройства функциональной электроники». Задания составлены на основе рабочей программы дисциплины.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Перед выполнением обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает цель задания, его содержание, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания.

## 1. Перечень видов самостоятельных работ по дисциплине «Нано- микро- и оптомеханические системы»

При изучении дисциплины «Нано- микро- и оптомеханические системы» предусматриваются следующие виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме;
- составление конспекта по теме;
- подготовка к практическим занятиям и защите отчетов;
- подготовка к контрольной работе в форме тестирования;
- подготовка к зачету.

Задания для внеаудиторной самостоятельной работы рассчитаны на 54 часа.

Таблица 1 - Перечень самостоятельных работ по дисциплине

№	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание; вид самостоятельной работы	Форма контроля	Зачетные единицы (часы)
3 семестр			
	Раздел 1. Введение в дисциплину «Нано-микро и оптомеханические системы».		
1	Тема. Цели и задачи курса «Нано- микро и оптомеханические системы». Основные понятия и термины. Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме	фронтальный опрос	8
	Раздел 2. Объекты нано-, микро- и оптомеханической техники.		
2	Тема 2.1. Параметры и характеристики нано-, микро- и оптосистем. Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме	фронтальный опрос	4

3	Тема 2.2. Классификация нано-, микро- и оптомеханических систем. Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме	фронтальный опрос	4
	Раздел 3. Технологические основы изготовления нано- микро и оптомеханических систем.		
4	Тема 3.1. Технологические основы изготовления наномеханических систем. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	2
5	Тема 3.2. Технологические основы изготовления микромеханических систем. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	2
6	Тема 3.3. Технологические основы изготовления оптомеханических систем. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	4
	Раздел 4. Наномеханические системы.		
7	Тема 4.1. Наноманипуляторы. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	6
8	Тема 4.2. Наномеханические резонаторы. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	4
	Раздел 5. Микромеханические системы.		
9	Тема 5.1. Конструкции и принципы работы микромеханических приборов. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	4
10	Тема 5.2. Элементная база микромеханических приборов. Вид самостоятельной работы: подготовка к контрольной работе в форме тестирования	тест	2
11	Тема 5.3. Динамика чувствительных элементов микромеханических приборов. Вид самостоятельной работы: составление конспекта по теме	оценка конспекта выполненного по теме, изучаемой самостоятельно	2

12	Тема 5.4. Измерительные свойства микро-механических приборов. Вид самостоятельной работы: составление конспекта по теме	оценка конспекта выполненного по теме, изучаемой самостоятельно	2
	Раздел 6. Оптомеханические системы.		
13	Тема 6.1. Оптоэлектромеханические компоненты. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	4
14	Тема 6.2. Оптомеханические схемы. Вид самостоятельной работы: подготовка к контрольной работе в форме тестирования	тест	4
15	Тема 6.3. Оптомеханические микроприводы движения. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	2
	<b>Итого за 3 семестр</b>		<b>54</b>

## **2. Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов**

### **2.1 Изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по темам**

Лекция является одной из основных форм обучения в вузе. В ходе лекционного курса излагаются научные материалы, отражающие классическое и современное состояние исследований в области изучаемой дисциплины. С целью успешного освоения лекционного материала рекомендуется осуществлять его конспектирование.

Конспект является письменным текстом, в котором кратко и последовательно изложено содержание основного источника информации.

Над конспектами надо систематически работать: перечитывать, выправлять текст, делать дополнения, замечания. Это позволяет основательно и глубоко освоить материал, хорошо подготовиться к сессии, овладеть научными знаниями.

В ходе доработки конспекта углубляются, расширяют и закрепляют знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

Особое место среди видов самостоятельной работы занимает работа с литературой, являющаяся основным методом самостоятельного овладения знаниями.

Перечень и объем литературы, необходимой для изучения дисциплины, определяется рабочей программой учебной дисциплины.

Изучение литературы следует начать с учебника, поскольку учебник - это книга, в которой изложены основы научных знаний по определенному предмету в соответствии с задачами обучения, установленными программой. Предварительное чтение направлено на выявление в тексте незнакомых

терминов и поиск их значения в справочной литературе. Сквозное чтение предполагает прочтение материала от начала до конца. Сквозное чтение литературы из приведенного списка дает возможность обучающемуся сформировать тезаурус основных понятий из изучаемой области и свободно владеть ими. Выборочное чтение имеет целью поиск и отбор материала. В рамках дисциплины выборочное чтение, как способ освоения содержания, должно использоваться при подготовке к практическим занятиям по соответствующим темам.

Аналитическое чтение - это критический разбор текста с последующим его конспектированием. Целью изучающего чтения является глубокое и всестороннее понимание учебной информации. Выбор вида записи зависит от характера изучаемого материала и целей работы с ним.

Для контроля самостоятельной работы студента с лекционным материалом и литературой по теме используется фронтальный опрос.

Фронтальный опрос наиболее распространенный метод контроля знаний учащихся, вариант текущей проверки, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для изучения индивидуальных возможностей усвоения учащимися учебного материала.

Фронтальный и индивидуальный опросы проводятся во время аудиторных занятий в форме беседы преподавателя с группой.

Критериями оценки фронтального опроса являются:

-полнота - количество знаний об изучаемом объекте, входящих в программу изучения данной дисциплины;

-глубина - совокупность осознанных знаний об объекте;

-конкретность - умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний (доказать на примерах основные положения);

-системность - представление знаний об объекте в системе, с выделением структурных ее элементов, расположенных в логической последовательности;

-развернутость - способность развернуть знания в ряд последовательных шагов;

-осознанность - понимание связей между знаниями, умение выделить существенные и несущественные связи, познание способов и принципов получения знаний.

- грамотность.

Оценка «Отлично» ставится, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос; показана совокупность осознанных знаний об объекте изучения, доказательно раскрыты основные положения (свободно оперирует понятиями, терминами, персоналиями и др.); в ответе отслеживается четкая структура, выстроенная в логической последовательности; ответ изложен литературным грамотным языком; на возникшие вопросы преподавателя студент давал четкие, конкретные ответы, показывая умение выделять существенные и несущественные моменты материала.

Оценка «Хорошо» ставится, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделять существенные и несущественные моменты материала; ответ четко структурирован, выстроен в логической последовательности, изложен литературным грамотным языком; однако были допущены неточности в определении понятий, персоналий, терминов, дат и др.

Оценка «Удовлетворительно» ставится, если дан неполный ответ на поставленный вопрос, логика и последовательность изложения имеют некоторые нарушения, допущены несущественные ошибки в изложении теоретического материала и употреблении терминов, персоналий; в ответе не присутствуют доказательные выводы; сформированность умений показана слабо, речь неграмотная.

Оценка «Неудовлетворительно» ставится, если дан неполный ответ на поставленный вопрос, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения, допущены существенные ошибки в теоретическом материале (фактах, понятиях, персоналиях); в ответе отсутствуют выводы, сформированность умений не показана, речь неграмотная.

## 2.2 Составление конспекта по теме

Конспект - связное, сжатое изложение самого главного, основного в изучаемом материале. Конспект – итог логического анализа текста; внимание в нем сосредоточено на самом существенном, в кратких обобщенных формулировках приведены ключевые смысловые положения нормативного документа. Эти важнейшие смысловые положения представляют собой основные системообразующие мысли, идеи, пояснения, обоснования, требования и др., формирующие смысловое ядро нормативного документа, выраженные в виде кратких положений – тезисов.

Тезисы формулируют в отвлеченных выражениях (в форме утверждения, умозаключения, отрицания), причем в каждом положении содержится одна мысль. Каждое утверждение должно быть кратким, ёмким и обоснованным.

Правильно составленные тезисы вытекают один из другого. Не стремитесь рассмотреть в тезисах решение проблемы: тезисы – это аналитический труд по выбранной теме.

Конспектирование, как вид познавательной деятельности:

- способствует глубокому пониманию и прочному усвоению изучаемого материала;
- помогает выработке умений и навыков правильного, грамотного изложения в письменной форме теоретических и практических вопросов;
- формирует умения ясно излагать чужие мысли своими словами;
- обучает перерабатывать любую информацию, придавая ей иной вид, тип, форму;
- формирует умение создавать модель (понятийную или структурную) объекта изучения (проблемы, исследования, документального источника).

Основные требования к написанию конспекта: системность и логичность изложения материала, краткость, убедительность и доказательность.

При составлении конспекта необходимо избегать многословия, излишнего цитирования, стремления сохранить систематическую особенность текста в ущерб его логике.

Общий алгоритм конспектирования.

1 Прочитайте текст, отметьте в нем новые слова, непонятные места, имена, даты; составьте перечень основных мыслей, содержащихся в тексте, и простой план, который поможет группировать материал в соответствии с логикой изложения.

2 Посмотрите в словаре значения новых непонятных слов, выпишите их в тетрадь или словарь в конце тетради.

3 Вторично прочитайте текст, одновременно записывайте основные мысли автора. Запись ведется своими словами. Важно стремиться к краткости, пользоваться правилами записи текста.

4 Прочитайте конспект еще раз, доработайте его.

Выполненная работа оценивается следующим образом:

Оценка «отлично» ставится, если:

- соблюдена логика изложения вопроса темы;
- материал изложен в полном объеме;
- выделены ключевые моменты вопроса;
- материал изложен понятным языком;
- формулы написаны четко и с пояснениями;
- схемы, таблицы, графики, рисунки снабжены пояснениями, выполнены в соответствии с предъявляемыми требованиями;
- к ним даны все необходимые пояснения;
- приведены примеры, иллюстрирующие ключевые моменты темы.

Оценка «хорошо» ставится, если:

- не соблюден литературный стиль изложения,
- неясно и нечетко изложен материал,
- иллюстрационные примеры приведены не в полном объеме.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если:

- не соблюден литературный стиль изложения,
- неясно и нечетко изложен материал,

- иллюстрационные примеры приведены не в полном объеме.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если:

- конспект составлен небрежно и неграмотно,
- имеются нарушения логики изложения материала темы,
- не приведены иллюстрационные примеры,
- не выделены ключевые моменты темы.

### **2.3 Подготовка к практическим занятиям и защите отчетов**

Практическое занятие – одна из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении студентами под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности

Целью практического занятия является привитие умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачами практических занятий являются:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Подготовку к каждому практическому занятию необходимо начинать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изуче-

ния обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения дисциплины.

Результат такой работы должен проявиться в способности свободно ответить на теоретические вопросы практикума, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания и контрольные работы.

В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала.

Критерии оценки учебных действий студентов по решению учебно-профессиональных задач на практических занятиях:

Оценка «отлично» выставляется, если студент активно работает в течение всего практического занятия, дает полные ответы на вопросы преподавателя в соответствии с планом практического занятия и показывает при этом глубокое овладение лекционным материалом, способен выразить собственное отношение по данной проблеме, проявляет умение самостоятельно и аргументированно излагать материал, анализировать явления и факты со ссылками на соответствующие нормативные документы, делать самостоятельные обобщения и выводы, заключения, рекомендации, правильно выполняет все этапы практического задания.

Оценка «хорошо» выставляется при условии соблюдения следующих требований: студент активно работает в течение

практического занятия, вопросы освещены полно, изложение материала логическое, обоснованное фактами, со ссылками на соответствующие нормативные документы и литературные источники, освещение вопросов завершено выводами, студент обнаружил умение анализировать факты и события, а также выполнять учебные задания. Но в ответах допущены неточности, некоторые незначительные ошибки, имеет место недостаточная аргументированность при изложении материала, недостаточно четко сделаны обобщение и выводы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется в том случае, когда студент в целом овладел сутью вопросов по данной теме, обнаруживает знание лекционного материала и учебной литературы, пытается анализировать факты и события, делать выводы и решать задачи. Но на занятии ведет себя пассивно, отвечает только по вызову преподавателя, дает неполные ответы на вопросы, допускает грубые ошибки при освещении теоретического материала, не может обобщить и сделать четкие логические выводы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, когда студент обнаружил несостоятельность осветить вопросы или вопросы освещены неправильно, бессистемно, с грубыми ошибками, отсутствует понимание основной сути вопросов, не сделаны выводы и обобщения, обнаружено неумение решать учебные задачи.

#### **2.4. Подготовка к контрольной работе в форме тестирования**

Под тестом понимают задание, в котором присутствует вопрос, на который имеется эталон правильного ответа. В закрытых тестах вместе с вопросом предъявляются несколько ответов, среди которых имеется правильный ответ. В открытых тестах студент сам формулирует ответ, а преподаватель сравнивает его с эталоном правильного ответа.

Для подготовки к тестированию студент должен еще раз повторить пройденный материал, основные понятия, термины,

обратиться к наиболее сложным для него разделам дисциплины. Тестирование проводится по окончании изучения раздела или дисциплины после рассмотрения на занятиях теоретических и практических вопросов и ознакомления студентов с тестами.

При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

- проработать информационный материал по дисциплине, предварительно проконсультироваться с ведущим преподавателем по вопросам выбора учебной литературы;

- ознакомиться с условиями тестирования: количество тестовых заданий, количество времени на выполнение тестов, система оценки результатов.

Приступая к работе с тестами, внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов. Выбрать правильные (их может быть несколько). Обязательно оставить время для проверки ответов, чтобы избежать возможных ошибок.

Тестирование может проводиться как посменно, так и с применением электронно-информационной образовательной среды и включать в себя тестовые задания различных типов.

Критерии оценки теста:

Оценка «Отлично» ставится, если обучающимся дано более 85 % верных ответов.

Оценка «Хорошо» ставится, если обучающимся дано от 75-84 % верных ответов.

Оценка «Удовлетворительно» ставится, если обучающимся дано от 65 до 74% верных ответов.

Оценка «Неудовлетворительно» ставится, если обучающийся верно ответил на менее 64% заданных вопросов.

## 2.5. Подготовка к промежуточной аттестации (зачету)

Промежуточная аттестация по дисциплине направлена на проверку конкретных результатов обучения, выявление степени овладения обучающимися системой знаний, умений и навыков, компетенций, полученных в процессе изучения дисциплины.

Студенты сдают зачет в конце теоретического обучения. К зачету допускается студент, выполнивший в полном объеме задания, предусмотренные в рабочей программе. В случае пропуска каких-либо видов учебных занятий по уважительным или неуважительным причинам студент самостоятельно выполняет и сдает на проверку в письменном виде общие или индивидуальные задания, определяемые преподавателем.

В период подготовки к промежуточной аттестации обучающиеся вновь обращаются к пройденному материалу. При этом они не только закрепляют полученные знания, но и получают новые. Подготовка обучающихся к зачету включает в себя три этапа:

- самостоятельная работа в течении семестра;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие промежуточной аттестации;
- подготовка к ответу на вопросы, содержащиеся в билетах.

Литература для подготовки представлена в рабочей программе дисциплины. Для полноты учебной информации и ее сравнения лучше использовать не менее двух источников учебной литературы. Обучающийся в праве сам придерживаться любой из представленных в учебной литературе точек зрения по спорной проблеме (в том числе отличной от преподавателя), но при условии достаточной научной аргументации. Основным источником подготовки к зачету является конспект лекций, где учебный материал дается в систематизированном виде, основные положения его детализируются, подкрепляют-

ся современными фактами и информацией, которые в силу новизны не вошли в опубликованные печатные источники.

В ходе подготовки к зачету необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем. Если в процессе подготовки к зачету во время самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у обучающегося возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах обучающийся должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самоподготовки.

Зачет по теоретическому курсу проходит в устной или письменной форме (определяется преподавателем) на основе перечня вопросов, которые отражают содержание действующей рабочей программы учебной дисциплины.

Экзаменатору предоставляется право задавать студентам дополнительные вопросы в рамках билета.

При явке на зачет студенты обязаны иметь при себе зачетную книжку, которую они предъявляют экзаменатору в начале зачета.

Вопросы самоподготовки к промежуточной аттестации:

1. Что такое «микросистемная техника»? Основные термины и понятия. Разновидности и типовая структура МЭМС.
2. Элементы и компоненты микросистемной техники.
3. Параметры и характеристики МСТ. Классификация сенсорных компонентов МСТ.
4. Технологические основы производства МСТ.
5. Виды классификация сенсоров.
6. Базовые конструкции элементов микромеханических сенсоров: объемные, мембранные, балочные, струнные.
7. Виды преобразователей: пьезоэлектрические, тензорезистивные, емкостные.

8. Датчики на основе микромеханических преобразователей: давления, расхода, пульсаций, смещения, силы, ускорения, крена, микрогироскопы, микрофоны.

9. Термоэлектрические сенсоры. Терморезистивные, термоэлектрические, термомеханические, пирозэлектрические преобразователи.

10. Датчики: температуры, потока, уровня жидкости, вакуума; термодары, анемометры, болометры, термисторы, кондуктометры.

11. Оптические сенсоры: фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фотосчетчики.

12. Датчики: светового потока (энергетические, спектральные), оптического поглощения, смещения, положения.

13. Магнитоэлектрические сенсоры: индуктивные преобразователи, магниторезисторы, магнитотранзисторы.

14. Датчики магнитного поля.

15. Химические сенсоры: электрохимические, термодаталитические, адсорбционные преобразователи.

16. Датчики состава жидкостей и газов, датчики влажности.

17. Биологические сенсоры.

18. Актюаторы. Микромеханические приводы движения: пьезоэлектрические, емкостные, термомеханические, электромагнитные, пневматические актюаторы. Устройства микросмещения, микропозиционирования, микрозахвата. Микро- и наноманипуляторы. Микроприводы движения на эффекте «памяти формы».

19. Термоактюаторы: микронагреватели, микрохолодильники.

20. Миниатюрные устройства с тепловыми связями.

21. Миниатюрные электрорадиомеханические и оптоэлектромеханические компоненты.

22. Управляемые микроэлектрорадиокомпоненты: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, микроантенны; микроэлектромеханические и микропневматические реле и коммутаторы.

23. Управляемые оптоэлектромеханические микрокомпоненты: резонаторы, зеркала, линзы, затворы, фильтры; оптопереключатели.

24. Микроустройства обработки, хранения и записи информации: оптомеханические и интегрально-оптические схемы, микродиски.

25. Микромеханизмы, микропривод, микромашины.

26. Микромеханизмы: механические зубчатые и фрикционные микропередачи, микрорычаги, муфты.

27. Микросистемы для генерации и преобразования энергии и движения: электростатические и электромагнитные микродвигатели, пьезодвижители, микроэлектрогенераторы, микротурбины.

28. Микросопла, пневматические и оптомеханические микроприводы движения, микроприводы движения на эффекте «памяти формы», «интеллектуальные» конформные поверхности.

29. Микросистемы хранения и рекуперации энергии: микропружины и маховики, микротеплоаккумуляторы.

30. Компоненты технологических микросистем: микроклапаны, микронасосы, микродозаторы, микросмесители, микросепараторы, микротранспортеры, микрореакторы.

31. Микроинструмент: микросхватыватели, микроножи, микроверла, микрозонды.

32. Наномеханические резонаторы.

Уровень качества ответа студента на зачете определяется с использованием следующей системы оценок:

Оценка «зачтено» выставляется обучающему, который:

- прочно усвоил предусмотренный программный материал;

- правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров;

- показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных ис-

точников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов

- без ошибок выполнил практическое задание.

Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной и контрольной работы, систематическая активная работа на практических занятиях.

Оценка «не зачтено» выставляется обучающему, который не справился с более чем половиной вопросов, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем. Целостного представления о взаимосвязях, компонентах, этапах развития культуры у студента нет.

В случае неявки студента на зачет в экзаменационной ведомости делается отметка «не явился».

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 14 баллов.

Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 14 до 20 баллов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Липатов Г.И. Компоненты микросистемной техники [электронный ресурс]: учебное пособие. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2019.
2. Распопов В.Я. Основы построения и применение изделий микросистемной техники: Приложение. «Справочник. Инженерный журнал». – М.: ООО «Издательский дом «Спектр», 2014.
3. Распопов В.Я. Изделия микросистемной техники: Приложение. «Справочник. Инженерный журнал». – М.: ООО «Издательский дом «Спектр», 2014.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 Перечень видов самостоятельных работ по дисциплине «Нано- микро- и оптомеханические системы»	4
2. Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов	7
2.1. Изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по темам	7
2.2. Составления конспекта по теме	10
2.3. Подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	12
2.4. Подготовка к контрольной работе в форме тестирования	14
2.5. Подготовка к промежуточной аттестации (зачету)	16
Список литературы	21

# НАНО- МИКРО- И ОПТОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению самостоятельных работ  
для обучающихся по направлению 11.04.04 «Электроника и  
Нанoeлектроника», профиль «Материалы и устройства функ-  
циональной электроники» очной формы обучения

Составитель:

Калгин Александр Владимирович

В авторской редакции

Подписано к изданию \_\_\_\_\_.

Уч.-изд. л. \_\_\_\_\_.

ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический  
университет" 394026 Воронеж, Московский просп., 14