

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
В.Ф. УТКИНА»

КАФЕДРА МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

по дисциплине

**Б1.В.01 «Микро- и наносенсоры»**

Направление подготовки

11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

ОПОП академической магистратуры

«Микро- и нанoeлектроника»

Квалификация (степень) выпускника – магистр

Форма обучения – очная, очно-заочная

**Оценочные материалы** – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной профессиональной образовательной программы.

**Цель** – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной профессиональной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

**Основная задача** – обеспечить оценку уровня общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

УК-1 – совершенствует процессы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур;

ПК-1.1 – модернизирует существующие и внедряет новые методы и оборудование для измерений параметров наноматериалов и наноструктур;

ПК-1.2 – модернизирует существующие и внедряет новые процессы и оборудование для модификации свойств наноматериалов и наноструктур;

ПК-3.1 – разработка архитектуры изделий "система в корпусе";

ПК-3.2 – расчет, моделирование и трассировка отдельных частей изделий "система в корпусе";

ПК-4.1 – разработка функциональной схемы изделий "система в корпусе";

ПК-4.2 – выбирает материалы и электронные компоненты для конструкции изделий "система в корпусе";

ПК-4.3 – разрабатывает топологию отдельных блоков изделий "система в корпусе".

**Контроль знаний** проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися в ходе выполнения индивидуальных заданий на практических занятиях и лабораторных работах. При оценивании результатов освоения практических занятий и лабораторных работ применяется шкала оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных и практических работ и их тематика определена рабочей программой дисциплины, утвержденной заведующим кафедрой. Результат выполнения каждого индивидуального задания должен соответствовать всем критериям оценки в соответствии с компетенциями, установленными для заданного раздела дисциплины.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением теоретического зачета. Форма проведения зачета – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый должен составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки, схемы и т.п.

#### Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю)

№ п / п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	2	3	4
1	Введение	УК-1; ПК-1.1; ПК-1.2;	зачет

		ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3	
2	Метрологические характеристики датчиков	УК-1; ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3	курсовая работа, лабораторные работы, зачет
3	Наносенсоры на квантовых точках	УК-1; ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3	курсовая работа, лабораторные работы, зачет
4	Нанопровода и углеродные нанотрубки	УК-1; ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3	курсовая работа, лабораторные работы, практические занятия, зачет
5	Ультратонкие пленки, квантовые ямы	УК-1; ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3	курсовая работа, лабораторные работы, зачет
6	Сенсоры на основе микроэлектромеханических (МЭМС) и наноэлектромеханических (НЭМС) систем	УК-1; ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3	курсовая работа, лабораторные работы, практические занятия, зачет
7	Нанобиосенсоры	УК-1; ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3	курсовая работа, практические занятия, зачет
8	Новые технологии в производстве современных микро- и наносенсоров (датчиков)	УК-1; ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3	курсовая работа, практические занятия, зачет

#### **Формы текущего контроля**

Текущий контроль по дисциплине проводится в виде тестовых опросов по отдельным темам дисциплины, проверки заданий, выполняемых самостоятельно, на лабораторных и практических занятиях, а также экспресс – опросов и заданий по лекционным материалам, лабораторным работам и практическим занятиям. Учебные пособия, рекомендуемые для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, содержат необходимый теоретический материал, тестовые задания и вопросы по каждому из разделов дисциплины. Результаты ответов на вопросы тестовых заданий контролируются преподавателем.

#### **Формы промежуточного контроля**

Формой промежуточного контроля по дисциплине является теоретический зачет. К зачету допускаются обучающиеся, полностью выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом и настоящей программой. Форма проведения зачета – устный ответ, по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины.

#### **Критерии оценки компетенций обучающихся и шкалы оценивания**

Формирование у обучающихся во время обучения в семестре указанных выше компетенций на этапах лабораторных занятий, а также самостоятельной работы оценивается по

критериям шкалы оценок: «зачтено» – «не зачтено». Освоение материала дисциплины и контролируемых компетенций обучающегося служит основанием для допуска обучающегося к этапу промежуточной аттестации – теоретическому зачету.

Целью проведения промежуточной аттестации (зачета) является проверка общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретенных студентом при изучении дисциплины «Наносенсоры».

Уровень теоретической подготовки определяется составом приобретенных компетенций, усвоенных им теоретических знаний и методов, а также умением осознанно, эффективно использовать их при решении задач целенаправленного применения различных видов твердотельных микро- и наноструктур для создания современных твердотельных микро- и наносенсоров.

Теоретический зачет организуется и осуществляется, как правило, в форме собеседования. Средством, определяющим содержание собеседования студента с экзаменатором, являются экзаменационный билет, содержание которого определяется ОПОП и Рабочей программой. Экзаменационный билет включает в себя, как правило, два вопроса, один из которых относится к указанным выше теоретическим разделам дисциплины и один – практическому применению твердотельных микро- и наноструктур для создания современных твердотельных микро- и наносенсоров.

Оценке на заключительной стадии теоретического зачета подвергаются устные ответы экзаменуемого на вопросы экзаменационного билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора по критериям шкалы оценок: «зачтено» – «не зачтено».

Применяются следующие критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень усвоения материала, предусмотренного программой;
- умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи;
- полнота, аргументированность, убежденность ответов на вопросы;
- качество ответа (общая композиция, логичность, убежденность, общая эрудиция);
- использование дополнительной литературы при подготовке к этапу промежуточной аттестации.

К оценке уровня знаний и практических умений и навыков рекомендуется предъявлять следующие общие требования.

Оценка «**Зачтено**» выставляется обучающемуся, который показывает полные или достаточно полные и твердые знания программного материала дисциплины, правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых явлений (процессов); правильно, аргументировано отвечает на все вопросы, с приведением примеров; владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данной дисциплины, других изучаемых предметов; делает несущественные ошибки в ответах на дополнительные вопросы.

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

Оценка «**Не зачтено**» выставляется обучающемуся, который демонстрирует отсутствие знаний значительной части программного материала дисциплины (не справился с 50% вопросов и заданий при ответе на вопросы билета), в ответах на дополнительные вопросы допускает существенные и грубые ошибки. Целостного представления о взаимосвязях элементов дисциплины «Наносенсоры» и использования предметной терминологии у обучающегося нет.

Курсовая работа представляется для защиты в форме доклада с мультимедийной презентацией и оценивается по четырехбальной шкале оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», что соответствует шкале «компетенции студента полностью соответствуют требованиям ФГОС ВО», «компетенции студента соответствуют требованиям ФГОС ВО», «компетенции студента в основном соответствуют требованиям ФГОС ВО», «компетенции студента не соответствуют требованиям ФГОС ВО».

К оценке качества выполнения курсовой работы рекомендуется предъявлять следующие общие требования.

**«Отлично»:**

Задание на курсовую работу выполнено полностью. Содержание пояснительной записки соответствует заданной теме, а сама пояснительная записка выполнена в полном соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2001(ИСО 5966-82) «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления»; ГОСТ 2.105-95 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам». Подготовлена презентация в среде MS Office (Open Office), раскрывающая методы и результаты выполнения задания. При защите курсовой работы магистрант демонстрирует глубокие и твердые знания в предметной области, формулирует полные, четкие, логически последовательные, правильные ответы на поставленные вопросы и демонстрирует умение выделять главное и делать выводы.

**«Хорошо»:**

Задание на курсовую работу выполнено полностью. Содержание пояснительной записки в основном соответствует заданной теме, а сама пояснительная записка выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2001(ИСО 5966-82) «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления»; ГОСТ 2.105-95 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам» с некоторыми замечаниями. Подготовлена презентация в среде MS Office (Open Office), в основном раскрывающая методы и результаты выполнения задания. При защите курсовой работы магистрант демонстрирует твердые знания в предметной области, формулирует последовательные, правильные, конкретные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы и демонстрирует умение делать аргументированные выводы.

**«Удовлетворительно»:**

Задание на курсовую работу выполнено полностью. Содержание пояснительной записки в основном соответствует заданной теме, а сама пояснительная записка выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2001(ИСО 5966-82) «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления»; ГОСТ 2.105-95 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам» с существенными замечаниями. Подготовлена презентация в среде MS Office (Open Office), в основном раскрывающая методы и результаты выполнения задания. При защите курсовой работы магистрант демонстрирует удовлетворительные знания в предметной области, понимание сущности обсуждаемых вопросов, формулирует правильные, без грубых ошибок ответы на поставленные вопросы, допускает несущественные ошибки в ответах на дополнительные вопросы и демонстрирует умение делать адекватные выводы.

**«Неудовлетворительно»:**

Задание на курсовую работу не выполнено или выполнено частично. Содержание пояснительной записки не соответствует заданной теме, а пояснительная записка выполнена с грубыми нарушениями ГОСТ 7.32-2001(ИСО 5966-82) «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления» и ГОСТ 2.105-95 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам». Магистрант демонстрирует отсутствие знаний значительной части программного материала дисциплины, непонимание сущности излагаемых вопросов, неумение применять теоретические знания при решении практических задач, отсутствие навыков в обосновании выдвигаемых предложений и принимаемых решений, допускает грубые, принципиальные ошибки в ответах на вопросы.

В случае неудовлетворительной оценки магистранту выдается новая тема курсовой работы. Все перечисленные выше требования и критерии оценки при этом сохраняются. Считается, что магистрант не выполнил график учебного процесса, и к сдаче теоретического зачета он не допускается.

**Типовые контрольные темы, темы курсовой работы и вопросы по дисциплине**

## «Наносенсоры»

**Вопросы к лабораторным занятиям по дисциплине**

<b>Лабораторная работа № 1 «Измерение метрологических характеристик датчиков»</b>	
1	Пределы применимости датчиков
2	Градуировка датчиков. Передаточная характеристика датчика. Линейность
3	Чувствительность датчиков в статическом и динамическом режимах
4	Разрешающая способность.
5	Быстродействие датчиков. Системы 0-го, 1-го и 2-го порядков
6	Частотная характеристика датчиков систем нулевого, первого и второго порядков
7	Погрешности измерений с помощью датчиков
<b>Лабораторная работа № 2 «Терморезистивный анемометр»</b>	
1	Физические принципы измерения скорости и расхода газов и биожидкостей
2	Сравнительная характеристика методов и датчиков скорости, расхода газов и биожидкостей
3	Терморезистивный анемометр. Конструкция, принцип работы. Схемы измерения с постоянным током и постоянной температурой
4	Чашечные и крыльчатые анемометры, анемометры с тормозящей механической пластиной, трубка Пито
5	Ультразвуковые и лазерные анемометры и расходомеры
6	Доплеровские анемометры
7	Ионные и параметрические анемометры
<b>Лабораторная работа № 3 «Пирозлектрический датчик температуры»</b>	
1	Принципы и методы измерения температуры бесконтактным методом
2	Пирозлектрический эффект: физическая сущность, пирозлектрические материалы
3	Метрологические характеристики оптических датчиков температуры
4	Функциональная схема оптического пирометра
5	Болометры. Принципы работы, конструкции
<b>Лабораторная работа № 4 «Акустический датчик»</b>	
1	Акустические термины и единицы
2	Виды акустических датчиков
3	Конденсаторные микрофоны
4	Электретные микрофоны
5	Электродинамические микрофоны
<b>Лабораторная работа № 5 «Тензодатчик»</b>	
1	Основные типы тензорезисторов и их краткая характеристика
2	Природа тензоэффекта в металлах
3	Природа тензоэффекта в полупроводниках
4	Основные метрологические характеристики тензопреобразователей
5	Основные схемы включения тензорезисторов: достоинства и недостатки

**Примерные темы практических занятий**

<b>№</b>	<b>Наименование темы</b>
1	Основные метрологические характеристики датчиков
2	Нанопровода и углеродные нанотрубки
3	Сенсоры на основе микроэлектромеханических (МЭМС) и наноэлектромеханических (НЭМС) систем
4	Обработка информации в биодатчиках. Основные свойства биосенсоров
5	Новые технологии в производстве современных микро- и наносенсоров (датчиков)

**Типовые темы курсовой работы**

<b>№</b>	<b>Наименование темы</b>
1	Конструктивная и схемотехническая реализация терморезистивного микро(нано)сенсора
2	Конструктивная и схемотехническая реализация термоэлектрического микро(нано)сенсора
3	Конструктивная и схемотехническая реализация пьезоэлектрического термомикро(нано)сенсора
4	Конструктивная и схемотехническая реализация пироэлектрического термомикро(нано)сенсора
5	Конструктивная и схемотехническая реализация полупроводникового термомикро(нано)сенсора
6	Конструктивная и схемотехническая реализация емкостного микро(нано)сенсора давления
7	Конструктивная и схемотехническая реализация пьезоэлектрического микро(нано)сенсора давления
8	Конструктивная и схемотехническая реализация пьезорезистивного (тензо)микро(нано)сенсора давления
9	Конструктивная и схемотехническая реализация емкостного микро(нано)акселерометра
10	Конструктивная и схемотехническая реализация пьезорезистивных микро(нано)акселерометра
11	Конструктивная и схемотехническая реализация термомикро(нано)акселерометра
12	Конструктивная и схемотехническая реализация акустических микро(нано)сенсоров
13	Конструктивная и схемотехническая реализация микрорасходомера
14	Конструктивная и схемотехническая реализация газового микро(нано)сенсора
15	Конструктивная и схемотехническая реализация микро(нано)сенсора для генной диагностики
16	Конструктивная и схемотехническая реализация комбинированного микро(нано)сенсора («лаборатория на чипе»)
17	Конструктивная и схемотехническая реализация оптического микро(нано)сенсора
18	Конструктивная и схемотехническая реализация тактильного микро(нано)сенсора
19	Конструктивная и схемотехническая реализация инерционных микро(нано)сенсора для систем навигации
20	Конструктивная и схемотехническая реализация микро(нано)сенсора магнитного поля на эффекте гигантского магнитосопротивления

**Вопросы к теоретическому зачету**

<b>Тема 1 «Введение»</b>	
1.1	Нанотехнологии в технике датчиков измерительных систем. Последние достижения и разработки
1.2	Современное состояние рынка микро- и наносенсоров (датчиков), тенденции и перспективы его развития
1.3	Требования, предъявляемые к современным микро- и наносенсорам (датчикам)
1.4	Основные физические принципы и законы, лежащие в основе работы микро и наносенсоров
1.5	Особенности применения микро- и наносенсоров в технике и биомедицине. Вопросы безопасности и жизненного цикла
<b>Тема 2 «Метрологические характеристики датчиков»</b>	
2.1	Определение датчика – первичного измерительного преобразователя (ПИП). Основные

	элементы датчиков. Технические и биологические системы
2.2	Пределы применяемости датчиков. Градуировка датчиков
2.3	Характеристики датчиков в статическом режиме. Чувствительность датчиков в статическом режиме. Разрешающая способность. «Мертвая» зона. Линейность
2.4	Характеристики датчиков в динамическом режиме. Передаточная, переходная функции. Системы 0-го, 1-го и 2-го порядков. Примеры датчиков систем 0-го, 1-го и 2-го порядков
2.5	Характеристики датчиков в динамическом режиме. Частотная характеристика датчиков систем нулевого, первого и второго порядков
2.6	Быстродействие: время установления для систем нулевого, первого и второго порядков
2.7	Погрешности измерений с помощью датчиков
<b>Тема 3 «Наносенсоры на квантовых точках»</b>	
3.1	Квантовые точки: определение квантовой точки
3.2	Методы изготовления квантовых точек
3.3	Применение квантовых точек, в том числе в качестве биомаркеров и биосенсоров
<b>Тема 4 «Нанопровода и углеродные нанотрубки»</b>	
4.1	Физические свойства и особенности нанопроводов и углеродных нанотрубок
4.2	Синтез углеродных нанотрубок
4.3	Изготовление отдельных нанопроводов и их массивов
4.4	Принципы работы сенсоров на основе индивидуальных и случайного массива углеродных нанотрубок
<b>Тема 5 «Ультратонкие пленки, квантовые ямы»</b>	
5.1	Физические свойства и особенности технологии получения ультратонких пленок
5.2	Применение мембранных наноструктур оксидов металлов и полимерных наноструктур в газовых сенсорах
5.3	Хемочувствительные полупроводниковые структуры
<b>Тема 6 «Сенсоры на основе микроэлектромеханических (МЭМС) и наномеханических (НЭМС) систем»</b>	
6.1	МЭМС и НЭМС
6.2	Нановесы
6.3	Лаборатория "на чипе"
<b>Тема 7 «Нанобиосенсоры»</b>	
7.1	Обработка информации в биодатчиках
7.2	Основные свойства биосенсоров
7.3	Тканевые, клеточные, ферментативные и другие виды биосенсоров
7.4	Микро и нанобиодатчики
<b>Тема 8 «Новые технологии в производстве современных микро- и наносенсоров (датчиков)»</b>	
8.1	Новые технологии в производстве современных микро- и наносенсоров
8.2	Технология «кремний на сапфире» (КНС)
8.3	Технология МОП структур с иммобилизованными тканевыми, ферментативными и клеточными затворами (биосенсоры)
8.4	Методы иммобилизации
8.5	Поверхностная и объемная микрообработка
8.6	Технология микромеханических (МЭМС) и наномеханических (НЭМС) структур
8.7	Комбинирование и интеграция (системы на чипе)
8.8	Технология диэлектрических, ионоселективных мембран
8.9	Усовершенствование технологий: увеличение производительности, групповое изготовление, снижение вреда для окружающей среды
8.10	Миниатюризация (портативность, прочность, низкое потребление энергии, простота внедрения, обслуживания и замены)

<b>Тема 9 «Заключение»</b>	
9.1	«Дорожные карты» развития микро- наносенсоров. Рынок, основные игроки и тенденции развития

Составил  
к.т.н., доцент кафедры микро- и нанoeлектроники

Вишняков Н.В.

Зав. кафедрой микро- и нанoeлектроники  
д.ф.-м.н., доцент

Литвинов В.Г.