

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Сенсоры МЭМС, НЭМС и биосенсоры**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Макаров П.Г.
Идентификатор	R9a51899a-MakarovPG-4f257daf	

П.Г. Макаров

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Макаров П.Г.
Идентификатор	R9a51899a-MakarovPG-4f257daf	

П.Г.  
Макаров

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1	

Ю.Ю.  
Пузина

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы в элементах энергетического оборудования

ИД-4 Знаком с особенностями технологических процессов, протекающих в элементах энергетического оборудования специального назначения.

2. ПК-3 Готов самостоятельно определять направление и характер проводимых исследований, учитывать современные тенденции развития наноразмерных систем и устройств

ИД-1 Владеет способами решения физико-технических и инженерных проблем в современных наноразмерных системах и устройствах

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Биосенсоры МЭМС. Микрофлюидика (Контрольная работа)
2. Газовые сенсоры (Контрольная работа)
3. Оптические биодатчики (Расчетно-графическая работа)
4. Тканевая инженерия и биоматериалы (Контрольная работа)
5. Электрохимические биодатчики (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

### 2 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Газовые сенсоры (Контрольная работа)  
КМ-2 Биосенсоры МЭМС. Микрофлюидика (Контрольная работа)  
КМ-3 Электрохимические биодатчики (Контрольная работа)  
КМ-4 Оптические биодатчики (Расчетно-графическая работа)  
КМ-5 Тканевая инженерия и биоматериалы (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	11	13	15

Основы МЭМС. Преобразователи физических величин					
Основы МЭМС. Преобразователи физических величин	+				
Химические и биомедицинские сенсоры					
Химические и биомедицинские сенсоры		+			
Биосенсоры и МЭМС. Микрофлюидика					
Биосенсоры и МЭМС. Микрофлюидика			+	+	
Основы сенсоров					
Основы сенсоров					+
Перспективы развития наносенсоров					
Перспективы развития наносенсоров		+			+
Вес КМ:	15	20	25	20	20

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Знаком с особенностями технологических процессов, протекающих в элементах энергетического оборудования специального назначения.	Знать: основные типы и элементы нано- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о принципах функционирования, конструкциями и технологиями	КМ-1 Газовые сенсоры (Контрольная работа) КМ-3 Электрохимические биодатчики (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Владеет способами решения физико-технических и инженерных проблем в современных наноразмерных системах и устройствах	Знать: основные методы получения и обработки элементов нано- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ Уметь: выполнять научные исследования в области проектирования и создания МЭМС и НЭМС	КМ-2 Биосенсоры МЭМС. Микрофлюидика (Контрольная работа) КМ-4 Оптические биодатчики (Расчетно-графическая работа) КМ-5 Тканевая инженерия и биоматериалы (Контрольная работа)

		самостоятельно разбираться в методиках исследования элементов устройств и уметь применять их для решения поставленной задачи	
--	--	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Газовые сенсоры

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на поставленный вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные типы и элементы нано- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ	1. Газовые сенсоры. Структуры на основе микронагревательных плит. 2. Проблемы чувствительности, селективности и дрейфа. 3. Чувствительность к ионам водорода. 4. Применение ионочувствительных полевых транзисторов (ISFET). 5. Материалы и принципы преобразования (потенциометрические, амперометрические, термические, оптические, гравиметрические). 6. Диагностические системы. Системы направленной доставки лекарств. 7. Разработка тканей. Терапия и хирургические устройства с минимальным воздействием. 8. Электрофоретическая сепарация. Гибридизация.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

## КМ-2. Биосенсоры МЭМС. Микрофлюидика

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на поставленный вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные методы получения и обработки элементов нано- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ	1.Биомедицинская наноинженерия. 2.Тканевая инженерия и биоматериалы. 3.Медицинская визуализация. 4.Нейропротезирование. 5.Биосенсоры МЭМС. 6.Микрофлюидика. Размерности и масштабы.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

## КМ-3. Электрохимические биодатчики

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на поставленный вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о принципах функционирования, конструкциями и технологиями	1. Биосенсоры. Определения. Биорецепторы. Преобразователи. 2. Иммунологический анализ. 3. Взаимодействия антиген-антитело. 4. Микрофлюидные чипы для иммуноанализа. 5. Электрохимические биодатчики. 6. Потенциометрические и амперометрические биодатчики. Области применения.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-4. Оптические биодатчики**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа.

**Краткое содержание задания:**

Разработка принципиальной электрической схемы прототипа биосенсора

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: выполнять научные исследования в области проектирования и создания МЭМС и НЭМС	1. Разработка принципиальной электрической схемы прототипа биосенсора на базе SMD компонентов (варьируются: - преобразователь физических величин (термический, электростатический, электромагнитный, пьезоэлектрический);

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	<p>- тип чувствительного элемента и способ его установки в устройство (диафрагма, консоль, многоэлементный подвес).</p> <p>2.Расчет параметров чувствительности МЭМС сенсора (варьируются:</p> <p>- преобразователь физических величин (термический, электростатический, электромагнитный, пьезоэлектрический);</p> <p>- тип чувствительного элемента и способ его установки в устройство (диафрагма, консоль, многоэлементный подвес).</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

**КМ-5. Тканевая инженерия и биоматериалы**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на поставленный вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
<p>Уметь: самостоятельно разбираться в методиках исследования элементов устройств и уметь применять их для решения поставленной задачи</p>	<p>1.Разработка тканей. Терапия и хирургические устройства с минимальным воздействием.</p> <p>2.Тканевая инженерия и биоматериалы.</p> <p>3.Медицинская визуализация.</p> <p>4.Нейропротезирование.</p> <p>5.Биосенсоры МЭМС.</p>

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	6.Оптические биодатчики. 7.Электрохимические биодатчики. 8.Микрофлюидные чипы для иммуноанализа.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Преобразователи физических величин.
2. Поверхностная и объемная микрообработка. Усовершенствование технологий. Интеграция (системы на чипе), повышение точности (увеличение производительности).

### Процедура проведения

Экзамен проводится по билетам и предполагает ответ студента на поставленные вопросы. К началу зачета с оценкой преподаватель подготавливает следующие документы:

- экзаменационные билеты;
- наглядные пособия, материалы справочного характера, нормативные документы и образцы техники, разрешенные к использованию на экзамене;

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ПК-1</sub> Знаком с особенностями технологических процессов, протекающих в элементах энергетического оборудования специального назначения.

### Вопросы, задания

1. Химические сенсоры. Принципы работы. Конфигурации. Свойства.
2. Тканевая инженерия и биоматериалы.
3. Газовые сенсоры. Структуры на основе микронагревательных плит.
4. Электрохимические биодатчики.
5. Проблемы чувствительности, селективности и дрейфа.
6. Нейропротезирование.
7. Чувствительность к ионам водорода.
8. Микрофлюидика. Размерности и масштабы.
9. Применение ионочувствительных полевых транзисторов (ISFET).
10. Электрофоретическая сепарация. Гибридизация.
11. Материалы и принципы преобразования (потенциометрические, амперометрические, термические, оптические, гравиметрические).
12. Методы управления потоками жидкости. Ламинарные потоки. Диффузия. Смешивание.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Преобразователи физических величин.
2. Разработка тканей. Терапия и хирургические устройства с минимальным воздействием.
3. Флуоресцентные методы.
4. Медицинская визуализация.
5. Микрофлюидика. Размерности и масштабы.
6. Иммунизация биологических компонентов. Иммунологический анализ.
7. Электрохимические биодатчики.
8. Потенциометрические и амперометрические биодатчики. Области применения.
9. Оптические биодатчики. Флуоресценция. Хемилюминесценция. Колориметрический анализ уровня глюкозы.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-3 Владеет способами решения физико-технических и инженерных проблем в современных наноразмерных системах и устройствах

### **Вопросы, задания**

- 1.Преобразователи физических величин.
- 2.Поверхностная и объемная микрообработка. Усовершенствование технологий. Интеграция (системы на чипе), повышение точности (увеличение производительности).
- 3.Принципы работы сенсоров. Физические принципы их действия
- 4.Микрочипы на основе электрохемилюминесценции. Массочувствительные детекторы.
- 5.Конфигурации сенсоров. Свойства отдельных элементов сенсоров.
- 6.Оптические биодатчики. Флуоресценция. Хемилюминесценция. Колориметрический анализ уровня глюкозы.
- 7.МЭМС и НЭМС. Прикладные задачи МЭМС.
- 8.Датчики уровня кислорода и глюкозы в крови.
- 9.Процессы биораспознавания и иммобилизации. ISFET, ENFET (Enzyme Field-Effect Transistor – ферментный полевой транзистор), IMFET (Internally Matched Field Effect Transistor – внутренне согласованный полевой транзистор).
- 10.Микрофлюидные устройства и системы. Вентили. Поверхностное натяжение. Двухфазные потоки.
- 11.Диагностические системы. Системы направленной доставки лекарств.
- 12.Иммобилизация биологических компонентов. Иммунологический анализ.
- 13.Разработка тканей. Терапия и хирургические устройства с минимальным воздействием.
- 14.Микрофлюидные чипы для иммуноанализа.
- 15.Флуоресцентные методы.
- 16.Рестрикционное расщепление. Электрофоретическая сепарация. Гибридизация.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

- 1.Принципы работы сенсоров. Физические принципы их действия
- 2.МЭМС и НЭМС. Прикладные задачи МЭМС.
- 3.Газовые сенсоры. Структуры на основе микронагревательных плит.
- 4.Применение ионочувствительных полевых транзисторов (ISFET).
- 5.Электрофоретическая сепарация. Гибридизация.
- 6.Тканевая инженерия и биоматериалы.
- 7.Биосенсоры МЭМС.

### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно*

***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***