

**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  
Проблемы и теплофизические процессы в наноэнергетике**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Михайлова И.А.
	Идентификатор	R6487a0ab-MikhailovaIA-f37cba00

И.А.  
Михайлова

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaae29

А.С.  
Дмитриев

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-2 Способен применять расчетно-теоретические и экспериментальные методы исследования электромагнитных и теплофизических процессов в низкоразмерных устройствах и материалах

ИД-1 Владеет основными методами и подходами, применяемыми при анализе работы наноразмерных систем

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

ИД-3 Способен проводить комплексный анализ наноразмерных систем и устройств как части энергетической системы

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Наноматериалы и нанотехнологии для систем и оборудования трансформации и передачи электрической энергии (Коллоквиум)

Форма реализации: Письменная работа

1. Наноэнергетика (Реферат)

Форма реализации: Устная форма

1. Материаловедческие проблемы энергетики (Коллоквиум)
2. Нанотехнологии в новых энергетических системах (Коллоквиум)
3. Основы наноэнергетики (Коллоквиум)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	7	10	13	16
Энергия и энергетика – основа современной и будущей цивилизации						
Энергия и энергетика – основа современной и будущей цивилизации	+				+	
Научно-технические аспекты традиционной энергетики и основные проблемы. Тепловая энергетика. Гидроэнергетика. Атомная энергетика						

Технологии теплоэнергетики			+		
Гидроэнергетика			+		
Атомная энергетика. Схема работы и оборудование атомных электростанций			+		
Технологии нетрадиционной энергетики. Возобновляемые источники энергии. Солнечная энергетика. Ветроэнергетика. Геотермальная энергетика. Биоэнергетические установки					
Солнечная энергетика	+	+	+		+
Ветроэнергетика	+	+	+		+
Геотермальная энергетика	+	+	+		+
Биоэнергетические установки	+	+	+		+
Топливные элементы	+	+	+		+
Водородная энергетика	+	+	+	+	+
Ядерная энергетика	+	+	+		+
Аккумуляция электрической энергии	+	+	+		+
Основы наноэнергетики. Пространственные и временные масштабы явлений и процессов					
Основы наноэнергетики			+		
Пространственные и временные масштабы явлений и процессов.			+		
Наноматериалы для атомной энергетики: для элементов ядерных реакторов, нанодатчики, наночувствительные элементы					
Наноматериалы для атомной энергетики	+	+			+
Нанотехнологии для систем хранения электроэнергии. Суперконденсаторы и нанотрубки. Электрохимические конденсаторы и литий-ионные батареи на основе нанопроволок					
Нанотехнологии для систем хранения электроэнергии. Суперконденсаторы и нанотрубки. Электрохимические конденсаторы и литий-ионные батареи на основе нанопроволок			+		+
Нанотехнологии для водородной энергетики					
Нанокристаллические или наномасштабные металлогидриды				+	
Наноматериалы для хранения водорода				+	
Наноматериалы для совершенствования технологии топливных и конструктивных элементов					

Нanomатериалы для совершенствования технологии топливных и конструкционных элементов			+		+
Нanomатериалы для солнечной и ветровой энергетики					
Нanomатериалы для солнечной и ветровой энергетики		+			+
Нанотехнологии для систем трансформации и передачи энергии. Проблемы энергосбережения и энергоэффективности					
Нанотехнологии для систем трансформации и передачи энергии. Проблемы энергосбережения и энергоэффективности		+	+		
Вес КМ:	15	15	15	15	40

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## 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-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Владеет основными методами и подходами, применяемыми при анализе работы наноразмерных систем	<p>Знать:</p> <p>технологии управления свойствами материалов направленным изменением их структуры для решения задач создания новых конструкционных материалов для устройств, оборудования и аппаратов в энергетике и энергетическом машиностроении</p> <p>методы определения параметров работы энергетического оборудования</p> <p>Уметь:</p> <p>определять перспективные направления исследований и разработок в области нанотехнологий и наноматериалов применительно к энергетике, разрабатывать практические</p>	<p>Нанотехнологии в новых энергетических системах (Коллоквиум)</p> <p>Наноматериалы и нанотехнологии для систем и оборудования трансформации и передачи электрической энергии (Коллоквиум)</p> <p>Наноэнергетика (Реферат)</p>

		рекомендации по использованию результатов научных исследований	
ПК-3	ИД-3 <sub>ПК-3</sub> Способен проводить комплексный анализ наноразмерных систем и устройств как части энергетической системы	Знать: современные достижения науки и техники в области функциональных наноматериалов для энергетики Уметь: проводить оценку параметров и расчет эффективности наноразмерных систем и устройств как части энергетической системы	Материаловедческие проблемы энергетики (Коллоквиум) Основы наноэнергетики (Коллоквиум)

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

### КМ-1. Материаловедческие проблемы энергетики

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Из выданного списка вопросов по теме необходимо выбрать два вопроса и дать развернутый ответ, ответить на дополнительные вопросы

#### Краткое содержание задания:

Обсуждение материаловедческих проблем энергетики. Список вопросов для обсуждения прилагается

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: современные достижения науки и техники в области функциональных наноматериалов для энергетики	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Каковы основные цели и тенденции развития современной энергетики?</li><li>2. Назовите традиционные энергетические технологии.</li><li>3. Определите понятия “энергоемкость” и “энергоэффективность”.</li><li>4. Определите и опишите основные эксплуатационные, технологические и экономические требования к конструкционным материалам в энергетике.</li><li>5. Дайте классификацию конструкционных металлических материалов.</li><li>6. Приведите примеры износостойких металлов и сплавов.</li><li>7. Приведите примеры материалов с высокими упругими свойствами для энергетики.</li></ol>
--	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

## **КМ-2. Основы наноэнергетики**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Коллоквиум проводится на контрольной неделе после изучения раздела в форме опроса с билетами в устной форме. Студенты заранее получают темы и вопросы, которые планируется обсудить. Беседа может проходить как индивидуально, так и в групповом формате. В рамках дискуссии студенты дополняют друг друга и задают уточняющие вопросы. При этом можно пользоваться записями и конспектами.

### **Краткое содержание задания:**

Оценка нанотехнологий и наноматериалов в водородной энергетике:

- -новые технологии получения водорода на основе наномембран
- -технологии хранения водорода с использованием наночастиц палладия внутри микросфер
- -способы хранения водорода на основе наноструктурированных металлгидратов и других наноструктур. Примеры, обсуждение физико-химических основ.
- -создание новых систем диффузии водорода с использованием особенностей диффузионных процессов в наноструктурах
- -обеспечение безопасности водородной энергетике на основе хранения и транспортировки водорода в наноструктурированных материалах
- -создание нанофильтров для сепарации и очистки водорода.

### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: проводить оценку параметров и расчет эффективности наноразмерных систем и устройств как части энергетической системы	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Чем обусловлено формирование нового направления энергетики, основанного на нанотехнологиях?</li><li>2. Какие научные задачи решаются в наноэнергетике в настоящее время?</li><li>3. Приведите примеры перспективного применения нанотехнологий в системах преобразования, передачи и хранения энергии; обоснуйте ответ.</li><li>4. Какие факторы влияют на эффективность преобразования энергии?</li><li>5. Возможности нанотехнологий в улучшении существующих систем генерации энергии.</li><li>6. Опишите формирующиеся нанотехнологические подходы к энергосбережению.</li></ol>
---	---

### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*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*

*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

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

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

*Оценка:* 2

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

### **КМ-3. Нанотехнологии в новых энергетических системах**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты заранее получают вопросы по изучаемой теме, которые планируется обсудить. Беседа может проходить как индивидуально, так и в групповом формате. В рамках дискуссии студенты дополняют друг друга и задают уточняющие вопросы. При этом можно пользоваться записями и конспектами. Оценка за коллоквиум учитывается при выставлении финальной оценки за экзамен.

#### **Краткое содержание задания:**

Изучить рекомендованную учебную и научную литературу по системам хранения электрической энергии и последовательно ответить на вопросы:

1. Системы хранения энергии в виде электростатического заряда (физические, электрохимические, суперконденсаторы)
2. Обычные и электролитические конденсаторы
3. Электрохимические суперконденсаторы, основные принципы работы, типы суперконденсаторов.
4. Электрохимические конденсаторы на основе нанотехнологий. Пример - электрохимический конденсатор с двойным электрическим слоем и графеновым анодом.
5. Суперконденсаторы и нанотрубки
6. Электрохимические конденсаторы и литий-ионные батареи на основе нанопроволок

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: технологии управления свойствами материалов направленным изменением их структуры для решения задач создания новых конструкционных материалов для устройств, оборудования и аппаратов в энергетике и энергетическом машиностроении</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Что представляют собой системы хранения электрической энергии (конденсаторы)?</li><li>2. Назовите основные принципы работы, достоинства и недостатки электрохимического суперконденсатора.</li><li>3. Сформулируйте требования к наноматериалам, применяемым в системах хранения энергии.</li><li>4. Основные наноматериалы, перспективные для литий-ионных батарей.</li><li>5. Опишите суперконденсатор на нанотрубках.</li><li>6. Чем отличаются от обычных электрохимические конденсаторы на основе нанопроволок?</li><li>7. В чем трудности создания эффективных систем хранения водорода?</li><li>8. Опишите механизмы адсорбции и десорбции водорода в металлгидридах. Чем отличаются</li></ol>
---	--

	<p>процессы физической и химической адсорбции?</p> <p>9.Какие проблемы надо решить для использования наноструктурированных материалов в качестве хранилищ водорода?</p> <p>10.Каким требованиям должен отвечать материал, используемый для создания систем хранения водорода?</p> <p>11.Какие преимущества дает химическая дестабилизация при дегидрогенизации?</p> <p>12.Влияние катализаторов на кинетику процессов гидрирования и дегидрирования.</p> <p>13.Опишите проблемы теплопроводности в металлгидридах и влияние наномасштабов на их свойства.</p> <p>14.Чем определяется емкость хранения водорода в наноструктурированных материалах?</p> <p>15.Что такое “металлоорганические каркасы” и чем вызван интерес к ним?</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

**КМ-4. Наноматериалы и нанотехнологии для систем и оборудования трансформации и передачи электрической энергии**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают заранее темы и вопросы, которые планируется обсудить, готовят краткий тезисный письменный текст с ответами на два теоретических вопроса, предполагающих короткие ответы. На коллоквиуме обсуждение проходит в групповом формате. В рамках дискуссии студенты дополняют друг друга и задают уточняющие вопросы. При этом можно пользоваться записями и конспектами.

**Краткое содержание задания:**

Изучить рекомендованную учебную и научную литературу по теме совершенствования технологий топливных и конструкционных элементов, подготовить ответы на следующие вопросы:

- -Основные виды современных топливных элементов, характеристика свойств, состояние технологии
- -Пути совершенствования ТЭ: каталитические реакции и наноконденаты, нанокатализаторы и наноматериалы для электродов ТЭ
- -Оптимизация параметров ТЭ с помощью нанотехнологий
- -Современные разработки ТЭ на основе нанотехнологических подходов

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методы определения параметров работы энергетического оборудования</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Что представляют собой топливные элементы? Какие материаловедческие подходы применяются при их создании?</li> <li>2.Охарактеризуйте основные виды топливных элементов.</li> <li>3.Требование к материалам топливных элементов.</li> <li>4.Каковы пути совершенствования топливных элементов с использованием наноматериалов?</li> <li>5.Какие эффективные нанокатализаторы для изменения кинетики реакции могут применяться в топливных элементах?</li> <li>6.Для чего применяют функционализацию углеродных наноструктур для электродов топливных элементов?</li> <li>7.Какие требования предъявляются к материалам для изготовления мембран топливных элементов?</li> <li>8.Опишите перспективы дальнейшего совершенствования топливных элементов на основе нанотехнологий: миниатюрные ТЭ, гибридные ТЭ, ТЭ с графеном и т.д.</li> <li>9.Какие физические явления и эффекты можно использовать при создании наноканалов для преобразования энергии?</li> <li>10.Возможно ли преобразование механических движений в электрическую энергию?</li> <li>11.Опишите принцип работы нанопроволочного пьезоэлектрического генератора</li> <li>12.Каким требованиям должен отвечать материал для его возможного применения в пьезоэлектрическом генераторе?</li> <li>13.Каким образом наноустройствами преобразуются гидродинамические движения? Опишите схему работы устройства на градиенте солёности</li> <li>14.Кратко охарактеризуйте перспективы преобразования тепловой и химической энергии в электрическую энергию</li> </ol>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*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

*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

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

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

*Оценка:* 2

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

### **КМ-5. Наноэнергетика**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Реферат

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В начале семестра до первого КМ выдается задание написать реферат по наноэнергетике. Студентам предлагается список вопросов для проработки темы и примерный план письменной работы

#### **Краткое содержание задания:**

Письменная работа по наноэнергетике должна состоять из двух частей: **теоретическая часть** – не менее 30 страниц (разобраться в теме, осознать, творчески обработать и всесторонне описать аспекты одного из развивающихся направлений наноэнергетики: привести объяснение эффектов, явлений, подходов, технологий, конкретные примеры, перспективы использования в разных областях науки и техники, возможно приведение экономических перспектив и расчетов) и **представление слайд-презентации** (не менее 25 слайдов) по рассматриваемой теме (с рисунками, графиками, диаграммами и необходимыми пояснениями).

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: определять перспективные направления исследований и разработок в области нанотехнологий и наноматериалов применительно к энергетике, разрабатывать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований</p>	<p><b>1. Нанотермоэлектричество</b> (наноматериалы и их применение в термоэлектрических преобразователях энергии). Примерный план: термоэлектрические явления, объяснение эффекта, термоэлектрические свойства материалов, термоэлектрические материалы и преобразователи – конкретные подходы и технологии – например, источники энергии на основе сверхрешетчатой структуры, нанокompозиты, клатраты, перспективные материалы и т.д., термоэлектрические модули, т.е. описание технологических реалий и перспектив; по возможности, отразить в работе экономические перспективы использования новых материалов, а также технологий и приборов на их основе. Термоэлектрические и ядерные батареи для прямого преобразования радиоактивного излучения и теплоты в электричество. Выводы.</p>
--	---

**2. Топливные элементы** (Основные проблемы совершенствования топливных элементов с помощью наноматериалов и нанотехнологий). Примерный подход: топливная ячейка, электрохимический генератор, классификация и описание топливных элементов – принцип действия, реакции, технологии, преимущества, недостатки, применение наноматериалов, нанокатализаторов для электродов топливных элементов – каталитические реакции и наноконпоненты, оптимизация параметров ТЭ с помощью нанотехнологий. Технологические и экономические перспективы.

**3. Системы хранения электрической энергии на основе нанотехнологий** (обычные и электролитические конденсаторы, электрохимические суперконденсаторы – основные принципы работы, электролиты, электроды, типы суперконденсаторов, достоинства и недостатки). Электрохимические конденсаторы на основе нанотехнологий. Суперконденсаторы и нанотрубки. Литий-ионные батареи и электрохимические конденсаторы на основе нанопроволок. Создание аккумуляторов тепловой и электрической энергии. Технологические и экономические перспективы.

**4. Водородная наноэнергетика** (современные представления и подходы к использованию наноматериалов и нанотехнологий в водородной энергетике). Примерный план: Получение водорода, хранение водорода (жидкого, газообразного, в химически связанном состоянии), механизмы гидрирования и дегидрирования, нанокристаллические/наномасштабные металлгидриды, емкость хранения, выбор наноструктурных материалов для хранения H – конкретные технологии и подходы (активные металлы, металлоорганические каркасы, углеродные нанотрубки, графен и т.д.), получение сверхпрочных и сверхлегких конструкционных материалов для создания высокопрочных пористых емкостей для хранения высокоэнергетических веществ, включая водород, выводы, перспективы.

**5. Нанопьезогенераторы.** Примерный план: нанопьезоэлектричество – объяснение процессов и эффектов преобразования механической энергии в электричество, технологии, материалы, например, пьезоэлектрический эффект в кристаллических материалах, перспективы, нанопроволочные пьезоэлектрические генераторы, пьезо-наносенсоры для измерений силы на основе контроля формы структуры под давлением, пьезоэлектрические полимерные пленки, пьезо-нанотранзисторы и т.д. Последние разработки. Перспективы.

**6. Нанотехнологии и наноматериалы в фотоэлектрических ячейках** (солнечная энергетика). Примерный план: фотоэлектрические преобразователи – принцип работы, физические основы фотоэлектрического преобразования, существующие технологии, типы фотоэлектрических ячеек – на основе кристаллического и аморфного кремния, тонкопленочные, гетероструктурные, с барьером Шоттки; наноматериалы в фотовольта-ике, полимерные солнечные батареи, фотоэлектрические ячейки с наночастицами и квантовыми точками, на базе нанопроволок, на красителях, наноплазмоника в технологиях фотоэлектрических ячеек. Создание термоэлектрических генераторов для преобразования тепловой энергии в электрическую на основе наноструктурированных термоэлектрических материалов. Развитие технологий. Экономические перспективы.

**7. Нанотехнологии и наноматериалы в традиционной энергетике. Тепловая энергетика.** Общий обзор конкретных наноматериалов и нанотехнологий для использования в традиционной энергетике. Применение нанотехнологий и наноматериалов в направлениях и разработках для традиционной «большой» энергетике (тепловой) – конкретные примеры, где применяются, описать процессы. Наноматериалы и нанопокрывтия с повышенной прочностью, термо- и коррозионной стойкостью, наноструктурные керамические и металлокерамические изделия для парогенераторов, пароперегревателей, камер сгорания, лопаток и сопловых аппаратов паровых и газовых турбин. Наножидкости – новые теплоносители с высокой интенсификацией теплообмена в каналах энергетических машин и установок, новые системы охлаждения в ядерной энергетике и газотурбостроении. Наносмазочные материалы и наноприсадки, снижающие интенсивность износа деталей машин, потери на трение и вибрации, обеспечивающие безразборный ремонт и восстановление деталей. Наноактиваторы горения, нанотехнология обработки угля на молекулярном уровне для обеспечения экологически чистого сжигания топлива. Селективные нанокатализаторы и разделительные наномембраны для защиты окружающей среды, создания новых технологий связывания CO<sub>2</sub>, новых методов очистки воды и воздуха. Нано- и микродатчики для систем контроля и управления работой энергетических установок. Наноактиваторы при использовании жидких углеводородов в качестве топлив. Нанотехнологии в системах трансформации и передачи энергии.

Наноматериалы и нанотехнологии для энергосбережения. Нанодобавки и наноприсадки к смазочным материалам в теплоэнергетике и энергомашиностроении. И т.д. и т.п.

Технологические и экономические перспективы.

#### **8. Нанотехнологии и наноматериалы в традиционной энергетике. Гидроэнергетика.**

Общий обзор конкретных наноматериалов и нанотехнологий, используемых в традиционной энергетике. Применение нанотехнологий и наноматериалов в направлениях и разработках для традиционной «большой» энергетике (гидроэнергетики) – конкретные примеры, где применяются, описать процессы. В системах трансформации и передачи энергии. Для решения материаловедческих задач. Наноматериалы и нанотехнологии для энергосбережения. И т.д. и т.п. Технологические и экономические перспективы.

#### **9. Нанотехнологии и наноматериалы в традиционной энергетике. Атомная энергетика.**

Общий обзор конкретных наноматериалов и нанотехнологий, используемых в направлениях и разработках для традиционной «большой» энергетике (атомной) – конкретные примеры, где применяются, описать процессы. Создание нового высокоплотного ядерного топлива с нанодобавками, топливных композиций для тепловыделяющих сборок активной зоны АЭС. Создание нового класса смешанного уран-плутониевого оксидного топлива. Освоение торий-уранового цикла – научная задача, требующая применения высоких технологий. Создание нанодисперсных материалов конструкционного и функционального назначения. Циркониевые сплавы для ТВЭЛов. Дисперсно-упрочненные оксидами (ДУО) ферритно-мартенситные стали или нано-дисперсные ДУО-стали. Исследование стабильности систем, имеющих наномасштабные особенности, особая стабильность нанокластеров в ДУО-сталях. Исследование и разработка материалов для быстрых реакторов и будущих реакторов 4-ого поколения. Исследование радиационно-индуцированной микроструктуры. Микроструктурные предсказания возможности продления срока эксплуатации реакторов: корпуса (охрупчивание), внутрикорпусные стали (распухание). Разработка и производство быстрозакаленных сплавов-припоев для высокотемпературной безфлюсовой (вакуумной) пайки сплавов циркония, коррозионно-стойких сталей, переходников сталь-цирконий и сталь-титан и других разнородных материалов, обеспечивающих заданный уровень радиационной и коррозионной

стойкости паяных соединений. Наномембраны и нанофильтры для технологий обращения с ОЯТ и РАО, керамические материалы для дожигания радиолитического водорода. Разработка метрологического обеспечения использования конструкционных и функциональных устройств на основе наноматериалов для ядерных установок. Мультимасштабное моделирование наноструктур, материалов и процессов. Нанодатчики и наносенсоры для ФЗ и АСУ ТП АЭС. Новые возможности для повышения в десятки раз тактико-технических характеристик систем безопасности и охраны АЭС. Создание нано- и микродатчиков для систем кон-троля и управления работой энергетических установок.

**10. Нанотехнологии и наноматериалы в традиционной энергетике.** В системах трансформации и передачи энергии, в системах энергоснабжения. Сверхпрочные и высокоэлектропроводные материалы. Наноматериалы и нанотехнологии для энергосбережения. Нано- и микродатчики для измерения давления, температуры, концентрации и других параметров, обеспечивающих непрерывный мониторинг и оптимизацию рабочего процесса энергетических машин и установок. И т.д. и т.п. Технологические и экономические перспективы.

**11. Нанотехнологии и наноматериалы в альтернативной энергетике.** Общий обзор конкретных наноматериалов и нанотехнологий для нетрадиционной энергетики (ветровой, солнечной, биоэнергетики, термоядерной и т.д.). Применение нанотехнологий и наноматериалов в направлениях и разработках альтернативной энергетики – конкретные материаловедческие проблемы и их решение, конкретные примеры наноматериалов и нанотехнологий, где применяются, описать процессы. Сверхпроводящие наноструктурированные материалы для термоядерной энергетики. Наноэнергетика на транспорте. Электроника с наноэнергетическим питанием. Биологические источники тока. Фотонные двигатели. Автономные наносенсоры. Нанодвигатели. Нанопроводники. Наномембраны. И т.д. и т.п. Технологические и экономические перспективы.

**12. Функциональные материалы для тепловой и атомной энергетики.** Примерный план: виды функциональных материалов для энергетики, методы описания наноматериалов, свойства поверхности наноматериалов: смачивание, растекание, испарение, кипение; наноматериалы для преобразования энергии, наноматериалы для транспортировки

	электроэнергии, наноматериалы для хранения энергии, наноматериалы для термоядерной энергетики, перспективы развития наноматериалов для тепловой и атомной энергетики.
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

	Экзамен. БИЛЕТ № 2 .	Утверждаю:
	Кафедра низких температур .	Зав. кафедрой
<b>НИУ МЭИ</b>	Дисциплина Проблемы и теплофизические процессы в наноэнергетике	
	Факультет ИТАЭ .	“ 23 ” января 2019 г.
<p>1. Схема работы тепловых электростанций. Достоинства и недостатки ТЭС. Применение наноматериалов в технологиях получения топлива, в системах трансформации и передачи энергии, в оборудовании и компонентах энергетических машин и установок</p> <p>2. Электрохимические конденсаторы на основе нанотехнологий. Суперконденсаторы и нанотрубки. Литий-ионные батареи и электрохимические конденсаторы на основе нанопроволок. Создание аккумуляторов тепловой и электрической энергии</p>		

### 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-1пк-2 Владеет основными методами и подходами, применяемыми при анализе работы наноразмерных систем

### Вопросы, задания

1. Нанотехнологии и наноматериалы в атомной энергетике (добавки в керамическое ядерное горючее, строительные и конструкционные материалы, Дисперсно-упрочненные оксидами стали, материалы для высокоскоростных центрифуг при обогащении природного урана, сорбенты, экстрагенты, очистка жидких радиоактивных отходов и др.)
2. Технологии получения энергии из возобновляемых источников. Трудности на пути перехода к ВИЭ.
3. Солнечная энергетика. Виды технологического оборудования для преобразования солнечной энергии в тепловую и электрическую энергию.
4. Схема взаимодействия солнечного излучения с веществом. Чем определяется эффективность преобразования энергии фотонов в электричество?
5. Фотоэнергетические установки, их достоинства и недостатки.

6. Наноматериалы в фотовольтаике, полимерные солнечные батареи, фотоэлектрические ячейки с наночастицами и квантовыми точками, на базе нанопроволок, на красителях. Наноплазмоника в технологиях фотоэлектрических ячеек.
7. Ветроэнергетика, основное оборудование, принципы функционирования. Проблемы и перспективы. Применение наноматериалов и нанотехнологий
8. Основные направления развития биоэнергетики. Виды биотоплив. Методы получения биотоплива
9. Классификация и описание топливных элементов – принцип действия, реакции, технологии, преимущества, недостатки. Применение наноматериалов, нанокатализаторов для электродов топливных элементов. Оптимизация параметров ТЭ с помощью нанотехнологий
10. Системы хранения электрической энергии на основе нанотехнологий (обычные и электролитические конденсаторы, электрохимические суперконденсаторы – основные принципы работы, электролиты, электроды, типы суперконденсаторов, достоинства и недостатки).
11. Электрохимические конденсаторы на основе нанотехнологий. Суперконденсаторы и нанотрубки. Литий-ионные батареи и электрохимические конденсаторы на основе нанопроволок. Создание аккумуляторов тепловой и электрической энергии.
12. Использование нанотехнологий и наноматериалов в водородной энергетике (механизмы гидрирования и дегидрирования, нанокристаллические/наномасштабные металлгидриды, емкость хранения, наноструктурные материалы для хранения водорода – активные металлы, металлоорганические каркасы, углеродные нанотрубки и т.д.). Основные проблемы и перспективы водородной энергетики
13. Применение наноматериалов в термоэлектрических преобразователях энергии. Термоэлектрические явления, объяснение эффекта, термоэлектрические свойства материалов, термоэлектрические материалы и преобразователи.

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

1. Каковы возможности нанотехнологий в улучшении существующих систем генерации энергии?
2. Какие физические принципы используются для фотоэлектрического преобразования?
3. Чем определяется эффективность энергии фотонов в электричество?
4. Типы фотоэлектрических ячеек (ФЭЯ)
5. Какими достоинствами обладают ФЭЯ на основе кристаллического кремния? На основе аморфного кремния?
6. Что представляют собой гетероструктурные ФЭЯ? В чем преимущество гетероструктурных солнечных элементов по сравнению с кремниевыми?
7. Какие шаги предпринимают исследователи и разработчики для уменьшения потерь энергии в фотоэлектрических преобразователях?

### **2. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ПК-3</sub> Способен проводить комплексный анализ наноразмерных систем и устройств как части энергетической системы

#### **Вопросы, задания**

1. Цели и задачи энергетики. Структура энергетики. Примеры применения наноматериалов в традиционной энергетике.
2. Перечислите используемые возобновляемые и невозобновляемые источники энергии. Причины развития ВИЭ
3. Схема работы тепловых электростанций. Достоинства и недостатки ТЭС. Применение нанотехнологий (водоугольные дисперсии, в системах трансформации и передачи энергии, нано- и микродатчики для измерения давления, температуры, концентрации и других параметров для непрерывного мониторинга и оптимизацию рабочего процесса энергетических машин и установок).

4. Из каких гидротехнических сооружений состоит гидроэлектростанция? КПД ГЭС и себестоимость вырабатываемой электроэнергии на ГЭС. Направления развития современной гидроэнергетики. Применение наноматериалов.
5. На чем основана работа атомных электростанций? Какие технологии используются в настоящее время в атомной энергетике?

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

1. Физические аспекты возникновения термоэлектричества
2. Привести схему термоэлектрического устройства
3. Какими параметрами можно определить термоэлектрические свойства материалов
4. От чего зависит эффективность термоэлектрического преобразования?
5. Чем определяется термоэлектрический перенос в наносистемах?
6. Как изменяются термоэлектрические свойства материалов при введении в них наномасштабных структур?
7. Какие научные задачи решаются сегодня в наноэнергетике?
8. Какие факторы влияют на эффективность преобразования энергии?

### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*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*

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

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

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент