

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Утверждено на заседании

Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 28.08.2023 № 23.8

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине**

Методы и системы прямого преобразования энергии

---

*название дисциплины*

для направления подготовки

14.03.02 Ядерные физика и технологии

---

*код и направления подготовки*

образовательная программа

Инновационные ядерные технологии

---

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2024 г.

## **Область применения**

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Методы и системы прямого преобразования энергии» и обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **Цели и задачи фонда оценочных средств**

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Методы и системы прямого преобразования энергии» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данной дисциплины.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

### 1.1. В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Код компетенций</i>	<i>Наименование компетенции</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции</i>
ПК-3	Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций	З-ПК-3 Знать: основные физические законы и методы обработки данных У-ПК-3 Уметь: работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций В-ПК-3 Владеть: навыками проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией.

### 1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП бакалавриата

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;
- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;
- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см. РПД).

### 1.3. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
<b>Текущая аттестация, 7 семестр</b>			
1.	1.1. Введение: Обзор современных методов и систем прямого преобразования энергии	З-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	T1

2.	1.2. Термоэлектрическое и фотоэлектрическое преобразование энергии и его использование в специальных энергетических установках		
3.	1.3. Основы физики и технологии термоэмиссионных преобразователей энергии (ТЭП) и электрогенерирующих каналов (ЭГК), специальных энергетических установок на их основе	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Т2
4.	1.4. Основные направления исследований и разработок термоэмиссионных электрогенерирующих систем и установок нового поколения высокой эффективности		
<b>Промежуточная аттестация, 7 семестр</b>			
	Зачет	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Вопросы к зачету
<b>Текущая аттестация, 8 семестр</b>			
1.	2.1. Ядерно-оптический метод преобразования энергии. Лазеры с ядерной накачкой	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Т3
2.	2.2. Связанные реакторно-лазерные системы	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Т4
<b>Промежуточная аттестация, 8 семестр</b>			
	Экзамен	3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3	Экзаменационный билет

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня	БРС, % освоения	ECTS/Пятибалльная шкала для оценки экзамена/зачета
<b>Высокий</b> <i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	90-100	A/ Отлично/ Зачтено
<b>Продвинутый</b> <i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	85-89	B/ Очень хорошо/ Зачтено
			75-84	C/ Хорошо/ Зачтено
<b>Пороговый</b> <i>Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне</i>	Репродуктивная деятельность	Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал.	65-74	D/Удовлетворительно/ Зачтено
			60-64	E/Посредственно /Зачтено
<b>Ниже порогового</b>	Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в стандартных ситуациях.		0-59	Неудовлетворительно/ Незачтено

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

<b>Уровень сформированности компетенции</b>	<b>Текущий контроль</b>	<b>Промежуточная аттестация</b>
высокий	<b>высокий</b>	<b>высокий</b>
	<i>продвинутый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>продвинутый</i>
продвинутый	<i>пороговый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>пороговый</i>
	<b>продвинутый</b>	<b>продвинутый</b>
	<i>продвинутый</i>	<i>пороговый</i>
	<i>пороговый</i>	<i>продвинутый</i>
пороговый	<b>пороговый</b>	<b>пороговый</b>
ниже порогового	<b>пороговый</b>	<b>ниже порогового</b>
	<b>ниже порогового</b>	-

### **3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

– Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

– Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

– Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

– Текущая аттестация в 7 семестре осуществляется два раза в семестр:

○ контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.

○ контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

– Текущая аттестация в 8 семестре обучения по образовательным программам бакалавриата, в котором единственная контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 6 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 6 неделю учебного семестра.

– Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

– В рамках дисциплины проводится курсовое проектирование.

### 7 семестр

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
<b>Текущая аттестация</b>	<b>1-16</b>	<b>36 - 60% от максимума</b>	<b>60</b>
<b>Контрольная точка № 1</b>	<b>7-8</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
T1	8	18	30
<b>Контрольная точка № 2</b>	<b>15-16</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
T2	15	18	30
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24 – (60% 40)</b>	<b>40</b>
Зачет	-		
<i>Вопрос 1</i>	-	12	20
<i>Вопрос 2</i>	-	12	20
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

### 8 семестр

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
<b>Текущая аттестация</b>	<b>1-16</b>	<b>36 - 60% от максимума</b>	<b>60</b>
<b>Контрольная точка № 1</b>	<b>5-6</b>	<b>36 (60% от 30)</b>	<b>60</b>
T3	5	18	30
T4	6	18	30
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24 – (60% 40)</b>	<b>40</b>
Экзамен	-		
<i>Вопрос 1</i>	-	12	20
<i>Вопрос 2</i>	-	12	20
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

\* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

**4.Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков**

## Форма экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

### Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

## ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки	<b>14.03.02 «Ядерные физика и технологии»</b>
Образовательная программа	<b>«Инновационные ядерные технологии»</b>
Дисциплина	<b>Методы и системы прямого преобразования энергии</b>

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №\_\_

1. Вопрос для проверки уровня обученности **ЗНАТЬ**  
.....
2. Вопрос для проверки уровня обученности **УМЕТЬ и ВЛАДЕТЬ**  
.....

Составитель	_____	Г.Э. Лазаренко
	(подпись)	
Начальник отделения	_____	Д.С. Самохин
	(подпись)	

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

### Критерии и шкала оценивания

Оценка	Критерии оценки
Отлично 36-40	Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала;</li><li>- исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал;</li><li>- правильно формулировать определения;</li><li>- продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой;</li><li>- уметь сделать выводы по излагаемому материалу.</li></ul>
Хорошо 30-35	Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать достаточно полное знание программного материала;</li><li>- продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал;</li><li>- продемонстрировать умение ориентироваться в литературе;</li><li>- уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.</li></ul>
Удовлетворительно 24-29	Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать общее знание изучаемого материала;</li><li>- показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;</li><li>- уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li><li>- знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.</li></ul>
Неудовлетворительно 23 и меньше	Студент демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"><li>- незнание значительной части программного материала;</li><li>- не владение понятийным аппаратом дисциплины;</li><li>- существенные ошибки при изложении учебного материала;</li><li>- неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li><li>- неумение делать выводы по излагаемому материалу.</li></ul>

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Направление подготовки	<b>14.03.02 «Ядерные физика и технологии»</b>
Образовательная программа	<b>«Инновационные ядерные технологии»</b>
Дисциплина	<b>Методы и системы прямого преобразования энергии</b>

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

1. Реакторно-лазерные системы импульсного действия: особенности конструкции, принцип действия.
2. Импульсные реакторы как источники излучения для научно-технических применений: история создания, основные типы реакторов.
3. Принцип действия самогасящего импульсного реактора. Реактор БИР.
4. Принцип действия импульсного реактора периодического действия. Реакторы ИБР и ИБР-2.
5. Двухзонный импульсный аperiodический реактор самогасящего действия БАРС-6.
6. Ядерно-оптическое преобразование энергии.
7. Лазерные эксперименты на реакторе БАРС-6. Энерговклад осколков деления в лазерно-активную среду.
8. Энергетический макет оптического квантового усилителя с ядерной накачкой. Описание конструкции и принцип действия.
9. Типы лазеров с ядерной накачкой.
10. Модель динамики оптического квантового усилителя с ядерной накачкой. Нейтронно-физические и динамические характеристики систем различной конфигурации.
11. Способы повышения к.п.д. лазера с ядерной накачкой. Перспективные лазерно-активные среды.
12. Термоэмиссионный ЭГК с внешним размещением топлива, основные представления о его схеме, характеристиках и возможности использования в КЯЭУ.
13. Чем отличается электронный и электродный к.п.д. ТЭП?
14. Основные сведения о схеме, характеристиках и перспективе применения термоэмиссии в муниципальных АЭС тепло- и электроснабжения.
15. Реакторно-лазерные системы импульсного действия: особенности конструкции, принцип действия.
16. Импульсные реакторы как источники излучения для научно-технических применений: история создания, основные типы реакторов.
17. Принцип действия самогасящего импульсного реактора. Реактор БИР.
18. Принцип действия импульсного реактора периодического действия. Реакторы ИБР и ИБР-2.
19. Двухзонный импульсный аperiodический реактор самогасящего действия БАРС-6.
20. Ядерно-оптическое преобразование энергии.
21. Лазерные эксперименты на реакторе БАРС-6. Энерговклад осколков деления в лазерно-активную среду.

22. Энергетический макет оптического квантового усилителя с ядерной накачкой. Описание конструкции и принцип действия.
23. Типы лазеров с ядерной накачкой.
24. Модель динамики оптического квантового усилителя с ядерной накачкой. Нейтронно-физические и динамические характеристики систем различной конфигурации.
25. Способы повышения к.п.д. лазера с ядерной накачкой. Перспективные лазерно-активные среды.

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Направление подготовки	<b>14.03.02 «Ядерные физика и технологии»</b>
Образовательная программа	<b>«Инновационные ядерные технологии»</b>
Дисциплина	<b>Методы и системы прямого преобразования энергии</b>

**ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Физические основы термоэлектрического преобразования энергии и основные соотношения для термоэлектрической батареи.
2. ТЭП с межэлектродной средой, содержащей Ридберговское вещество. Физические и прикладные перспективы применения Ридберговского вещества.
3. Физические основы термоэмиссионного преобразования энергии и основные соотношения для ТЭП.
4. КЯЭУ “БУК”, основные сведения о ТЭГ и технических характеристиках установки.
5. Классификация ТЭП по составу межэлектродной среды. Основные соотношения и особенности.
6. Основные типы термоэмиссионных ЭГК.
7. Основное уравнение термоэлектронной эмиссии. Физический смысл и методы его вывод
8. Обобщенная ВАХ цезиевого дугового режима ТЭП. Физический смысл характерных точек наустановки.
9. Барьерный индекс ТЭП. Физический смысл и основные соотношения.
10. Классификация основных режимов работы ТЭП. Особенности характеристик и перспективы использования в прикладных задачах.
11. Комбинированный ЭГК, физическая схема и особенности применения в различных ЯЭУ.
12. Коэффициент полезного действия ТЭП. Физический смысл и основные соотношения.
13. Радионуклидные термоэлектрические генераторы, основные сведения о характеристиках и применении.
14. Физическая модель абсорбции цезия на электродах ТЭП.
15. Эмиттерные материалы ТЭП (ЭГК). Основные требования, особенности эмиссионных характеристик и технологии изготовления.
16. Современные задачи и перспективы применения термоэмиссионных КЯЭУ 2-го поколения, основные представления о технических характеристиках и схемах установки.
17. Чем отличается электродный и системный к.п.д. ЭГК (ЯЭУ)?
18. Коллекторные материалы ТЭП (ЭГК). Основные требования, особенности эмиссионно-адсорбционных характеристик и технологии изготовления.
19. Сравнение КЯЭУ с прямым и турбомашинным преобразованием тепловой энергии в электрическую, основные представления о системных характеристиках, достоинства и недостатки методов преобразования энергии.

20. Термоэмиссионный ЭГК с внешним размещением топлива, основные представления о его схеме, характеристиках и возможности использования в КЯЭУ.
21. Чем отличается электронный и электродный к.п.д. ТЭП?
22. Основные сведения о схеме, характеристиках и перспективе применения термоэмиссии в муниципальных АЭС тепло- и электроснабжения.
23. Основные сведения о диверсификации термоэлектрической и термоэмиссионной технологий в неядерной энергетике гражданского применения.

#### **Критерии и шкала оценивания**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
Зачтено 24-40	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровнях «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».
Незачтено 23 и меньше	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровне «неудовлетворительно».

## ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки	<b>14.03.02 «Ядерные физика и технологии»</b>
Образовательная программа	<b>«Инновационные ядерные технологии»</b>
Дисциплина	<b>Методы и системы прямого преобразования энергии</b>

### Комплект тестовых заданий

*7 семестр*

1. Какие из перечисленных преобразователей работают в термодинамическом цикле прямого преобразования тепловой энергии в электрическую?

- а – газотурбинные;
- б – термоэлектрические и термоэмиссионные;
- в – электрохимические.

2. На основании какого закона сформулировано основное уравнение термоэлектрического преобразования энергии?

- а – закон Зеебека;
- б – закон Ома;
- в – закон Стефана-Больцмана.

3. На основании какого закона сформулировано основное уравнение термоэмиссионного преобразования энергии?

- а – закон Стефана-Больцмана;
- б – закон Ома;
- в – закон Ричардсона-Дешмана.

4. Что такое вакуумная работа выхода электронов электродов ТЭП?

а – работа, которую должен совершить электрон, чтобы преодолеть границу раздела твердое тело – вакуум;

- б – энергия эмиттированного электродом в вакуум электрона;
- в – поверхностный потенциал электрода.

5. Что означает термин «цезиевая работа выхода» электрода ТЭП?

- а – работа выхода «жидкого» цезия;
- б – работа выхода электрода в межэлектродной среде цезиевого ТЭП;
- в – работа выхода электрода ТЭП, погруженного в жидкий цезий.

6. В каких единицах измеряется работа выхода электродов ТЭП?

- а – в кулонах;
- б – в вольтах;
- в – в электрон-вольтах.

7. К какой группе металлов относится цезий, используемый в качестве рабочего тела ТЭП?

- а – к электроотрицательным элементам;
- б – к электроположительным элементам;
- в – к нейтральным элементам.

8. Основная причина протекания процесса ионизации пара цезия в дуговых режимах ТЭП?

- а – ступенчатая ионизация при неупругих столкновениях атомов цезия межэлектродном зазоре (МЭЗ);
- б – поверхностная термическая ионизация адсорбированного на эмиттере цезия;
- в – поверхностная термическая ионизация адсорбированного на коллекторе цезия.

9. Что такое вольтамперная характеристика (ВАХ) ТЭП?

- а – зависимость тока, протекающего в цепи ТЭП, от сопротивления МЭЗ;
- б – зависимость тока, протекающего в цепи ТЭП, от генерируемого им напряжения;
- в – зависимость генерируемого ТЭП напряжения от электрического сопротивления электродов.

10. Какой основной механизм ионизации является ответственным за диффузионный режим работы ТЭП?

- а – термическая ионизация цезия на эмиттере;
- б – столкновительная ионизация цезия в МЭЗ;
- в – термическая ионизация на коллекторе.

11. Каков физический смысл дебаевского радиуса в ТЭП?

- а – радиус эмиттера;
- б – радиус коллектора;

в – наименьший характерный масштаб, определяющий протекание процессов в ТЭП.

12. Какие основные требования предъявляются к эмиттеру диффузионного ТЭП?

- а – вакуумная работа выхода эмиттера должна быть меньше потенциала ионизации цезия;
- б – вакуумная работа выхода эмиттера должна быть больше потенциала ионизации цезия;
- в – вакуумная работа выхода эмиттера не зависит от потенциала ионизации цезия.

13. Какой основной физический процесс в ТЭП описывает формула Саха-Ленгмюра?

- а – поверхностную ионизацию цезия на эмиттере;
- б – термоэлектронную эмиссию эмиттера;
- в – термоэлектронную эмиссию коллектора.

14. Какой основной физический процесс в ТЭП описывает уравнение Ричардсона-Дешмана?

- а – излучательные потери эмиттера;
- б – излучательные потери коллектора;
- в – термоэлектронную эмиссию эмиттера.

15. Каков физический смысл постоянной Ричардсона  $\bar{R}_E$  в уравнении Ричардсона-Дешмана:

$$j_{SE} = A_0 (1 - \bar{R}_E) T_E^2 \exp\left(-\frac{\Phi_E}{kT_E}\right) ? \quad (1)$$

- а – электрическое сопротивление эмиттера;
- б – универсальная постоянная Ричардсона;
- в – коэффициент отражения электронов от поверхности эмиттера.

16. Что называется постоянной Ричардсона в уравнении Ричардсона-Дешмана (1)?

- а –  $A_0$ ;
- б –  $T_E$ ;
- в –  $\Phi_E$ .

17. Что происходит с плотностью термоэмиссионного тока в соответствии с формулой (1) в ТЭП с ростом работы выхода эмиттера  $\Phi_E$ ?

- а – эмиссионный ток увеличивается;
- б – эмиссионный ток уменьшается;
- в –  $\Phi_E$  не влияет на эмиссионный ток.

18. Какой вид потерь в ТЭП описывает уравнение Стефана-Больцмана:

$$Q = \sigma_{ст} \cdot \varepsilon_{пр} (T_E^4 - T_C^4) ? \quad (2)$$

а – джоулевые тепловые потери;

б – потери тепла теплопроводностью через МЭЗ из градиента температуры между эмиттером (Е) и коллектором (С);

в – необратимые излучательные тепловые потери.

19. Какой вид потерь в ТЭП описывает уравнение:

$$q = \frac{\lambda_{Cs}}{d} (T_E - T_C) ? \quad (3)$$

а – джоулевые тепловые потери;

б – потери тепла теплопроводностью через МЭЗ из градиента температуры между эмиттером (Е) и коллектором (С);

в – необратимые излучательные тепловые потери.

20. Какие потери выходного напряжения дугового цезиевого ТЭП описывает барьерный индекс  $V_B$ ?

а – потери из-за работы выхода коллектора  $\Phi_C$ ;

б – дуговые потери  $V_d$ ;

в – суммарные потери  $\Phi_C + V_d$ .

21. В каких единицах измеряется барьерный индекс  $V_B$ ?

а – в [эВ];

б – в [В];

в – в [%].

22. Что происходит с величиной электродного к.п.д. ТЭП при уменьшении барьерного индекса?

а – увеличивается;

б – уменьшается;

в – не изменяется.

23. Величина какого из коэффициентов полезного действия преобразователей тепловой энергии в электрическую выше, к.п.д. цикла Карно или электродного к.п.д. ТЭП?

а – электродный к.п.д. ТЭП;

б – к.п.д. цикла Карно;

в – к.п.д. имеют одинаковую величину.

24. Величина какого из видов к.п.д. ТЭП выше, электродного или полного (системного)?

а – полного (системного)  $\eta_{\text{сис}}$ ;

б – электродного  $\eta_{\text{эл}}$ ;

в – к.п.д. имеют одинаковую величину.

25. Зависимость от каких физических величин описывает универсальная зависимость работы выхода электродов ТЭП от параметра Рейзора?

а – от отношения  $T/T_{Cs}$ , где  $T$  – температура электрода,  $T_{Cs}$  – температура цезиевого резервуара;

б – от величины межэлектродного зазора  $d$ ;

в – от давления паров цезия  $P_{Cs}$ .

26. Величина работы выхода какого из электродов ТЭП выше в рабочей точке ВАХ дугового режима,  $\Phi_E$  или  $\Phi_C$ ?

а –  $\Phi_E > \Phi_C$ ;

б –  $\Phi_E < \Phi_C$ ;

в –  $\Phi_E = \Phi_C$ .

27. При адсорбции цезия на металлический (Me) коллектор ТЭП для какой адсорбционной системы  $\Phi_C$  будет иметь меньшую величину?

а – для Me – Cs;

б – для Me – O – Cs;

в – будет одинаковой.

28. Какие требования предъявляются к эмиттеру цезиевого дугового ТЭП/ЭГК по его физической характеристике вакуумной работы выхода  $\Phi_{0E}$ ?

а –  $\Phi_{0E}$  должна быть максимально большой;

б –  $\Phi_{0E}$  должна быть минимально возможной;

в –  $\Phi_{0E}$  является свободным параметром, т.е. любым.

29. Для цилиндрической эмиттерной оболочки ТЭП/ЭГЭ из металлов с ОЦК-структурой, ориентированной по кристаллографической оси [111], вакуумная работа выхода какого из направлений (границ) на поверхности эмиттера выше,  $\Phi_{0(110)}$  или  $\Phi_{0(121)}$ ?

а –  $\Phi_{0(121)} > \Phi_{0(110)}$ ;

б –  $\Phi_{0(121)} = \Phi_{0(110)}$ ;

в –  $\Phi_{0(110)} > \Phi_{0(12)}$ ;

30. Что происходит с величиной плотности генерируемой электрической мощности цезиевого дугового ТЭП в рабочей точке ВАХ, например, точке максимальной электрической мощности, при увеличении давления паров цезия ( $P_{Cs}$ ) в МЭЗ?

а – увеличивается;

б – уменьшается;

в – зависимость от  $P_{Cs}$  имеет экстремум в рабочей точке ВАХ.

## 8 семестр

1. Что такое импульсный реактор?

А. Ядерный реактор, работающий короткое время на большой мощности

**В. Ядерный реактор, работающий в режиме контролируемых и повторяемых вспышек деления атомных ядер**

С. Ядерный реактор, обеспечивающий получение высоких потоков ионизирующего излучения

2. Что определяет квазистатический коэффициент гашения реактивности в импульсном реакторе самогасящегося действия?

**А. Изменение реактивности при выделении в реакторе единичной доли энергии**

В. Изменение мощности при выделении в реакторе единичной доли энергии

С. Изменение размеров активной зоны при выделении в реакторе единичной доли энергии

3. Значение эффективного коэффициента размножения нейтронов в реакторе равно  $k$ . Чему равна реактивность на мгновенных нейтронах?

А.  $\frac{k-1}{k}$

В.  $\frac{k(1-\beta)-1}{\ell}$

С.  $k(1-\beta)-1$

4. Какое из выражений правильно определяет полную энергию вспышки в импульсном реакторе самогасящегося действия в безынерционном приближении:

А.  $\frac{\varepsilon_0}{\gamma}$

**В.  $\frac{2\varepsilon_0}{\gamma}$**

С.  $\frac{\varepsilon_0}{2\gamma}$

5. Среднее время жизни мгновенных нейтронов в реакторе равно  $1.4 \cdot 10^{-8}$  с, эффективная доля запаздывающих нейтронов ( $\beta$ ) – 0.007. В реактор скачком введена реактивность на мгновенных нейтронах равная  $0.1\beta$ . Какой начальный период разгона реактора?

А. 2 мкс

**В. 20 мкс**

С. 200 мкс

6. Какое из выражений правильно описывает в общем виде обратную связь по температуре в быстром импульсном реакторе?

A.  $\int_V \mathbf{u}(\mathbf{r}, \tau) \text{grad } W(\mathbf{r}) d\mathbf{r}$

B.  $\mathbf{u}(\mathbf{r}, \tau) \int_V \text{grad } W(\mathbf{r}) d\mathbf{r}$

C.  $\int_0^t \mathbf{u}(\mathbf{r}, \tau) \text{grad } W(\mathbf{r}) d\tau$

7. В импульсный реактор самогасящегося действия была введена реактивность на мгновенных нейтронах равная  $\varepsilon_0$ . Чему равно изменение реактивности реактора после генерации импульса (в случае безынерционного гашения)?

A.  $-\varepsilon_0$

B. 0

C.  $2\varepsilon_0$

8. Импульсный реактор периодического действия между импульсами.....

A. Находится в критическом состоянии

B. Подкритичен на мгновенных нейтронах

C. Надкритичен на мгновенных нейтронах

**D. Подкритичен на запаздывающих нейтронах**

9. Что такое фактор умножения нейтронов источника в импульсном реакторе периодического действия?

A. Отношение энергии импульса к средней за период мощности источника запаздывающих нейтронов

**B. Отношение энергии импульса к мощности источника запаздывающих нейтронов непосредственно перед импульсом**

C. Отношение энергии импульса к мощности внешнего источника нейтронов

D. Отношение энергии импульса к средней за период мощности реактора

10. Какое из выражений правильно определяет критическое условие для импульсного реактора периодического действия в случае часто повторяющихся импульсов:

A.  $\frac{M\beta}{T_p} + \frac{\beta}{|\varepsilon_b|} = 0$

**B.  $\frac{M\beta}{T_p} + \frac{\beta}{|\varepsilon_b|} = 1$**

C.  $\frac{M\beta}{T_p} + \frac{\beta}{|\varepsilon_b|} = 1 - \beta$

11. Когда реализуется максимум вспышки в импульсном реакторе?

- A. Когда реактивность реактора максимальна
- B. В момент перехода реактора через запаздывающую критичность
- C. В момент перехода реактора через мгновенную критичность**
- D. Когда реактор становится подкритическим на запаздывающих нейтронах

12. Импульсный реактор периодического действия работает с частотой 5 Гц, а средняя тепловая мощность реактора равна  $10^7$  Вт. Чему равно энерговыделение в реакторе за период?

- A. 50 МДж
- B. 10 МДж
- C. 5 МДж
- D. 2 МДж**

13. Что такое связанная реакторная система?

- A. Система из нескольких ядерных реакторов, обменивающихся нейтронами
- B. Многозонная реакторная система, в которой спектры нейтронов в каждой из зон существенно различны
- C. Многозонная реакторная система, в которой часть нейтронов деления одной зоны вызывает деления в другой зоне**

14. Какое из выражений правильно определяет условие критичности для системы  $m$  связанных реакторов:

A. 
$$\begin{vmatrix} k_{11} - 1 & \cdots & k_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{m1} & \cdots & k_{mm} - 1 \end{vmatrix} = 0$$

B. 
$$\begin{vmatrix} k_{11} & \cdots & k_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{m1} & \cdots & k_{mm} \end{vmatrix} = 1$$

C. 
$$\begin{vmatrix} k_{11} - 1 & \cdots & k_{1m} - 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{m1} - 1 & \cdots & k_{mm} - 1 \end{vmatrix} = 0$$

15. В отдельных зонах связанной реакторной системы отсутствуют внешние источники нейтронов. Какое из выражений правильно определяет пространственно-временное распределение поля делений в системе:

A. 
$$P(\vec{r}, t) = \int_0^t \alpha(\vec{r}, \tau \rightarrow \vec{r}, t) P(\vec{r}, \tau) d\tau$$

$$\text{B. } P(\vec{r}, t) = \int_0^t \int_V \alpha(\vec{r}', \tau \rightarrow \vec{r}, t) P(\vec{r}', \tau) d\vec{r}' d\tau$$

$$\text{C. } P(\vec{r}, t) = \int_V \alpha(\vec{r}', t \rightarrow \vec{r}, t) P(\vec{r}', \tau) d\vec{r}'$$

16. Когда справедливо соотношение  $k_{\text{sys}} = k_{rr} + \alpha^* = 1$ ?

- A. При малых значениях параметра  $\alpha^*$
- B. При больших значениях параметра  $\alpha^*$
- C. При любых значениях параметра  $\alpha^*$**

17. Импульсный реактор без подкритического блока находился в критическом состоянии. При установке возле его активной зоны подкритической сборки значение «активной» составляющей реактивности реактора стало равным  $0.75\beta$ , «пассивной» –  $0.35\beta$ . Вся связанная система.....

- A. Осталась в критическом состоянии
- B. Стала подкритической
- C. Стала надкритической на запаздывающих нейтронах
- D. Стала надкритической на мгновенных нейтронах**

18. Имеется связанная система, состоящая из запального реактора и подкритического блока. Энерговыведение в запальном реакторе в импульсе равно 10 МДж, значение коэффициента связи  $k_{br}$  равно 0.5, эффективного коэффициента размножения нейтронов в подкритическом блоке – 0.9. Чему равно энерговыведение в импульсе в подкритическом блоке?

- A. 5 МДж
- B. 10 МДж
- C. 50 МДж**
- D. 100 МДж

19. Какая из перечисленных ниже ядерных реакций имеет максимальный энергетический выход?

- A.  $^{235}\text{U} + n = 2ff + \nu n$**
- B.  $^3\text{He} + n = p + ^3\text{H}$
- C.  $^{10}\text{B} + n = \alpha + ^7\text{Li}$
- D.  $^6\text{Li} + n = \alpha + ^3\text{H}$

20. Что такое лазер с ядерной накачкой?

- A. Устройство, в котором лазерное излучение получают из ядерных реакций

**В. Устройство, в котором лазерное излучение получают путем возбуждения среды продуктами ядерных реакций**

С. Устройство, в котором ядерные реакции протекают под действием лазерного излучения

**Критерии оценивания:** Количество правильных ответов

<b>Оценка</b>	<b>Шкала</b>
Отлично	Количество верных ответов в интервале: 90-100%
Хорошо	Количество верных ответов в интервале: 70-89%
Удовлетворительно	Количество верных ответов в интервале: 60-69%
Неудовлетворительно	Количество верных ответов в интервале: 0-59%