

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**

Одобрено на заседании

Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 24.04.2023 № 23.4

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине**

**Перспективные методы получения и 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 2023 г.**

## **Область применения**

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Перспективные методы получения и 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 «Перспективные методы получения и 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-5                   | Способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений при разработке установок и приборов | З-ПК-5 Знать: методы анализа для технико-экономического обоснования проектных решений при разработке установок и приборов.<br>У-ПК-5 Уметь: проводить предварительные технико-экономическое обоснование проектных решений при разработке установок и приборов.<br>В-ПК-5 Владеть: методами проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при разработке установок и приборов. |

### 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. Основы термоэлектрического и фотоэлектрического преобразования | З-ПК-5; У-ПК-5; В-ПК-5           | T1  |

|  |  |                        |                       |
|--|--|------------------------|-----------------------|
|  | энергии и специальных энергетических установок   |                        |                       |
| 2.   | 1.2. Физико-технические основы термоэлектрического и термоэмиссионного преобразования энергии  |                        |                       |
| 3.   | 1.3. Основы физики и технологии термоэмиссионных преобразователей энергии (ТЭП) и электрогенерирующих каналов (ЭГК), специальных энергетических установок на их основе   | 3-ПК-5; У-ПК-5; В-ПК-5 | Т2                    |
| 4  | 1.4. Влияние рабочих условий термоэмиссионного преобразования энергии на эмиссионно-адсорбционные свойства электродных материалов и выходные электрические характеристики ТЭП  |                        |                       |
| <b>Промежуточная аттестация, 7 семестр</b> |  |                        |                       |
|  | Зачет  | 3-ПК-5; У-ПК-5; В-ПК-5 | Вопросы к зачету      |
| <b>Текущая аттестация, 8 семестр</b>       |  |                        |                       |
| 1.   | 2.1. Основы инженерного и численного методов расчета нейтронно-физических характеристик термоэмиссионного реактора-преобразователя, электрических и тепловых характеристик термоэмиссионных преобразователей и электрогенерирующих каналов | 3-ПК-5; У-ПК-5; В-ПК-5 | Т3                    |
| 2.   | 2.2. Методы исследования, техника измерений и испытаний характеристик электродных и конструкционных материалов термоэмиссионных электрогенерирующих систем   | 3-ПК-5; У-ПК-5; В-ПК-5 | Т4                    |
| 3.   | 2.3. Основные направления исследований и разработок термоэмиссионных электрогенерирующих систем и установок нового поколения высокой эффективности   |                        |                       |
| <b>Промежуточная аттестация, 8 семестр</b> |  |                        |                       |
|  | Экзамен  | 3-ПК-5; У-ПК-5; В-ПК-5 | 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><br><i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>         | Творческая деятельность   | <i>Включает нижестоящий уровень.</i><br>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/<br>Отлично/<br>Зачтено                          |
| <b>Продвинутый</b><br><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><br>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/<br>Очень хорошо/<br>Зачтено                     |
|  |   |  | 75-84           | C/<br>Хорошо/<br>Зачтено                           |
| <b>Пороговый</b><br><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/<br>Зачтено                    |
|  |   |  | 60-64           | E/Посредственно<br>/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/<br>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 /<br>Оценочное средство | Неделя       | Балл                             |            |
|--|--------------|----------------------------------|------------|
|  |              | Минимум*                         | Максимум** |
| <b>Текущая аттестация</b>                        | <b>1-16</b>  | <b>36 - 60% от<br/>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 /<br>Оценочное средство | Неделя      | Балл                             |            |
|--|-------------|----------------------------------|------------|
|  |             | Минимум*                         | Максимум** |
| <b>Текущая аттестация</b>                        | <b>1-16</b> | <b>36 - 60% от<br/>максимума</b> | <b>60</b>  |
| <b>Контрольная точка № 1</b>                     | <b>5-6</b>  | <b>36 (60% от 30)</b>            | <b>60</b>  |
| T1   | 5           | 18                               | 30         |
| T2   | 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 **14.03.02 «Ядерная физика и технологии»**

---

Образовательная программа **«Инновационные ядерные технологии»**

---

Дисциплина **Перспективные методы получения и преобразования энергии**

---

### 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<br>36-40                   | Студент должен:<br>- продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала;<br>- исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал;<br>- правильно формулировать определения;<br>- продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой;<br>- уметь сделать выводы по излагаемому материалу.      |
| Хорошо<br>30-35                    | Студент должен:<br>- продемонстрировать достаточно полное знание программного материала;<br>- продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал;<br>- продемонстрировать умение ориентироваться в литературе;<br>- уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу. |
| Удовлетворительно<br>24-29         | Студент должен:<br>- продемонстрировать общее знание изучаемого материала;<br>- показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;<br>- уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;<br>- знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.   |
| Неудовлетворительно<br>23 и меньше | Студент демонстрирует:<br>- незнание значительной части программного материала;<br>- не владение понятийным аппаратом дисциплины;<br>- существенные ошибки при изложении учебного материала;<br>- неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;<br>- неумение делать выводы по излагаемому материалу.   |

**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>Перспективные методы получения и преобразования энергии</b> |

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

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 ТЭП.
3. Что такое ВАХ ТЭП?
4. Физические основы термоэмиссионного преобразования энергии и основные соотношения для ТЭП.
5. КЯЭУ “БУК”, основные сведения о ТЭГ и технических характеристиках установки.
6. Для чего надо определять точку  $w$  на ВАХ?
7. Классификация ТЭП по составу межэлектродной среды. Основные соотношения и особенности.
8. Основные типы термоэмиссионных ЭГК.
9. Что такое дуговой режим работы ТЭП?
10. Основное уравнение термоэлектронной эмиссии. Физический смысл и методы его вывода.
11. КЯЭУ “ТОПАЗ”, основные сведения о схеме и технических характеристиках установки.
12. Чем отличается работа выхода электронов  $\Phi_E$  (в парах цезия) от  $\Phi_{0E}$  (в вакууме)?
13. Обобщенная ВАХ цезиевого дугового режима ТЭП. Физический смысл характерных точек на ВАХ.
14. КЯЭУ типа “Эльбрус”, основные сведения о схеме и технических характеристиках установки.
15. В чем заключается физический смысл потерь в дуговом ТЭП, связанных с работой выхода коллектора?
16. Барьерный индекс ТЭП. Физический смысл и основные соотношения.
17. КЯЭУ типа “БУК-ТЭМ”, основные сведения о схеме и технических характеристиках установки.
18. Что такое вакуумная работа выхода электронов металлов?
19. Классификация основных режимов работы ТЭП. Особенности характеристик и перспективы использования в прикладных задачах.
20. Комбинированный ЭГК, физическая схема и особенности применения в различных ЯЭУ.
21. Приближенная формула для описания барьерного индекса  $V_B$  через основные потери напряжения в ТЭП.
22. Коэффициент полезного действия ТЭП. Физический смысл и основные соотношения.

23. Радионуклидные термоэлектрические генераторы, основные сведения о характеристиках и применении.
24. Что такое дуговые потери напряжения в ТЭП?
25. Роль цезиевой межэлектродной среды в ТЭП. Противоречивая роль цезия в дуговых режимах.
26. ЯЭУ “Ромашка” с термоэлектрическим преобразованием тепловой энергии в электрическую, основные сведения о схеме и технических характеристиках установки.
27. В каких обобщенных характеристиках ТЭП проявляется повышение его эффективности?
28. Физическая модель абсорбции цезия на электродах ТЭП.
29. Комбинирование термоэлектрического и термоэмиссионного преобразования энергии в ЯЭУ типа “ТЭМБР”, основные представления о физической схеме установки, ее характеристиках и перспективе применения.
30. Как можно уменьшить лучистые потери тепла в термоэмиссионных ЭГК?
31. Эмиттерные материалы ТЭП (ЭГК). Основные требования, особенности эмиссионных характеристик и технологии изготовления.
32. Современные задачи и перспективы применения термоэмиссионных КЯЭУ 2-го поколения, основные представления о технических характеристиках и схемах установки.
33. Чем отличается электродный и системный к.п.д. ЭГК (ЯЭУ)?
34. Коллекторные материалы ТЭП (ЭГК). Основные требования, особенности эмиссионно-адсорбционных характеристик и технологии изготовления.
35. Сравнение КЯЭУ с прямым и турбомашинным преобразованием тепловой энергии в электрическую, основные представления о системных характеристиках, достоинства и недостатки методов преобразования энергии.
36. Чем характеризуется эффективность идеальной тепловой машины?
37. Влияние водорода на характеристики ТЭП.
38. Термоэмиссионный ЭГК с внешним размещением топлива, основные представления о его схеме, характеристиках и возможности использования в КЯЭУ.
39. Чем отличается электронный и электродный к.п.д. ТЭП?
40. Влияние газообразных продуктов деления на характеристики ТЭП.
41. КЯЭУ “Енисей”, основные сведения о схеме и технических характеристиках установки.
42. Какие процессы описывает основное уравнение термоэлектронной эмиссии?
43. Влияние твердых и парообразных продуктов деления (урана, щелочноземельных металлов, йода) на характеристики ТЭП.
44. Основные сведения о схеме, характеристиках и перспективе применения термоэмиссии в муниципальных АЭС тепло- и электроснабжения.
45. Каким образом эмиссионный ток насыщения зависит от напряженности электрического поля?
46. Влияние углерода и основные этапы ресурсной деградации ВАХ ТЭП (ЭГК).
47. Основные сведения о диверсификации термоэлектрической и термоэмиссионной технологий в неядерной энергетике гражданского применения.
48. Чем отличается электронный к.п.д. ТЭП от системного к.п.д. ЭГК?

**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<br>подготовки    | <b>14.03.02 «Ядерные физика и технологии»</b>                  |
| Образовательная<br>программа | <b>«Инновационные ядерные технологии»</b>                      |
| Дисциплина                   | <b>Перспективные методы получения и преобразования энергии</b> |

**ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Физические основы термоэлектрического преобразования энергии и основные соотношения для термоэлектрической батареи.
2. Что такое вакуумная работа выхода электронов металлов?
4. Физические основы термоэмиссионного преобразования энергии и основные соотношения для ТЭП.
5. Что такое эффективная работа выхода электронов электродов ТЭП?
7. Классификация ТЭП по составу межэлектродной среды. Основные соотношения и особенности.
8. Каким образом ток насыщения зависит от напряженности электрического поля?
10. Основное уравнение термоэлектронной эмиссии. Физический смысл и методы его вывода.
11. Что такое дуговые потери напряжения ТЭП?
13. Обобщенная ВАХ цезиевого дугового режима ТЭП. Физический смысл характерных точек на ВАХ.
14. Тип ЭГК установки «Топаз».
16. Барьерный индекс ТЭП. Физический смысл и основные соотношения.
17. Тип ЭГК установки «Енисей».
19. Классификация основных режимов работы ТЭП. Особенности характеристик и перспективы использования в прикладных задачах.
20. Как связаны давление и температура паров цезия на линии насыщения?
21. Обобщенная ВАХ цезиевого дугового режима ТЭП. Физический смысл характерных точек на ВАХ.
22. Тип ЭГК установки «Топаз».
23. Барьерный индекс ТЭП. Физический смысл и основные соотношения.
24. Тип ЭГК установки «Енисей».
25. Классификация основных режимов работы ТЭП. Особенности характеристик и перспективы использования в прикладных задачах.
26. Как связаны давление и температура паров цезия на линии насыщения?
27. Коэффициент полезного действия ТЭП. Физический смысл и основные соотношения.
28. Тип ЭГК термоэмиссионной ЯЭУ 2-го поколения.
29. Роль цезиевой межэлектродной среды в ТЭП. Противоречивая роль цезия в дуговых режимах.

30. В чем заключается физический смысл потерь напряжения в ТЭП, связанных с эффективной работой выхода коллектора?
31. Физическая модель адсорбции цезия на электродах ТЭП.
32. Особенности ЭГК с внешним расположением топлива.
33. Эмиттерные материалы ТЭП (ЭГК). Основные требования, особенности эмиссионных характеристик и технологии изготовления.
34. Тип термоэлектрической батареи ЯЭУ «БУК».
35. Коллекторные материалы ТЭП (ЭГК). Основные требования, особенности эмиссионно-адсорбционных характеристик и технологии изготовления.
36. Что характеризует барьерный индекс  $V_B$ ?
37. Влияние водорода на характеристики ТЭП.
38. Что такое линия Больцмана?
39. Влияние газо-, парообразных и твердых продуктов деления на характеристики ТЭП.
40. Что характеризуют «кривые Рейзора»?
41. Инженерные методы расчета ВАХ ТЭП и ЭГК.
42. Что такое идеальный ТЭП?
43. Влияние углерода и основные этапы ресурсной деградации ВАХ ТЭП (ЭГК).
44. В чем заключается отличие солнечной батареи и термофотоэлектрического преобразователя энергии?

#### **Критерии и шкала оценивания**

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

## ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Направление<br>подготовки    | <b>14.03.02 «Ядерные физика и технологии»</b>                  |
| Образовательная<br>программа | <b>«Инновационные ядерные технологии»</b>                      |
| Дисциплина                   | <b>Перспективные методы получения и преобразования энергии</b> |

### Комплект тестовых заданий

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 в 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  $V_d$ ;

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

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.

**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%   |

## ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Направление подготовки    | <b>14.03.02 «Ядерная физика и технологии»</b>                  |
| Образовательная программа | <b>«Инновационные ядерные технологии»</b>                      |
| Дисциплина                | <b>Перспективные методы получения и преобразования энергии</b> |

### Темы курсовых проектов (курсовых работ)

Исследовать зависимости работы выхода эмиттера и коллектора от параметра Рейзора (Т/Тез). Определить эффективности ТЭП по барьерному индексу. Входные данные выдаются каждому студенту индивидуально.

#### Показатели и критерии оценки курсового проекта (курсовой работы):

| Показатели оценки                              | Критерии оценки   | Баллы (max) |
|--|---|-------------|
| 1. Новизна курсового проекта (курсовой работы) | - актуальность проблемы и темы;<br>- новизна и самостоятельность в постановке проблемы, в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы;<br>- наличие авторской позиции, самостоятельность суждений.   | 20          |
| 2. Степень раскрытия сущности проблемы         | - соответствие плана теме курсового проекта (курсовой работы);<br>- соответствие содержания теме и плану курсового проекта (курсовой работы);<br>- полнота и глубина раскрытия основных понятий проблемы;<br>- обоснованность способов и методов работы с материалом;<br>- умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал;<br>- умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы. | 30          |
| 3. Обоснованность выбора источников            | - круг, полнота использования литературных источников по проблеме;<br>- привлечение новейших работ по проблеме (журнальные публикации, материалы сборников научных трудов и т.д.).  | 20          |
| 4. Соблюдение                                  | - правильное оформление ссылок на используемую  | 20          |

|                         |  |    |
|-------------------------|--|----|
| требований к оформлению | литературу;<br>- грамотность и культура изложения;<br>- владение терминологией и понятийным аппаратом проблемы;<br>- соблюдение требований к объему реферата;<br>- культура оформления: выделение абзацев. |    |
| 5. Грамотность          | - отсутствие орфографических и синтаксических ошибок, стилистических погрешностей;<br>- отсутствие опечаток, сокращений слов, кроме общепринятых;<br>- литературный стиль.                                 | 10 |

**Шкалы оценок:**

90 – 100 баллов – оценка «отлично»;

75 – 89 баллов – оценка «хорошо»;

60 – 74 баллов – оценка «удовлетворительно»;

0 – 59 баллов – оценка «неудовлетворительно».