

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

УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 30.08.2022 № 1-8/2022

### **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине**

**Моделирование процессов в оборудовании АЭС**

---

*название дисциплины*

для направления подготовки

**14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

---

*код и название направления подготовки*

образовательная программа

**Ядерные реакторы и энергетические установки**

---

Форма обучения: заочная

**г. Обнинск 2022 г.**

### **Область применения**

Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Моделирование процессов в оборудовании АЭС» и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

### **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 «Моделирование процессов в оборудовании АЭС» решаются следующие задачи:

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

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

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

| Код компетенций | Наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  |
|-----------------|---|---|
| ПК-5.1          | Способен производить анализ технического состояния реакторного оборудования, технологических систем и трубопроводов | З-ПК-5.1 Знать: системы контроля, управления и диагностики оборудования; Знать основные этапы обоснования безопасности при эксплуатации реакторов различных типов.<br>У-ПК-5.1 Уметь: выполнять расчетное обоснование эксплуатации реакторов; Уметь моделировать процессы в оборудовании АЭС.<br>В-ПК-5.1 Владеть: специализированными расчетными комплексами, применяемыми для обоснования эксплуатации реакторов; Владеть программными кодами моделирования процессов в оборудовании АЭС. |

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

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.

Место дисциплины и соответствующий этап формирования компетенций в целостном процессе подготовки по образовательной программе можно определить по матрице компетенций, которая приводится в Приложении.

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.п. 4 рабочей программы дисциплины).

### 1.3. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

| № п/п  | Контролируемые разделы (темы) дисциплины                     | Индикатор достижения компетенции | Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации |
|--|--|----------------------------------|---|
| <b>Текущая аттестация, 2 курс, установочная сессия</b>       |  |                                  |   |
| 1.   | Законы баланса   | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | Дкл, ЛР   |
| 2.   | Обзор методик расчета переноса излучения                     | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | Дкл, ЛР   |
| 3.   | Обзор методик расчета переноса тепла и массы                 | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | Дкл, ЛР   |
| <b>Промежуточная аттестация, 2 курс, установочная сессия</b> |  |                                  |   |
|  | зачет  | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | Вопросы к зачету  |
| <b>Текущая аттестация, 2 курс, зимняя сессия</b>             |  |                                  |   |
| 4.   | Реакторные установки   | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | Дкл, ЛР   |
| 5.   | Формирование технологических параметров реакторной установки | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | Дкл, ЛР   |
| 6.   | Системы управления и защиты                                  | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | Дкл, ЛР   |
| 7.   | Основы систем автоматизированного проектирования             | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | Дкл, ЛР   |
| <b>Промежуточная аттестация, 2 курс, зимняя сессия</b>       |  |                                  |   |
|  | экзамен  | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | 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>не зачтено                 |

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.

| Уровень сформированности компетенции | Текущий контроль       | Промежуточная аттестация |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 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 или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

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

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

| Вид контроля               | Этап рейтинговой системы<br>Оценочное средство | Балл    |          |
|----------------------------|--|---------|----------|
|                            |  | Минимум | Максимум |
| <b>Текущий</b>             | <b>Контрольная точка № 1</b>                   | 6       | 10       |
|                            | Доклад   | 6       | 10       |
|                            | <b>Контрольная точка № 2</b>                   | 30      | 50       |
|                            | Индивидуальное домашнее задание                | 30      | 50       |
| <b>Промежуточный</b>       | <b>Зачет</b>                                   | 24      | 40       |
|                            | Вопрос 1                                       | 12      | 20       |
|                            | Вопрос 2                                       | 12      | 20       |
| <b>ИТОГО по дисциплине</b> |  | 60      | 100      |

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Тема доклада и ИДЗ даётся на 1 занятии

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде зачета, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Зачет предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний, приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на зачете для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на зачете.

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

**Обнинский институт атомной энергетики –**

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

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

## **Вопросы к зачету и экзамену**

по дисциплине Моделирование процессов в оборудовании АЭС  
(наименование дисциплины)

1. Сформулировать и записать соотношение баланса нейтронов в диффузионном приближении.
2. Сформулировать и записать соотношение баланса нейтронов в  $P$ -1 приближении.
3. Сформулировать и записать соотношение баланса нейтронов в  $s^4$  приближении.
4. Сформулировать и записать соотношение баланса тепла для задачи стационарного теплообмена на границе стенка жидкость.
5. Сформулировать и записать соотношение баланса массы и импульса для задачи ламинарного течения.
6. Диссипативные и замкнутые системы. Примеры. Подходы к расчетам и анализу.
7. Методы численного расчета задачи переноса нейтронов. Методы численного моделирования. Методы дискретизации расчетной области пространства.
8. Методы численного расчета задачи переноса нейтронов. Методы численного моделирования. Ограничения. Достоинства и недостатки.
9. Методы численного расчета задачи переноса нейтронов. «Сеточные» методы расчета. Ограничения. Достоинства и недостатки.
10. Методы моделирования переноса тепла и массы. Модели турбулентности  $k$ - $\epsilon$  и  $k$ - $\omega$ . Ограничения. Достоинства и недостатки.
11. «Сеточные» методы расчета переноса тепла и массы. Ограничения. Достоинства и недостатки.
12. Энергетические реакторные установки. Основные потребительские показатели. Концепции энергетических ядерных установок.
13. Транспортные реакторные установки. Основные потребительские показатели. Концепции транспортных ядерных установок.
14. Исследовательские реакторные установки. Основные общие потребительские показатели. Концепции исследовательских ядерных установок.
15. Основные технологические параметры реакторных установок. Формирование температуры и давления теплоносителя, плотности потока нейтронов.



16. Материала реакторных установок: конструкционные элементы, теплоноситель, топливо, поглотитель, замедлитель и отражатель.

17. Каналы срабатывания защиты ядерных реакторов. Ложные срабатывания. Требования ядерной безопасности к системе управления и защиты.

18. Системы управления и защиты: способы воздействия на реактивность реактора. Основные концептуальные конструктивные решения для рабочих органов системы управления и защиты.

19. Детерминистический анализ безопасности: достоинства и недостатки.

20. Вероятностный анализ безопасности: достоинства и недостатки.

21. Вероятностный анализ безопасности: исходные события; полная группа событий.

22. Структурная схема надежности и дерева отказов.

23. Источники данных о надежности элементов реакторной установки. Достоинства и недостатки доступных источников.

24. Этапы обработки данных опыта эксплуатации и испытаний.

25. Общий принцип построения физико-статистических моделей надежности.

26. Обоснование ядерной безопасности. Критерии обеспечения ядерной безопасности.

27. Обоснование радиационной безопасности. Критерии обеспечения радиационной безопасности.

#### **Критерии оценки:**

1. уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;

2. полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного;

3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;

4. ответы на дополнительные вопросы.

#### **Описание шкалы оценивания**

| <b>Оценка</b>     | <b>Критерии оценки</b>   |
|-------------------|--|
| 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 | Студент должен:  |

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 25-29                              | <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<br>24 и меньше | <p>Студент демонстрирует:</p> <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> |

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)**

## **Темы докладов**

по дисциплине Моделирование процессов в оборудовании АЭС  
(наименование дисциплины)

1. Вероятностные подходы для моделирования задач переноса излучения.
2. Метод конечных элементов для решения задач переноса нейтронов.
3. Метод граничных элементов для решения задач переноса нейтронов.
4. Метод клеточных автоматов для решения задач переноса нейтронов.
5. Аварии на критических сборках. Хронология, масштабы последствий, анализ аварии и причин.
6. Задачи тепломассобмена: модели учета турбулентности.
7. Метод конечных элементов для решения задач тепломассобмена.
8. Метод конечных объемов для решения задач тепломассобмена.
9. Прямое моделирование задач тепломассобмена.
10. Современные концепции энергетических ядерных установок.
11. Современные концепции транспортных ядерных установок.
12. Концепции конструктивных решений рабочих органов системы управления и защиты ядерных реакторов.
13. Основные методики построения физико-статистических моделей надежности.
14. Источники данных о надежности элементов реакторных установок. Обзор источников. Проблемы оценки надежности элементов ядерных установок.
15. Вероятностный анализ безопасности. Уровни. Использование при обосновании ядерной и радиационной безопасности.

### Критерии оценки:

| <b>Показатели оценки</b>               | <b>Критерии оценки</b>  | <b>Баллы (max)</b> |
|--|---|--------------------|
| 1. Новизна текста                      | - 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.   | 2                  |
| 2. Степень раскрытия сущности проблемы | - соответствие содержания теме доклада;<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. | 3                  |
| 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.).  | 2                  |
| 4. Соблюдение требований к оформлению  | - грамотность и культура изложения;<br>- владение терминологией и понятийным аппаратом проблемы;<br>- соблюдение требований к объему презентации.   | 2                  |
| 5. Грамотность                         | - отсутствие орфографических и синтаксических ошибок, стилистических погрешностей;<br>- отсутствие опечаток, сокращений слов, кроме общепринятых;<br>- литературный стиль.  | 1                  |

### Описание шкалы оценивания

5-10 баллов контрольная точка считается выполненной

0-4 баллов доклад отдается на доработку

## **Варианты индивидуальных домашних заданий**

по дисциплине Моделирование процессов в оборудовании АЭС  
(наименование дисциплины)

### Вариант 1

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – тепловой энергетический реактор;
- тепловая мощность – 3000 МВт;
- топливо – диоксид урана;
- теплоноситель – легкая вода;
- ТВЭЛ:
  - тип – стержневые;
  - ячейка – треугольная;
  - отношение диаметра к шагу ячейки – 1,2;

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 4,4 % и 5,8%.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом диффузионном приближении;
- расчет распределения температур топлива, оболочки ТВЭЛ и температуры теплоносителя для одной ячейки методом конечных элементов.

Определить температуру и давление теплоносителя из условий температуры пруда охладителя 27°C, КПД турбины 37%, материал оболочки ТВЭЛ сплав Н-2,5.

## Вариант 2

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – тепловой реактор транспортного назначения;
- тепловая мощность – 300 МВт;
- топливо – диоксид урана;
- теплоноситель – легкая вода;
- ТВЭЛ:
  - тип – стержневые;
  - ячейка – треугольная;
  - отношение диаметра к шагу ячейки – 1,2;

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 7,2 % и 8,9%.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом диффузионном приближении;
- расчет распределения температур топлива, оболочки ТВЭЛ и температуры теплоносителя для одной ячейки методом конечных элементов.

Определить температуру и давление теплоносителя из условий температуры охладителя 24°C, КПД турбины 42%, материал оболочки ТВЭЛ сплав Н-2,5.

## Вариант 3

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – тепловой энергетический реактор;
- тепловая мощность – 3000 МВт;
- топливо – нитрид урана;
- теплоноситель – легкая вода;
- ТВЭЛ:
  - тип – стержневые;
  - ячейка – треугольная;
  - отношение диаметра к шагу ячейки – 1,2;

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 4,4 % и 5,8%.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом диффузионном приближении;
- расчет распределения температур топлива, оболочки ТВЭЛ и температуры теплоносителя для одной ячейки методом конечных элементов.

Определить температуру и давление теплоносителя из условий температуры пруда охладителя 27°C, КПД турбины 37%, материал оболочки ТВЭЛ сплав Н-2,5.

#### Вариант 4

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – тепловой энергетический реактор;
- тепловая мощность – 3000 МВт;
- топливо – нитрид урана;
- теплоноситель – легкая вода;
- ТВЭЛ:
  - тип – стержневые;
  - ячейка – треугольная;
  - отношение диаметра к шагу ячейки – 1,2;

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 4,4 % и 5,8%.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом  $p$ -1 приближении;
- расчет распределения температур топлива, оболочки ТВЭЛ и температуры теплоносителя для одной ячейки методом конечных элементов.

Определить температуру и давление теплоносителя из условий температуры пруда охладителя 27°C, КПД турбины 37%, материал оболочки ТВЭЛ сплав Н-2,5.

#### Вариант 5

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – тепловой энергетический реактор;
- тепловая мощность – 3000 МВт;
- топливо – нитрид урана;
- теплоноситель – легкая вода;
- ТВЭЛ:
  - тип – стержневые;
  - ячейка – треугольная;
  - отношение диаметра к шагу ячейки – 1,2;

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 4,4 % и 5,8%.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом  $p$ -1 приближении;
- расчет распределения температур топлива, оболочки ТВЭЛ и температуры теплоносителя для одной ячейки методом конечных элементов.

Определить температуру и давление теплоносителя из условий температуры пруда охладителя 27°C, КПД турбины 37%, материал оболочки ТВЭЛ сплав Н-2,5.

### Вариант 6

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – тепловой реактор транспортного назначения;
- тепловая мощность – 300 МВт;
- топливо – нитрид урана;
- теплоноситель – легкая вода;
- ТВЭЛ:
  - тип – стержневые;
  - ячейка – треугольная;
  - отношение диаметра к шагу ячейки – 1,2;

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 7,2 % и 8,9%.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом  $p$ -1 приближении;
- расчет распределения температур топлива, оболочки ТВЭЛ и температуры теплоносителя для одной ячейки методом конечных элементов.

Определить температуру и давление теплоносителя из условий температуры охладителя 24°C, КПД турбины 42%, материал оболочки ТВЭЛ сплав Н-2,5.

### Вариант 7

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – быстрый энергетический реактор;
- тепловая мощность – 3000 МВт;
- топливо – нитрид урана;
- теплоноситель – жидкий натрий;
- ТВЭЛ:
  - тип – стержневые;
  - ячейка – треугольная;
  - отношение диаметра к шагу ячейки – 1,1;

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 16 % и 18,6 %.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом  $p$ -1 приближении;
- расчет распределения температур топлива, оболочки ТВЭЛ и температуры теплоносителя для одной ячейки методом конечных элементов.

Определить температуру и давление теплоносителя из условий температуры пруда охладителя 27°C, КПД турбины 37%, материал оболочки ТВЭЛ перлитная сталь.



## Вариант 8

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – тепловой энергетический реактор;
- тепловая мощность – 3000 МВт;
- топливо – нитрид урана;
- теплоноситель – CO<sub>2</sub>;
- ТВЭЛ:
  - тип – стержневые;
  - ячейка – треугольная;
  - отношение диаметра к шагу ячейки – 1,2;

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 4,4 % и 5,8%.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом диффузионном приближении;
- расчет распределения температур топлива, оболочки ТВЭЛ и температуры теплоносителя для одной ячейки методом конечных элементов.

Определить температуру и давление теплоносителя из условий температуры пруда охладителя 27°C, КПД турбины 37%, материал оболочки ТВЭЛ сплав Н-2,5.

## Вариант 9

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – быстрый реактор транспортного назначения;
- тепловая мощность – 300 МВт;
- топливо – нитрид урана;
- теплоноситель – эвтектика свинец-висмут;
- ТВЭЛ:
  - тип – стержневые;
  - ячейка – треугольная;
  - отношение диаметра к шагу ячейки – 1,1;

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 18 % и 23%.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом  $p$ -1 приближении;
- расчет распределения температур топлива, оболочки ТВЭЛ и температуры теплоносителя для одной ячейки методом конечных элементов.

Определить температуру и давление теплоносителя из условий температуры охладителя 24°C, КПД турбины 42%, материал оболочки ТВЭЛ перлитная сталь.

### Вариант 10

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – быстрый реактор транспортного назначения;
- тепловая мощность – 300 МВт;
- топливо/теплоноситель – жидкая соль.

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 7,2 % и 16%.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом  $p$ -1 приближении;
- расчет распределения температур топлива/теплоносителя по активной зоне методом конечных элементов.

Определить температуру топлива/теплоносителя из условий температуры охладителя 24°C, КПД турбины 42%, материал корпусных элементов – композитная металлокерамика (предельная рабочая температура 1600 °C).

### Вариант 11

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – быстрый энергетический реактор;
- тепловая мощность – 600 МВт;
- топливо/теплоноситель – жидкая соль.

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 8,9 % и 19,4%.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом  $p$ -1 приближении;
- расчет распределения температур топлива/теплоносителя по активной зоне методом конечных элементов.

Определить температуру топлива/теплоносителя из условий температуры охладителя -124°C, КПД турбины 42%, материал корпусных элементов – композитная металлокерамика (предельная рабочая температура 1600 °C).

### Вариант 12

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – быстрый энергетический реактор;
- тепловая мощность – 600 МВт;
- топливо – диоксид урана;
- теплоноситель – CO<sub>2</sub>;
- ТВЭЛ:
  - тип – стержневые;
  - ячейка – треугольная;
  - отношение диаметра к шагу ячейки – 1,3;

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 4,2 % и 5,95 %.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом диффузионном приближении;
- расчет распределения температур топлива, оболочки ТВЭЛ и температуры теплоносителя для одной ячейки методом конечных элементов.

Определить температуру и давление теплоносителя из условий температуры пруда охладителя  $-127^{\circ}\text{C}$ , КПД турбины 37%, материал оболочки ТВЭЛ перлитная сталь.

### Вариант 13

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – тепловой энергетический реактор;
- тепловая мощность – 3000 МВт;
- топливо – диоксид урана;
- теплоноситель –  $\text{CO}_2$ ;
- ТВЭЛ:
  - тип – стержневые;
  - ячейка – треугольная;
  - отношение диаметра к шагу ячейки – 1,3;

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 4,4 % и 5,8%.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом диффузионном приближении;
- расчет распределения температур топлива, оболочки ТВЭЛ и температуры теплоносителя для одной ячейки методом конечных элементов.

Определить температуру и давление теплоносителя из условий температуры охладителя  $-127^{\circ}\text{C}$ , КПД турбины 37%, материал оболочки ТВЭЛ сплав Н-2,5.

### Вариант 14

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – быстрый реактор транспортного назначения;
- тепловая мощность – 300 МВт;
- топливо – диоксид урана;
- теплоноситель – эвтектика свинец-висмут;
- ТВЭЛ:
  - тип – стержневые;
  - ячейка – треугольная;
  - отношение диаметра к шагу ячейки – 1,1;

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 18 % и 23%.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом  $p$ -1 приближении;
- расчет распределения температур топлива, оболочки ТВЭЛ и температуры теплоносителя для одной ячейки методом конечных элементов.

Определить температуру и давление теплоносителя из условий температуры охладителя  $-124^{\circ}\text{C}$ , КПД турбины 42%, материал оболочки ТВЭЛ перлитная сталь.

### Вариант 15

Разработать эскизный проект реакторной установки:

- тип – быстрый реактор транспортного назначения;
- тепловая мощность – 300 МВт;
- топливо – нитрид урана;
- теплоноситель – эвтектика свинец-висмут;
- ТВЭЛ:
  - тип – кольцевые;
  - ячейка – треугольная;
  - отношение диаметра к шагу ячейки – 1,1;

В рамках проектирования выполнить вариантный анализ обогащения топлива 16 % и 18,6%.

При проектировании выполнить расчет:

- полей плотности потока нейтронов методом конечных элементов в 4 групповом  $p$ -1 приближении;
- расчет распределения температур топлива, оболочки ТВЭЛ и температуры теплоносителя для одной ячейки методом конечных элементов.

Определить температуру и давление теплоносителя из условий температуры охладителя  $-124^{\circ}\text{C}$ , КПД турбины 42%, материал оболочки ТВЭЛ перлитная сталь.

### Критерии оценки:

Показатели и критерии оценки доклада:

| <b>Оценка</b> | <b>Критерии</b>   |
|---------------|---|
| <b>40-50</b>  | 1) полное раскрытие темы;<br>2) указание точных названий и определений;<br>3) правильная формулировка понятий и категорий;<br>4) приведение формул.   |
| <b>30-40</b>  | 1) недостаточно полное, по мнению преподавателя, раскрытие темы;<br>2) несущественные ошибки в определении понятий, формулах и т. п., кардинально не меняющих суть изложения;<br>3) наличие грамматических и стилистических ошибок и др.  |
| <b>20-30</b>  | 1) ответ отражает общее направление изложения лекционного материала;<br>2) наличие достаточного количества несущественных или одной-двух существенных ошибок в определении понятий и категорий, формулах, статистических данных и т. п.;<br>3) наличие грамматических и стилистических ошибок и др. |
| <b>0-20</b>   | 1) нераскрытие темы;<br>2) большое количество существенных ошибок;<br>3) наличие грамматических и стилистических ошибок и др.   |

### Описание шкалы оценивания

30-50 ИДЗ засчитывается.

0-29 ИДЗ на доработку.