

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Расчетное обеспечение эксплуатации ядерных реакторов

---

*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 2023 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – обучение студентов работе с программными комплексами, используемыми при эксплуатации реакторных установок.

Задачи дисциплины:

- изучение методов проведения нейтронных и теплогидравлических расчетов;
- освоение программных комплексов, аттестованных для соответствующих типов ядерных реакторов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части и относится к профессиональному модулю; изучается на 2 курсе в (во) установочной и зимней сессиях.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: Физика ядерных реакторов; Оборудование АЭС.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Расчетное обоснование эксплуатации реакторов.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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. |

## 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

В рамках освоения ОП магистратуры программа воспитания не реализуется.

**5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

| Вид работы                                     | Количество часов на вид работы: |                             |            |
|------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------|
|                                                | 2 курс,<br>установ.<br>сессия   | 2 курс,<br>зимняя<br>сессия | Всего      |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем |                                 |                             |            |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>              | <b>18</b>                       | <b>18</b>                   | <b>36</b>  |
| В том числе:                                   |                                 |                             |            |
| лекции                                         | 6                               | 6                           | 12         |
| практические занятия                           | 6                               | 6                           | 12         |
| лабораторные занятия                           | 6                               | 6                           | 12         |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                |                                 |                             |            |
| В том числе:                                   |                                 |                             |            |
| зачет                                          |                                 |                             |            |
| зачет с оценкой                                | 4                               |                             | 4          |
| экзамен                                        |                                 | 9                           | 9          |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся</b>      | <b>50</b>                       | <b>81</b>                   | <b>131</b> |
| <b>Всего (часы):</b>                           | <b>72</b>                       | <b>108</b>                  | <b>180</b> |
| <b>Всего (зачетные единицы):</b>               | <b>2</b>                        | <b>3</b>                    | <b>5</b>   |

**6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ**

**6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

| Неделя | Наименование раздела / темы дисциплины                | Виды учебной работы |          |          |        |           |
|--------|-------------------------------------------------------|---------------------|----------|----------|--------|-----------|
|        |                                                       | Лек                 | Пр       | Лаб      | Внеауд | СРО       |
|        | <b>1. Методы решения уравнений переноса нейтронов</b> | <b>4</b>            | <b>4</b> | <b>6</b> |        | <b>40</b> |
|        | 1.1. Метод Монте-Карло                                | 1                   | 1        | 6        |        | 20        |
|        | 1.2. Прямые детерминистические методы                 | 1                   | 1        |          |        | 10        |
|        | 1.3. Инженерные методы                                | 2                   | 2        |          |        | 10        |
|        | <b>2. Методы решения задач тепломассопереноса</b>     | <b>2</b>            | <b>2</b> |          |        | <b>10</b> |
|        | 2.1. Аналитические методы решений                     | 2                   | 2        |          |        | 10        |
|        | <b>Итого за зимний семестр:</b>                       | <b>6</b>            | <b>6</b> | <b>6</b> |        | <b>50</b> |
|        | <b>2. Методы решения задач тепломассопереноса</b>     | <b>3</b>            | <b>3</b> |          |        | <b>20</b> |
|        | 2.2. Численные методы решения                         | 3                   | 3        |          |        | 20        |
|        | <b>3. Программное</b>                                 | <b>3</b>            | <b>3</b> | <b>6</b> |        | <b>61</b> |

|  |                                                     |           |           |           |  |            |
|--|-----------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--|------------|
|  | <b>сопровождение эксплуатации ядерных реакторов</b> |           |           |           |  |            |
|  | 3.1. Прецизионные программы                         | 1         | 1         |           |  | 20         |
|  | 3.2. Инженерные программы                           | 1         | 1         | 6         |  | 21         |
|  | 3.3. Эксплуатационные программы                     | 1         | 1         |           |  | 20         |
|  | <b>Итого за летний семестр:</b>                     | <b>6</b>  | <b>6</b>  | <b>6</b>  |  | <b>81</b>  |
|  | <b>Всего:</b>                                       | <b>12</b> | <b>12</b> | <b>12</b> |  | <b>131</b> |

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная контактная работа, СРО – самостоятельная работа.

## 6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

| Неделя | Наименование раздела / темы дисциплины                             | Содержание                                                                                                                                                                                              |
|--------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | <b>1. Методы решения уравнений переноса нейтронов</b>              |                                                                                                                                                                                                         |
|        | 1.1. Метод Монте-Карло                                             | Уравнение переноса нейтронов в интегро-дифференциальной форме. Общая схема моделирования методом Монте-Карло. Моделирование траекторий частицы, особенности моделирования траектории заряженных частиц. |
|        | 1.2. Прямые детерминистические методы                              | Метод характеристик. $S_N$ метод. Метод вероятностей первых столкновений (ВПС). $P_N$ приближения.                                                                                                      |
|        | 1.3. Инженерные методы                                             | Диффузионное приближение и способы его решения                                                                                                                                                          |
|        | <b>2. Методы решения задач тепломассопереноса</b>                  |                                                                                                                                                                                                         |
|        | 2.1. Аналитические методы решений                                  | Метод разделения переменных (метод Фурье). Метод источников (или метод функций Грина). Методы преобразования Лапласа и другие методы интегральных преобразований.                                       |
|        | 2.2. Численные методы решения                                      | Численные методы решения задачи Коши. Методы Рунге-Кутты. Метод коллокаций. Метод Бубнова-Галеркина. Метод конечных разностей. Методы базисных функций. Метод конечных элементов.                       |
|        | <b>3. Программное сопровождение эксплуатации ядерных реакторов</b> |                                                                                                                                                                                                         |
|        | 3.1. Прецизионные программы                                        | Основы работы с библиотеками оцененных нейтронных данных. Основные задачи прецизионных программ. Описание работы и особенности расчетов на программах: MCU, MCNP, SERPENT.                              |
|        | 3.2. Инженерные программы                                          | Основные задачи инженерных программ. Описание работы и особенности расчетов на программах: Сапфир, TRIGEX, WIMS                                                                                         |
|        | 3.3. Эксплуатационные программы                                    | Основные задачи эксплуатационных программ. Описание работы и особенности расчетов на программах: БИПР, HEXA, PRIZMA, GEFEST.                                                                            |

*Практические/семинарские занятия*

| Неделя                                                             | Наименование раздела / темы дисциплины | Содержание                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Методы решения уравнений переноса нейтронов</b>              |                                        |                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                    | 1.1. Метод Монте-Карло                 | Уравнение переноса нейтронов в интегро-дифференциальной форме. Общая схема моделирования методом Монте-Карло. Моделирование траекторий частицы, особенности моделирования траектории заряженных частиц. |
|                                                                    | 1.2. Прямые детерминистические методы  | Метод характеристик. $S_N$ метод. Метод вероятностей первых столкновений (ВПС). $P_N$ приближения.                                                                                                      |
|                                                                    | 1.3. Инженерные методы                 | Диффузионное приближение и способы его решения                                                                                                                                                          |
| <b>2. Методы решения задач тепломассопереноса</b>                  |                                        |                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                    | 2.1. Аналитические методы решений      | Метод разделения переменных (метод Фурье). Метод источников (или метод функций Грина). Методы преобразования Лапласа и другие методы интегральных преобразований.                                       |
|                                                                    | 2.2. Численные методы решения          | Численные методы решения задачи Коши. Методы Рунге-Кутты. Метод коллокаций. Метод Бубнова-Галеркина. Метод конечных разностей. Методы базисных функций. Метод конечных элементов.                       |
| <b>3. Программное сопровождение эксплуатации ядерных реакторов</b> |                                        |                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                    | 3.1. Прецизионные программы            | Основы работы с библиотеками оцененных нейтронных данных. Основные задачи прецизионных программ. Описание работы и особенности расчетов на программах: MCU, MCNP, SERPENT.                              |
|                                                                    | 3.2. Инженерные программы              | Основные задачи инженерных программ. Описание работы и особенности расчетов на программах: Сапфир, TRIGEX, WIMS                                                                                         |
|                                                                    | 3.3. Эксплуатационные программы        | Основные задачи эксплуатационных программ. Описание работы и особенности расчетов на программах: БИПР, HEXA, PRIZMA, GEFEST.                                                                            |

*Лабораторные занятия*

| Неделя                                                             | Наименование раздела / темы дисциплины | Содержание                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Методы решения уравнений переноса нейтронов</b>              |                                        |                                                                                               |
|                                                                    | 1.1. Метод Монте-Карло                 | Разработать модель активной зоны и провести расчет выгорания топлива реактора в ПК SERPENT.   |
| <b>3. Программное сопровождение эксплуатации ядерных реакторов</b> |                                        |                                                                                               |
|                                                                    | 3.2. Инженерные программы              | Разработать модель активной зоны и провести расчет выгорания топлива реактора в ПК Сапфир 95. |

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Расчетное обеспечение эксплуатации ядерных реакторов», утверждено на заседании отделения ЯФиТ (протокол № 1 от «30» августа 2021 г.).

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. 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, 2 курс, установочная сессия</b>       |                                                             |                                  |                                                                     |
| 1.                                                           | 1. Методы решения уравнений переноса нейтронов              | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | Дкл1                                                                |
| 2.                                                           | 2. Методы решения задач тепломассопереноса                  | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | ЛР1                                                                 |
| <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>             |                                                             |                                  |                                                                     |
| 1.                                                           | 2. Методы решения задач тепломассопереноса                  | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | Дкл2                                                                |
| 2.                                                           | 3. Программное сопровождение эксплуатации ядерных реакторов | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | ЛР2                                                                 |
| <b>Промежуточная аттестация, 2 курс, зимняя сессия</b>       |                                                             |                                  |                                                                     |
|                                                              | экзамен                                                     | 3-ПК-5.1; У-ПК-5.1; В-ПК-5.1     | Экзаменационный билет                                               |

### 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

### 8.3. 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 семестре обучения по образовательным программам магистратуры, в котором единственная контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость в конце учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины учебного семестра.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

#### 2 курс, установочная сессия

| Этап рейтинговой системы /<br>Оценочное средство | Неделя | Балл                         |            |
|--------------------------------------------------|--------|------------------------------|------------|
|                                                  |        | Минимум*                     | Максимум** |
| <b>Текущая аттестация</b>                        |        | <b>36 - 60% от максимума</b> | <b>60</b>  |
| <b>Контрольная точка № 1</b>                     |        | <b>36 (60% от 30)</b>        | <b>60</b>  |
| Дкл1                                             |        | 18                           | 30         |
| ЛР1                                              |        | 18                           | 30         |
| <b>Промежуточная аттестация</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> |

#### 2 курс, зимняя сессия

| Этап рейтинговой системы /<br>Оценочное средство | Неделя | Балл                         |            |
|--------------------------------------------------|--------|------------------------------|------------|
|                                                  |        | Минимум*                     | Максимум** |
| <b>Текущая аттестация</b>                        |        | <b>36 - 60% от максимума</b> | <b>60</b>  |
| <b>Контрольная точка № 1</b>                     |        | <b>36 (60% от 30)</b>        | <b>60</b>  |
| Дкл2                                             |        | 18                           | 30         |
| ЛР2                                              |        | 18                           | 30         |
| <b>Промежуточная аттестация</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.

#### 8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных обучающимся при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

| <i>Сумма баллов</i> | <i>Оценка по 4-х балльной шкале</i>     | <i>Оценка ECTS</i> | <i>Требования к уровню освоения учебной дисциплины</i>                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------|-----------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>90-100</b>       | 5- «отлично»/ «зачтено»                 | A                  | Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы                                       |
| <b>85-89</b>        | 4 - «хорошо»/ «зачтено»                 | B                  | Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос                                                                                                                                           |
| <b>75-84</b>        |                                         | C                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>70--74</b>       |                                         | D                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>65-69</b>        | 3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»      | E                  | Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала                                          |
| <b>60-64</b>        |                                         |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>0-59</b>         | 2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено» | F                  | Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине |

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) основная учебная литература:

1. Демидович, Б.П. Основы вычислительной математики: учебное пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 672 с. — ISBN 978-5-8114-0695-1. — Текст: электронный// Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167894>.
2. Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. Численные методы в задачах и упражнениях. ЛАНЬ, Москва, 2010.

3. Марчук, Г. И. Методы вычислительной математики: учебное пособие / Г. И. Марчук. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-0892-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167761>.
4. Численные методы: Учеб. пособие для вузов / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. - 2-е изд. - М.: Наука. Физматлит: Лаборатория Базовых Знаний; СПб.: Невский Диалект, 2002. - 632 с.
5. Нейтронно-физический расчет ядерных реакторов: учеб. пособие / Д. А. Клинов, В. В. Колесов. — Обнинск: ИАТЭ Ч. 1: Подготовка библиотек многогрупповых констант с использованием комплекса NJOY. — 2002. — 54 с.

**б) дополнительная учебная литература:**

1. Колесов, В. В. Файлы ядерных данных и их использование в нейтронно-физических расчетах: учебное пособие / В. В. Колесов, М. Ю. Терновых, Г. В. Тихомиров. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2014. — 68 с. — ISBN 978-5-7262-1869-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103227> У.Г. Пирумов. Численные методы. Дрофа, Москва, 2003.
2. Л.И. Турчак, П.В. Плотников. Основы численных методов. Физматлит. Москва, 2002 г.
3. Коробейников В.В., Клинов Д.А. Введение в нейтронно-физический расчет реакторов: учебное пособие / В.В. Коробейников, Д.А. Клинов. - Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2011. - 188 с.
4. Гуревич М.И., Шкаровский Д.А. Расчет переноса нейтронов методом Монте-Карло по программе MCSU: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2012. — 156 с.
5. Спанье Дж., Гелбард Э. Метод Монте-Карло и задачи переноса нейтронов. М.: Атомиздат. 1972 г., 272 с.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс] URL: <http://elibrary.ru> (Дата обращения: 10.05.2021).
2. Электронно-библиотечная система издательство "Лань": [Электронный ресурс] URL: [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com) (Дата обращения: 10.05.2021).
3. Электронно-библиотечная система "НИЯУ МИФИ": [Электронный ресурс] URL: [www.library.mephi.ru](http://www.library.mephi.ru) (Дата обращения: 10.05.2021).
4. Библиотека численного анализа НИВЦ МГУ: [Электронный ресурс] URL: [http://num-anal.srcc.msu.ru/lib\\_na/libnal.htm](http://num-anal.srcc.msu.ru/lib_na/libnal.htm) (Дата обращения: 10.05.2021).

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Планомерная организация последовательности различных видов аудиторных занятий (лекций и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой студента. При изложении разделов (тем) указание на связь с учебным материалом других дисциплин учебного плана, а также практическими приложениями к технологии жидкометаллических теплоносителей. Систематические индивидуальные консультации. Стимулирование использования в процессе обучения компьютерной техники и информационных технологий.

| Вид учебных занятий | Организация деятельности студента                                                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекция              | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; |

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.                                                                                                                                             |
| Практические занятия            | При подготовки к практическим занятиям повторить основные понятия по темам лекционных занятий задания. Решая поставленные задания, предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить. При возникновении трудностей с решением или пониманием сформулировать и задать вопросы преподавателю                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Лабораторные занятия            | При подготовке к лабораторным работам следует ознакомиться с методическими руководствами по работе с изучаемыми программными комплексами. Важно внимательно ознакомиться с функционалом и возможностями данных комплексов. При защите лабораторных работ важно детально разбираться в теоретических аспектах ПК.                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Доклад                          | Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением доклада.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Реферат                         | Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Коллоквиум                      | Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и др.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Индивидуальное домашнее задание | При выполнении индивидуальных заданий необходимо сначала прочитать теорию и изучить примеры по каждой теме. Решая конкретную задачу, предварительно следует понять, что требуется от Вас в данном случае, какой теоретический материал нужно использовать, наметить общую схему решения. Если Вы решали задачу «по образцу» рассмотренного на аудиторном занятии или в методическом пособии примера, то желательно после этого обдумать процесс решения и попробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.                                                                                                |
| Подготовка к зачету             | При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, перечень ресурсов сети интернет. Дополнительно к изучению конспектов лекций необходимо пользоваться учебниками по ядерным технологиям. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемых тем дисциплины. При подготовке к зачету нужно освоить теорию: разобрать определения всех понятий, рассмотреть примеры и самостоятельно решить несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо комментировать свои действия и не забывать о содержательной интерпретации. |
| Подготовка к экзамену           | При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, задачи практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемой дисциплины.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

## 12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешенном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

### ***12.1. Перечень информационных технологий***

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение лекций и практических занятий с использованием слайд-презентаций;
- Интерактивное общение с помощью программы skype;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и ЭИОС.

### ***12.2. Перечень программного обеспечения***

- ПК SERPENT.
- ПК Сапфир 95.
- Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»).

### ***12.3. Перечень информационных справочных систем***

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

- 1) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, [http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK](http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK);
- 2) ЭБС «Издательства Лань», <https://e.lanbook.com/>;
- 3) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, <https://.book.ru>;
- 4) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary), <https://elibrary.ru>;
- 5) Базовая версия ЭБС IPRbooks, <https://.iprbooks.ru>;
- 6) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» <https://.studentlibrary.ru>;

- 7) Электронно-библиотечная система «Айбукс.py/ibooks.ru», <https://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>;
- 8) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <https://urait.ru/>.

### **13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Лекционные и практические занятия:

Учебная аудитория на 20 мест с мультимедийным оборудованием, программное обеспечение для компьютерных презентаций. Доска.

Лабораторные занятия:

Учебная аудитория на 10 рабочих мест, оборудованных компьютерами с установленными ПК: SERPENT и Сапфир 95.

### **14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ**

#### **14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

| <b>№ пп</b> | <b>Наименование темы дисциплины</b> | <b>Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)</b> | <b>Количество ак. ч.</b> | <b>Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий</b> |
|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1.          | Метод Монте-Карло                   | лекция/практические занятия                                 | 2                        | лекция-беседа, мозговой штурм, презентация                           |
| 2.          | Прямые детерминистические методы    | лекция/практические занятия                                 | 2                        | лекция-беседа, мозговой штурм, презентация                           |
| 3.          | Инженерные методы                   | лекция/практические занятия                                 | 4                        | лекция-беседа, мозговой штурм, презентация                           |
| 4.          | Аналитические методы решений        | лекция/практические занятия                                 | 4                        | лекция-беседа, мозговой штурм, презентация                           |
| 5.          | Численные методы решения            | лекция/практические занятия                                 | 6                        | лекция-беседа, мозговой штурм, презентация                           |
| 6.          | Прецизионные программы              | лекция                                                      | 2                        | лекция-беседа, мозговой штурм, презентация                           |
| 7.          | Инженерные программы                | лекция                                                      | 2                        | лекция-беседа, мозговой штурм, презентация                           |
| 8.          | Эксплуатационные программы          | лекция                                                      | 2                        | лекция-беседа, мозговой штурм, презентация                           |

#### **14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)**

##### **Темы для самостоятельного изучения**

1. Метод разделения переменных (метод Фурье).

2. Методы преобразования Лапласа.
3. Методы базисных функций.
4. Метод конечных разностей.
5. Метод конечных элементов.
6. Диффузионное приближение.
7. Метод Галеркина.
8. Метод Рунге-Кутты.
9. Теория возмущений.
10. Метод источников (или метод функций Грина).
11. Метод Бубнова-Галеркина.
12. Диффузионно-возрастное приближение.
13. Коэффициенты чувствительности параметров ядерного реактора.
14. Метод KERMA и TERMA-факторов.
15. Оптимизация параметров ядерного реактора.
16. Учёт гетерогенности в расчётах реактора.
17. Погрешности нейтронно-физического расчёта.
18. Система контрольных задач для верификации алгоритмов и программ нейтронно-физических расчётов (Бенчмарки).
19. Учёт пространственных эффектов в измерениях эффективности стержней СУЗ.
20. Теория малых возмущений.
21. Библиотеки оцененных ядерных данных.
22. Погрешности нейтронно-физического расчёта.
23. Конечно-разностная аппроксимация первых и вторых производных.
24. Метод простых итераций.
25. Метод Зейделя.
26. Простейшие квадратурные формулы. Формула прямоугольников, трапеции и формула Симпсона.
27. Метод Адамса.

## **15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

**Для лиц с нарушением слуха** возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т.д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае обучающийся предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для **лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний, обучающихся на практических занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

**Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата** не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия обучающийся может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия обучающийся должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т.д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем обучающийся в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

**Программу составил:**

\_\_\_\_\_ Р.В. Фомин, к.т.н., доцент отд. ЯФиТ

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_ В.В. Колесов, к.ф.-м.н., доцент отд. ЯФиТ