

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Димитровградский инженерно-технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ДИТИ НИЯУ МИФИ)**

**УТВЕРЖДАЮ:**

Декан физико-технического факультета

\_\_\_\_\_

(в состав, которого входит кафедра-составитель)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ОД.2.3 Твэлы и ТВС ядерных энергетических установок**

Направление подготовки \_\_\_\_\_ *03.04.02 Ядерные физика и технологии*

Квалификация выпускника \_\_\_\_\_ *Магистр*

Форма обучения \_\_\_\_\_ *очная*

Выпускающая кафедра \_\_\_\_\_ *Кафедра ядерных реакторов и материалов*

Кафедра-разработчик рабочей программы \_\_\_\_\_ *Кафедра ядерных реакторов и материалов*

| Семестр      | Трудоемкость<br>час. (ЗЕТ) | Лекций,<br>час. | Практич.<br>занятий,<br>час. | Лаборат.<br>работ,<br>час. | СРС,<br>час. | Форма<br>промежуточного<br>контроля<br>(экз., час./зачет) |
|--------------|----------------------------|-----------------|------------------------------|----------------------------|--------------|---|
| 4            | 144 (4)                    | 18              | 18                           | 0                          | 108          | зачет   |
| <b>Итого</b> | 144 (4)                    | 18              | 18                           | 0                          | 108          | зачет   |

Димитровград  
2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 3  |
| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО .....  | 3  |
| 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....  | 4  |
| 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 5  |
| 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....  | 12 |
| 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ,<br>ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ) ..... | 12 |
| 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ   | 13 |
| 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....  | 15 |
| 9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ.....   | 15 |
| Приложение 1 .....   | 18 |
| Приложение 2 .....   | 19 |
| Приложение 3 .....   | 20 |
| Приложение 4 .....   | 22 |

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целями** освоения дисциплины «Твэлы и ТВС ядерных энергетических установок» являются рассмотрение на примерах результатов послереакторных исследований ТВС и твэлов ядерных реакторов ВВЭР, РБМК и БН показаны изменения основных параметров и характеристик ядерного топлива в результате эксплуатации в реакторе, рассмотрены основные физико-химические процессы, которые влияют на работоспособность, надежность и безопасность эксплуатации ТВС и твэлов.

Учебная дисциплина «Твэлы и ТВС ядерных энергетических установок» является обязательной общепрофессиональной дисциплиной, в которой соединена тематика безопасного взаимодействия человека со средой обитания и вопросы защиты от негативных факторов в чрезвычайных ситуациях.

### **Задачи дисциплины:**

- 1) Исследование типов ядерных реакторов, классификации ТВС и твэлов.
- 2) Рассмотрение конструкции и основных характеристик ТВС и твэлов ядерных реакторов АЭС России: ВВЭР-440; ВВЭР-1000; РБМК-1000 и БН-600.
- 3) Изучение основных физико-химических процессов, которые протекают в ТВС и твэлах при эксплуатации.
- 4) Рассмотрение на примере материаловедческого комплекса НИИАР методов и средств исследования облученных ТВС и твэлов в защитных камерах.
- 5) Исследование обобщенных основных результатов исследования облученных ТВС и твэлов ВВЭР, РБМК и БН соответственно.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина *Твэлы и ТВС ядерных энергетических установок* относится к *вариативной* части блока *1 профессионального* модуля учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

### знание

31. типы различных детекторов для обнаружения и распознавания ядерных излучений и планирование процедуры измерений;
32. виды технических средств для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;
33. способы наладки, настройки, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств;

### умения

- У1. самостоятельно оценить возможность использования детекторов различных типов для обнаружения и распознавания ядерных излучений и планирование процедуры измерений;
- У2. использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;
- У3. планировать мероприятия по наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств;

### владение

- В1. навыками самостоятельно оценить возможность использования детекторов различных типов для обнаружения и распознавания ядерных излучений и планирование процедуры измерений

В2. способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций

В3. способностью к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств.

Таблица 2.1 – Перечень предшествующих и последующих дисциплин, формирующих общекультурные и профессиональные компетенции

| Код   | Наименование компетенции  | Предшествующие дисциплины  | Последующие дисциплины (группы дисциплин)  |
|-------|---|--|--|
| ПК-10 | способностью формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов | Пакеты прикладных программ<br>Действие облучения на материалы  | Спецпрактикум<br>Компьютерные технологии<br>Государственная итоговая аттестация  |
| ПК-11 | способностью к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам   | Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском<br>Исследовательские ядерные установки<br>Специальные проблемы экологии и безопасности | Основы ядерного нераспространения и безопасного обращения с ядерными материалами<br>Инженерные вопросы реакторного материаловедения<br>Безопасность ядерного топливного цикла<br>Государственная итоговая аттестация |

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов компетенций в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ОП ВО по данному направлению подготовки.

Таблица 3.1 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

| Планируемые результаты освоения ОПОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине   |
|--|---|
| ПК-10<br>способностью формулировать технические задания, использовать                          | <i>Знать:</i><br>типы различных детекторов для обнаружения и распознавания ядерных излучений и планирование процедуры измерений;<br><i>Уметь:</i> |

|       |   |   |
|-------|---|---|
|       | информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов          | самостоятельно оценить возможность использования детекторов различных типов для обнаружения и распознавания ядерных излучений и планирование процедуры измерений;<br><i>Владеть:</i><br>навыками самостоятельно оценить возможность использования детекторов различных типов для обнаружения и распознавания ядерных излучений и планирование процедуры измерений   |
| ПК-11 | способностью к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам | <i>Знать:</i><br>Виды технических средств для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;<br><i>Уметь:</i><br>использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;<br><i>Владеть:</i><br>способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций |

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетных единиц (ЗЕТ), 144 академических часов.

Таблица 4.1 – Объем дисциплины по видам учебных занятий

| Вид учебной работы                         | Всего, зачетных единиц (акад. часов) | Семестр   |
|--|--------------------------------------|-----------|
|  |                                      | 4         |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>       | 144                                  | 144       |
| <b>Контактная работа с преподавателем:</b> |                                      |           |
| занятия лекционного типа                   | 9                                    | 9         |
| занятия практического (семинарского) типа  | 18                                   | 18        |
| в том числе: семинары                      |                                      |           |
| практические занятия                       | 18                                   | 18        |
| практикум                                  | -                                    | -         |
| лабораторные работы                        | -                                    | -         |
| другие виды контактной работы              | -                                    | -         |
| в том числе: курсовое проектирование       | -                                    | -         |
| групповые консультации                     | -                                    | -         |
| индивидуальные консультации                | -                                    | -         |
| иные виды внеаудиторной контактной работы  | -                                    | -         |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся:</b> | <b>81</b>                            | <b>81</b> |
| изучение теоретического курса              | 27                                   | 27        |
| расчетно-графические задания, задачи       | 27                                   | 27        |

|   |           |           |
|---|-----------|-----------|
| реферат, эссе                                 | 27        | 27        |
| курсовое проектирование                       | -         | -         |
| <b>Вид промежуточной аттестации – экзамен</b> | <b>36</b> | <b>36</b> |

Таблица 4.2 – Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

| № модуля образовательной программы* | № раздела | Наименование раздела дисциплины   | Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, акад. часы |                      |                     |                        |             | Формируемые компетенции |
|-------------------------------------|-----------|---|---|----------------------|---------------------|------------------------|-------------|-------------------------|
|                                     |           |   | Лекции  | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов |                         |
| Б1.В.ДВ.4.1                         | 1         | 1. Типы ядерных реакторов и классификация ТВС и твэлов<br>1.1. Классификация ядерных реакторов<br>1.2. Классификация ТВС и твэлов<br>1.2.1. Классификация ТВС<br>1.2.2. Классификация твэлов  | 1   | 2                    | 0                   | 10                     | 13          | ПК-10                   |
|                                     | 2         | 2. Конструкция ТВС и твэлов реакторов АЭС России<br>2.1. Конструкция ТВС и твэлов реактора ВВЭР<br>2.1.1. ТВС и твэлы реактора ВВЭР-440<br>2.1.2. ТВС и твэлы реактора ВВЭР-1000<br>2.2. Ядерное топливо реактора РБМК-1000<br>2.3. Конструкция ТВС и твэлов реактора БН  | 1   | 2                    | 0                   | 10                     | 13          | ПК-10                   |
|                                     | 3         | 3. Основные физико-химические процессы в ТВС и твэлах, влияющие на их работоспособность<br>3.1. Изменение параметров и характеристик топливных таблеток твэлов при эксплуатации<br>3.2. Изменение параметров и характеристик конструкционных материалов ТВС и твэлов при эксплуатации<br>3.2.1. Циркониевые сплавы<br>3.2.2. Стали<br>3.3. Изменение параметров и характеристик твэлов при эксплуатации<br>3.4. Изменение параметров и характеристик дистанционирующих решеток при эксплуатации<br>3.5. Изменение параметров и характеристик ТВС при эксплуатации | 1   | 2                    | 0                   | 10                     | 13          | ПК-11                   |
|                                     | 4         | 4. Методы и средства исследования облученных ТВС и твэлов<br>4.1. Первичные неразрушающие методы исследования облученного топлива<br>4.2. Материаловедческие разрушающие методы исследования облученного топлива<br>4.2.1. Участок металлографии<br>4.2.2. Участок сканирующей электронной микроскопии<br>4.2.3. Участок трансмиссионной электронной микроскопии<br>4.2.4. Участок механических испытаний<br>4.2.5. Комплекс установок для испытаний на   | 1   | 4                    | 0                   | 14                     | 19          | ПК-10                   |

|               |   |           |           |          |           |            |          |
|---------------|---|-----------|-----------|----------|-----------|------------|----------|
|               | ползучесть и длительную прочность<br>4.2.6. Внутрикамерное оборудование для коррозионных испытаний  |           |           |          |           |            |          |
| 5             | 5. Состояние ТВС и твэлов ввэр после эксплуатации<br>5.1. Оценка коррозионного состояния элементов ТВС из циркониевых сплавов по внешнему виду<br>5.2. Состояние ТВС ВВЭР-1000<br>5.3. Состояние твэлов ВВЭР-1000 после эксплуатации<br>5.4. Причины разгерметизации и состояние негерметичных твэлов ВВЭР-1000<br>5.5. Структура высоковыгоревшего топлива ВВЭР<br>5.6. Состояние конструктивных элементов ТВС ВВЭР-1000 после эксплуатации<br>5.7. Состояние ТВС ВВЭР-440 после эксплуатации<br>5.8. Состояние твэлов ВВЭР-440 после эксплуатации | 1         | 2         | 0        | 14        | 17         | ПК-11    |
| 6             | 6. Состояние ТВС и твэлов РБМК после эксплуатации<br>6.1. Состояние ТВС РБМК-1000 после эксплуатации<br>6.2. Состояние твэлов РБМК-1000 после эксплуатации  | 2         | 2         | 0        | 12        | 16         | ПК-10    |
| 7             | 7. Состояние ТВС и твэлов БН-реакторов после эксплуатации<br>7.1. Состояние ТВС БН-реакторов после эксплуатации<br>7.2. Состояние ТВЭЛОВ БН-реакторов после эксплуатации  | 2         | 4         | 0        | 11        | 17         | ПК-11    |
| <b>ИТОГО:</b> |   | <b>11</b> | <b>18</b> | <b>0</b> | <b>81</b> | <b>108</b> | <b>-</b> |

#### 4.2. Содержание дисциплины

Таблица 4.3 – Содержание дисциплины по разделам

| № раздела                                 | Содержание дисциплины  | Количество часов |    |    |     |
|---|--|------------------|----|----|-----|
|   |  | Л                | ПЗ | ЛР | СРС |
| 1   | 1.1. Классификация ядерных реакторов   | 1                | 2  | 0  | 10  |
|   | 1.2. Классификация ТВС и твэлов  |                  |    |    |     |
|   | 1.2.1. Классификация ТВС   |                  |    |    |     |
|   | 1.2.2. Классификация твэлов  |                  |    |    |     |
| 2   | 2.1. Конструкция ТВС и твэлов реактора ВВЭР  | 1                | 2  | 0  | 10  |
|   | 2.1.1. ТВС и твэлы реактора ВВЭР-440   |                  |    |    |     |
|   | 2.1.2. ТВС и твэлы реактора ВВЭР-1000  |                  |    |    |     |
|   | 2.2. Ядерное топливо реактора РБМК-1000  |                  |    |    |     |
| 2.3. Конструкция ТВС и твэлов реактора БН |  |                  |    |    |     |
| 3   | 3.1. Изменение параметров и характеристик топливных таблеток твэлов при эксплуатации               | 1                | 2  | 0  | 10  |
|   | 3.2. Изменение параметров и характеристик конструкционных материалов ТВС и твэлов при эксплуатации |                  |    |    |     |
|   | 3.2.1. Циркониевые сплавы  |                  |    |    |     |
|   | 3.2.2. Стали   |                  |    |    |     |



|               |   |   |    |   |    |
|---------------|---|---|----|---|----|
|               | 3.3. Изменение параметров и характеристик твэлов при эксплуатации                         |   |    |   |    |
|               | 3.4. Изменение параметров и характеристик дистанционирующих решеток при эксплуатации      |   |    |   |    |
|               | 3.5. Изменение параметров и характеристик ТВС при эксплуатации                            |   |    |   |    |
| 4             | 4.1. Первичные неразрушающие методы исследования облученного топлива                      | 1 | 4  | 0 | 11 |
|               | 4.2. Материаловедческие разрушающие методы исследования облученного топлива               |   |    |   |    |
|               | 4.2.1. Участок металлографии  |   |    |   |    |
|               | 4.2.2. Участок сканирующей электронной микроскопии  |   |    |   |    |
|               | 4.2.3. Участок трансмиссионной электронной микроскопии                                    |   |    |   |    |
|               | 4.2.4. Участок механических испытаний   |   |    |   |    |
|               | 4.2.5. Комплекс установок для испытаний на ползучесть и длительную прочность              |   |    |   |    |
|               | 4.2.6. Внутрикамерное оборудование для коррозионных испытаний                             |   |    |   |    |
| 5             | 5.1. Оценка коррозионного состояния ЭЛЕМЕНТОВ ТВС из циркониевых сплавов по внешнему виду | 1 | 4  | 0 | 12 |
|               | 5.2. Состояние ТВС ВВЭР-1000  |   |    |   |    |
|               | 5.3. Состояние твэлов ВВЭР-1000 после эксплуатации  |   |    |   |    |
|               | 5.4. Причины разгерметизации и состояние негерметичных твэлов ВВЭР-1000                   |   |    |   |    |
|               | 5.5. Структура высоковыгоревшего топлива ВВЭР   |   |    |   |    |
|               | 5.6. Состояние конструктивных элементов ТВС ВВЭР-1000 после эксплуатации                  |   |    |   |    |
|               | 5.7. Состояние ТВС ВВЭР-440 после эксплуатации  |   |    |   |    |
|               | 5.8. Состояние твэлов ВВЭР-440 после эксплуатации   |   |    |   |    |
| 6             | 6.1. Состояние ТВС РБМК-1000 после эксплуатации   | 2 | 2  | 0 | 14 |
|               | 6.2. Состояние твэлов РБМК-1000 после эксплуатации  |   |    |   |    |
| 7             | 7.1. Состояние ТВС БН-реакторов после эксплуатации  | 2 | 2  | 0 | 14 |
|               | 7.2. Состояние ТВЭЛОВ БН-реакторов после эксплуатации                                     |   |    |   |    |
| <b>ИТОГО:</b> |   | 9 | 18 | 0 | 81 |

Удельный вес проводимых в активных и интерактивных формах проведения аудиторных занятий по дисциплине составляет 8%.

Таблица 4.4 – Лекционный курс

| № лекции | Номер раздела | Тема лекции и перечень дидактических единиц | Трудоемкость, акад. часов |   |
|----------|---------------|---|---------------------------|---|
|          |               |   | всего                     | в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий |
| 1.       | 1.            | 1.1. Классификация ядерных реакторов        | 1                         |   |
|          |               | 1.2. Классификация ТВС и твэлов             |                           |   |
|          |               | 1.2.1. Классификация ТВС                    |                           |   |
|          |               | 1.2.2. Классификация твэлов                 |                           |   |
| 2.       | 2.            | 2.1. Конструкция ТВС и твэлов реактора ВВЭР | 1                         | 1   |
|          |               | 2.1.1. ТВС и твэлы реактора ВВЭР-440        |                           |   |
|          |               | 2.1.2. ТВС и твэлы реактора ВВЭР-1000       |                           |   |

|               |    |   |          |   |
|---------------|----|---|----------|---|
| 3.            |    | 2.2. Ядерное топливо реактора РБМК-1000<br>2.3. Конструкция ТВС и твэлов реактора БН  |          |   |
| 4.            |    | 3.1. Изменение параметров и характеристик топливных таблеток твэлов при эксплуатации  | 1        | 1   |
| 5.            | 3. | 3.2. Изменение параметров и характеристик конструкционных материалов ТВС и твэлов при эксплуатации<br>3.2.1. Циркониевые сплавы<br>3.2.2. Стали   |          |   |
| 6.            |    | 3.3. Изменение параметров и характеристик твэлов при эксплуатации<br>3.4. Изменение параметров и характеристик дистанционирующих решеток при эксплуатации<br>3.5. Изменение параметров и характеристик ТВС при эксплуатации   |          |   |
| 7.            |    | 4.1. Первичные неразрушающие методы исследования облученного топлива  |          |   |
| 8.            | 4. | 4.2. Материаловедческие разрушающие методы исследования облученного топлива<br>4.2.1. Участок металлографии<br>4.2.2. Участок сканирующей электронной микроскопии<br>4.2.3. Участок трансмиссионной электронной микроскопии<br>4.2.4. Участок механических испытаний<br>4.2.5. Комплекс установок для испытаний на ползучесть и длительную прочность<br>4.2.6. Внутрикамерное оборудование для коррозионных испытаний |          |   |
| 9.            | 5. | 5.1. Оценка коррозионного состояния элементов ТВС из циркониевых сплавов по внешнему виду   | 1        |   |
| 10.           |    | 5.2. Состояние ТВС ВВЭР-1000  |          |   |
| 11.           |    | 5.3. Состояние твэлов ВВЭР-1000 после эксплуатации  |          |   |
| 12.           |    | 5.4. Причины разгерметизации и состояние негерметичных твэлов ВВЭР-1000   |          |   |
| 13.           |    | 5.5. Структура высоковыгоревшего топлива ВВЭР   |          |   |
| 14.           |    | 5.6. Состояние конструктивных элементов ТВС ВВЭР-1000 после эксплуатации  |          |   |
| 15.           |    | 5.7. Состояние ТВС ВВЭР-440 после эксплуатации<br>5.8. Состояние твэлов ВВЭР-440 после эксплуатации   |          |   |
| 16.           |    | 6.  |          | 6.1. Состояние ТВС РБМК-1000 после эксплуатации<br>6.2. Состояние твэлов РБМК-1000 после эксплуатации |
| 17.           | 7. | 7.1. Состояние ТВС БН-реакторов после эксплуатации<br>7.2. Состояние ТВЭЛОВ БН-реакторов после эксплуатации   | 2        |   |
| <b>ИТОГО:</b> |    |   | <b>9</b> | <b>2</b>  |

Таблица 4.5 – Практические (семинарские) занятия

| № лекции | Номер раздела | Тема лекции и перечень дидактических единиц                             | Трудоемкость, акад. часов |   |
|----------|---------------|---|---------------------------|---|
|          |               |   | всего                     | в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий |
| 1.       | 1.            | 1.1. Классификация ядерных реакторов<br>1.2. Классификация ТВС и твэлов | 2                         |   |

|               |   |   |           |   |   |
|---------------|---|---|-----------|---|---|
|               |   | 1.2.1. Классификация ТВС<br>1.2.2. Классификация ТВЭЛОВ   |           |   |   |
| 2.            | 2.  | 2.1. Конструкция ТВС и ТВЭЛОВ реактора ВВЭР<br>2.1.1. ТВС и ТВЭЛЫ реактора ВВЭР-440<br>2.1.2. ТВС и ТВЭЛЫ реактора ВВЭР-1000  | 2         |   |   |
| 3.            |   | 2.2. Ядерное топливо реактора РБМК-1000<br>2.3. Конструкция ТВС и ТВЭЛОВ реактора БН  |           |   |   |
| 4.            | 3.  | 3.1. Изменение параметров и характеристик топливных таблеток ТВЭЛОВ при эксплуатации  | 2         |   |   |
| 5.            |   | 3.2. Изменение параметров и характеристик конструкционных материалов ТВС и ТВЭЛОВ при эксплуатации<br>3.2.1. Циркониевые сплавы<br>3.2.2. Стали   |           |   |   |
| 6.            |   | 3.3. Изменение параметров и характеристик ТВЭЛОВ при эксплуатации<br>3.4. Изменение параметров и характеристик дистанционирующих решеток при эксплуатации<br>3.5. Изменение параметров и характеристик ТВС при эксплуатации   |           |   |   |
| 7.            |   | 4.1. Первичные неразрушающие методы исследования облученного топлива  |           |   |   |
| 8.            | 4.  | 4.2. Материаловедческие разрушающие методы исследования облученного топлива<br>4.2.1. Участок металлографии<br>4.2.2. Участок сканирующей электронной микроскопии<br>4.2.3. Участок трансмиссионной электронной микроскопии<br>4.2.4. Участок механических испытаний<br>4.2.5. Комплекс установок для испытаний на ползучесть и длительную прочность<br>4.2.6. Внутрикамерное оборудование для коррозионных испытаний | 3         |   |   |
| 9.            |   | 5.1. Оценка коррозионного состояния элементов ТВС из циркониевых сплавов по внешнему виду   |           | 4   | 4 |
| 10.           |   | 5.2. Состояние ТВС ВВЭР-1000  |           |   |   |
| 11.           |   | 5.3. Состояние ТВЭЛОВ ВВЭР-1000 после эксплуатации  |           |   |   |
| 12.           |   | 5.4. Причины разгерметизации и состояние негерметичных ТВЭЛОВ ВВЭР-1000   |           |   |   |
| 13.           |   | 5.5. Структура высоковыгоревшего топлива ВВЭР   |           |   |   |
| 14.           | 5.6. Состояние конструктивных элементов ТВС ВВЭР-1000 после эксплуатации                            |   |           |   |   |
| 15.           | 5.7. Состояние ТВС ВВЭР-440 после эксплуатации<br>5.8. Состояние ТВЭЛОВ ВВЭР-440 после эксплуатации |   |           |   |   |
| 16.           | 6.  | 6.1. Состояние ТВС РБМК-1000 после эксплуатации<br>6.2. Состояние ТВЭЛОВ РБМК-1000 после эксплуатации   | 3         |   |   |
| 17.           |   | 7.  |           | 7.1. Состояние ТВС БН-реакторов после эксплуатации<br>7.2. Состояние ТВЭЛОВ БН-реакторов после эксплуатации | 2 |
| <b>ИТОГО:</b> |   |   | <b>18</b> | <b>4</b>  |   |

Таблица 4.6 – Лабораторные работы  
Не предусмотрены учебным планом.

Таблица 4.7- Самостоятельная работа студента

| Раздел дисциплины   | № п/п | Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц | Трудоемкость, часов |
|---------------------|-------|---|---------------------|
| 1                   | 1     | Проработка конспектов лекций  | 10                  |
|                     |       | Выполнение индивидуального задания  |                     |
| 2                   | 2-3   | Проработка конспектов лекций  | 10                  |
|                     |       | Выполнение индивидуального задания  |                     |
| 3                   | 4-6   | Проработка конспектов лекций  | 10                  |
|                     |       | Выполнение индивидуального задания  |                     |
| 4                   | 7-8   | Проработка конспектов лекций  | 11                  |
|                     |       | Выполнение индивидуального задания  |                     |
| 5                   | 9-15  | Проработка конспектов лекций  | 14                  |
|                     |       | Выполнение индивидуального задания  |                     |
| 6                   | 16    | Проработка конспектов лекций  | 13                  |
|                     |       | Выполнение индивидуального задания  |                     |
| 7                   | 17    | Проработка конспектов лекций  | 13                  |
|                     |       | Выполнение индивидуального задания  |                     |
| <b>ВСЕГО ЧАСОВ:</b> |       |   | <b>81</b>           |

Методические указания для самостоятельной работы обучающихся представлены в Приложении 2.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении лекционных занятий по дисциплине используются:

- мультимедийные презентации, отображаемые с помощью видеопроектора на специальном экране,
- проблемная лекция,
- лекция-дискуссия.

При проведении практических (семинарских) используются следующие методы:

- деловые игры,
- метод развивающейся кооперации (кейс-метод),
- ситуационные задачи.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем (-ями), ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- тестирование;
- письменные домашние задания;
- выполнение докладов, эссе;
- защита рефератов;

–дискуссии;

Промежуточный контроль студентов производится в следующих формах:

–тестирование;

–коллоквиумы.

Итоговый контроль студентов производится лектором (преподавателем, ведущим занятия в группах) и является оценкой знаний обучающегося. Зачет проводится в устно-письменной форме по вопросам.

Фонд оценочных средств представлен в Приложении 3.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

**Таблица 7.1 – Обеспечение дисциплины основной  
и дополнительной литературой по дисциплине**

| № п/п                            | Автор                                       | Название   | Место издания | Наименование издательства | Год издания | Кол-во экземпляров |
|----------------------------------|---|--|---------------|---------------------------|-------------|--------------------|
| <b>Основная литература</b>       |   |  |               |                           |             |                    |
| 1                                | Павлов С.В.                                 | ТВС и твэлы ядерных энергетических установок: учебное пособие.   | Дмитровград   | ДИТИ НИЯУ МИФИ            | 2017        | 20                 |
| 2                                | Павлов С.В.                                 | Современные методы исследования ТВС и твэлов энергетических реакторов в обоснование эксплуатационной надежности: курс лекций [электронное сетевое издание] ISBN 978-5-7262-1943-1<br>Номер госрегистрации 0521800241<br>URL: <a href="http://www.nauch-misl.ru/pavlov">http://www.nauch-misl.ru/pavlov</a> | Дмитровград   | ДИТИ НИЯУ МИФИ            | 2018        | 1                  |
| 3                                | Павлов С.В.,<br>Сухих А.В.,<br>Сагалов С.С. | Неразрушающая диагностика состояния элементов активных зон ядерных реакторов.  | Дмитровград   | ДИТИ НИЯУ МИФИ            | 2015        | 20                 |
| 4                                | Солонин В.И.,<br>Сотников А.С.              | Материаловедческие аспекты проектирования и конструирования тепловыделяющих элементов энергетических ядерных реакторов: Учебное пособие  | Москва        | МГТУ им. Н.Э. Баумана     | 2015        | 1                  |
| <b>Дополнительная литература</b> |   |  |               |                           |             |                    |
| 1                                | Павлов С.В.,<br>Сухих А.В.,<br>Сагалов С.С. | Вихретоковые методы контроля в реакторном материаловедении.  | Дмитровград   | ОАО «ГНЦ НИИАР»           | 2010        | 1                  |
| 2                                | Павлов С.В.                                 | Неразрушающие ультразвуковые методы исследований облученного топлива ядерных реакторов   | Дмитровград   | ОАО «ГНЦ НИИАР»           | 2013        | 1                  |
| 3                                | Павлов С.В.,<br>Сухих А.В.,<br>Сагалов С.С. | Топливо канальных кипящих реакторов большой мощности: проблемы и решения   | Дмитровград   | ДИТИ НИЯУ МИФИ            | 2016        | 20                 |

|    |  |  |             |                 |      |    |
|----|--|--|-------------|-----------------|------|----|
| 4  | Под общей ред. Б.А. Калина                               | Физическое материаловедение: Учебник для вузов: в 6 т.   | Москва      | НИЯУ МИФИ       | 2012 | 10 |
| 5  | Решетников Ф.Г., Бибилашвили Ю.К., Головнин И.С. [и др.] | Разработка, производство и эксплуатация тепловыделяющих элементов энергетических реакторов   | Москва      | Энергоатомиздат | 1995 | 1  |
| 6  | Самойлов А.Г., Волков В.С., Солонин М.И.                 | Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов   | Москва      | Энергоатомиздат | 1996 | 1  |
| 7  | Абрамов М.И., Авдеев В.И., Адамов Е.О. [и др.]           | Канальный ядерный энергетический реактор РБМК.   | Москва      | ГУП НИКИЭТ      | 2006 | 2  |
| 8  | Фрост Б.   | Твэлы ядерных реакторов  | Москва      | Энергоатомиздат | 1986 | 1  |
| 9  | Лихачев Ю.И., Пупко В.Я.                                 | Прочность тепловыделяющих элементов ядерных реакторов  | Москва      | Атомиздат       | 1975 | 1  |
| 10 | Колобашкин В.М.  | Радиационные характеристики облученного ядерного топлива. Справочник   | Москва      | Энергоатомиздат | 1983 | 1  |
| 11 | Крюков Ф.Н., Голованов В.Н., Шамардин В.К.               | Коррозия оболочек твэлов реакторов на быстрых нейтронах в результате физико-химического взаимодействия с топливом и продуктами деления | Дмитровград | ОАО «ГНЦ НИИАР» | 2006 | 1  |
| 12 | Звир Е.А., Ионов В.Б., Павлов С.В.                       | Послереакторное состояние твэлов и ТВС ВВЭР  | Москва      | Атлас           | 2013 | 1  |

## 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Научная электронная библиотека elibrary.ru
2. Фонд электронно-библиотечной системы образовательных и просветительских изданий IQlib, [www.IQlib.ru](http://www.IQlib.ru).
3. Электронная библиотечная система издательства Лань, [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com).
4. Электронное периодическое издание «KnigaFund.Ru», <http://www.knigafund.ru/books/149292/read>
5. Фонд статей журнала «Успехи физических наук» <http://www.ufn.ru/ru/articles/>
6. <http://fusedweb.pppl.gov/CPEP/chart.html>
7. <http://ncdo.levsha.ru/Pub/047D.files/main.htm>
8. <http://nuclphys.npi.msu.su/>

Методические указания для студентов по освоению дисциплины представлены в Приложении 4.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия:

- комплект электронных презентаций/слайдов,
- аудитории корп.3; оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, компьютер),
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,

Практические занятия (семинарского типа):

- презентационная техника (проектор, экран, компьютер) – корп.3
- пакеты ПО (общего назначения).

**Программное обеспечение - MSOffice: PowerPoint**

## 9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Структура текущего и промежуточного контроля: *тест (Т), коллоквиум (К), практические задания (ПЗ), Э - экзамен*

Таблица 9.1 – Структура текущего и промежуточного контроля

| Информация о контрольных точках | Текущий контроль(<=25) (ТК) |                 |                 |                 |                 |                 | Промежуточный контроль (<=30) (ПК) |                 | Форма итогового контроля |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|--------------------------|
|                                 | ТК <sub>1</sub>             | ТК <sub>2</sub> | ТК <sub>3</sub> | ТК <sub>4</sub> | ТК <sub>5</sub> | ТК <sub>6</sub> | ПК <sub>1</sub>                    | ПК <sub>2</sub> |                          |
| Форма контроля                  | ПЗ, ДЗ                      | ПЗ, ДЗ          | ПЗ, ДЗ          | ПЗ, ДЗ          | ПЗ, ДЗ          | ПЗ, ДЗ          | КР                                 | КР              | Экзамен                  |
| Неделя сдачи                    | 3                           | 6               | 9               | 12              | 15              | 17              | 7                                  | 16              |                          |
| Максимальн. балл                | 3                           | 3               | 6               | 3               | 5               | 5               | 15                                 | 15              |                          |

Таблица 9.2 - Структура баллов, начисляемых студентам по результатам текущего контроля (промежуточного контроля)

| № п/п   | Наименование видов учебной работы и состояния учебной дисциплины студентов | Начисляемое количество баллов (долей баллов)             | Максимальное количество баллов по данному виду учебной работы |
|---|--|--|---|
| <b>Текущий контроль</b>   |  |  |   |
| 2   | Выполнение заданий на практических занятиях                                | 0,5 балл за решение 1 задачи                             | 3   |
| 4   | Выполнение домашних задач  | 0,5 балла за решение 1 задачи                            | 12  |
| <b>Максимальная сумма баллов по результатам текущего контроля</b>       |  |  | <b>25</b>   |
| <b>Промежуточный контроль</b>   |  |  |   |
| 4   | Оформление контрольной работы  | 15 баллов за 1 работу                                    | 30  |
| <b>Максимальная сумма баллов по результатам промежуточного контроля</b> |  |  | <b>30</b>   |
| <b>Активность</b>   |  |  |   |
| 1   | Посещение лекций и семинаров с аудиторным тестированием                    | 0,25 балла за лекцию, 0,25 балла за практическое занятие | 4,5   |
| <b>Максимальная сумма баллов по результатам промежуточного контроля</b> |  |  | <b>5</b>  |



**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учебный год

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан физико-технического факультета

*(в состав, которого входит кафедра-составитель)*

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

*(дата,*

*номер протокола заседания кафедры*

*подпись зав. кафедрой)*

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой

| <i>наименование кафедры</i>   | <i>личная подпись</i> | <i>расшифровка подписи</i> | <i>дата</i> |
|---|-----------------------|----------------------------|-------------|
| Декан физико-технического факультета<br><i>наименование факультета, где производится обучение</i> | <i>личная подпись</i> | <i>расшифровка подписи</i> | <i>дата</i> |
| Начальник УМУ   | <i>личная подпись</i> | <i>расшифровка подписи</i> | <i>дата</i> |

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Твэлы и ТВС ядерных реакторов» является частью профессионального модуля дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 03.04.02 Физика . Дисциплина преподается на физико-техническом факультете ДИТИ НИЯУ МИФИ кафедрой ядерных реакторов и материалов

Дисциплина нацелена на формирование дополнительных профессиональных и профессиональных компетенций (ПК-10, ПК-11) выпускника.

В содержании дисциплины рассмотрены основные типы ядерных реакторов и представлена классификация ТВС и твэлов. Описаны конструкции ТВС и твэлов реакторов ВВЭР-440, ВВЭР-1000, РБМК-1000, БН-600 и основные направления по совершенствованию ядерного топлива для АЭС России.

Рассмотрены физико-химические процессы, протекающие в ТВС и твэлах при их эксплуатации и влияющие на их работоспособность.

Приведены типовая программа и основные методы и средства материаловедческих исследований ТВС твэлов в защитных камерах.

В пособии представлены обобщенные результаты материаловедческих исследований ТВС и твэлов ВВЭР, РБМК и БН после их эксплуатации, проанализированы основные причины и процессы, приводящие к изменению параметров и характеристик ядерного топлива, и их влияние на эффективность и безопасность эксплуатации ТВС и твэлов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: (лекции, практические работы, контрольные работы, семинары, коллоквиумы, самостоятельная работа студента, консультации).

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме тестирования, письменных домашних заданий, выполнения докладов и эссе, защиты рефератов, устных опросов; промежуточный контроль в форме тестирования, контрольных работ, коллоквиумов и итоговый контроль в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (9 часов), практические (семинарские) (18 часов) и самостоятельной работы (81 часа) студента.

### Методические указания для самостоятельной работы обучающихся

На самостоятельную работу студентов по дисциплине «Твэлы и ТВС ядерных реакторов» отводится 81 академический час.

Под самостоятельной работой студентов понимается планируемая учебная, учебно-исследовательская, а также научно-исследовательская работа студентов, которая выполняется во внеаудиторное время по инициативе студента или по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студентов:

- овладение теоретическими (фундаментальными, догматическими) знаниями об историческом процессе безопасности жизнедеятельности, рисками и опасностями, возникающими при чрезвычайных ситуациях;
- формирование опыта собственной поисковой, творческой, научно-исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального (в том числе научного) уровня.

К основным (обязательным) видам самостоятельной работы студентов при изучении безопасности жизнедеятельности относятся:

- а) самостоятельное изучение теоретического материала,
- б) подготовка к практическим занятиям,
- в) выполнение письменных заданий к практическим занятиям,

Дополнительными видами самостоятельной работы являются:

- а) написание эссе, рефератов
- б) участие в ежегодной научной студенческой конференции, которая проводится в апреле каждого года.

## Приложение 3

к рабочей программе дисциплины  
«Твэлы и ТВС ядерных реакторов»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Дмитровградский инженерно-технологический институт** –  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(ДИТИ НИЯУ МИФИ)

### УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета  
\_\_\_\_\_ Варламова А.В..  
(в состав которого входит кафедра-составитель)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Б1.В.ОД.2.3 Твэлы и ТВС ядерных энергетических установок

(наименование дисциплины)

*03.04.02 Ядерные физика и технологии*

(код и наименование направления подготовки)

*Реакторное материаловедение*

(наименование профиля подготовки/специализации)

*магистр*

квалификация (степень) выпускника

Фонд оценочных средств  
разработан

\_\_\_\_\_ Павлов С.В. \_\_\_\_\_ профессор \_\_\_\_\_ Д.Т.Н. \_\_\_\_\_  
(подпись) Ф.И.О. должность ученая звание  
степень ученое звание

Рекомендован к  
утверждению на заседании  
кафедры

*Ядерных реакторов и материалов*

(название кафедры)

протокол заседания

от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Колесников А.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)

**Димитровград, 2023**

к рабочей программе дисциплины «Твэлы и ТВС ядерных реакторов»

**Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 часов, из них 63 часов аудиторных занятий и 81 часа, отведенных на самостоятельную работу студента.

| Вид учебных занятий    | Организация деятельности студента   |
|------------------------|---|
| Лекция                 | <p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Посещение лекций является обязательным. Если студент по любой причине пропустит лекцию, то он должен её отработать. Студент должен разобраться в материале, изложенном на лекции и должен быть готов ответить на несколько вопросов по существу лекции. Сама отработка пропущенной лекции проходит во время консультации, или, в крайнем случае, во время практических занятий. Семестр длится 18 недель, лекции читаются один раз в неделю. Однако на практике часть лекций пропадает по разным причинам. Материал пропавших лекций студенты изучают самостоятельно, пользуясь программой курса физики и рекомендованной литературой.</p>   |
| Практические занятия   | <p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с научно-публицистическим стилем текста. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.</p>  |
| Самостоятельная работа | <p>Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.</p> <p>Самостоятельная работа студентов включает в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим) и выполнение соответствующих заданий;</li> <li>- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с программой;</li> <li>- подготовку к практическим занятиям и выполнение предусмотренных ими заданий;</li> <li>- выполнение письменных домашних работ;</li> <li>- подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе и к экзаменам и зачётам;</li> <li>- работу в студенческих научных обществах, кружках, семинарах и тому подобное;</li> <li>- участие в работе факультативов;</li> <li>- участие в научной и научно-методической работе кафедр и факультета;</li> <li>- участие в научных и научно-практических конференциях, семинарах, конгрессах и тому подобное;</li> <li>- другие виды деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, факультетом или кафедрой.</li> </ul> <p>Самостоятельная работа, выполняемая студентами, должна отвечать</p> |

|                       |   |
|-----------------------|---|
|                       | <p>следующим требованиям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- быть проделанной лично студентом или являться самостоятельно выполненной частью коллективной работы;</li> <li>- представлять собой законченную разработку или законченный этап разработки, в которых раскрываются и анализируются актуальные проблемы изучаемой дисциплины и соответствующей сферы практической деятельности;</li> <li>- демонстрировать достаточную компетентность студента в раскрываемых вопросах;</li> <li>- иметь учебную, научную и/или практическую направленность и значимость;</li> <li>- содержать определенные элементы новизны.</li> </ul> |
| Консультации          | Текущие консультации проводятся по заявке старост групп в согласованное с лектором время либо согласно расписанию консультаций, вывешенному на доске объявлений кафедры. Во время консультации студенты имеют возможность выяснять неясные вопросы по изучаемому материалу, отчитываться по пропущенным лекциям, сдавать домашние задачи.   |
| Лабораторная работа   | Следовать методическим указаниям по выполнению лабораторных работ.  |
| Подготовка к экзамену | Экзамен является итоговой проверкой знаний студентов, полученных ими в течение семестра. К экзамену допускаются студенты, полностью выполнившие всю программу семестра. Это означает, что студенты должны отчитаться за все пропущенные лекции, лабораторные работы, сдать домашние задачи. При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.  |