

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИФТИС

Протокол № 1

от 26.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**УПРАВЛЕНИЕ ЯДЕРНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

| Семестр | Трудоемкость,<br>кред. | Общий объем<br>курса, час. | Лекции, час. | Практич.<br>занятия, час. | Лаборат. работы,<br>час. | В форме<br>практической<br>подготовки/В | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы)<br>контроля,<br>экс./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|---|-----------|-----------|--|
| 7       | 2                      | 72                         | 16           | 16                        | 0                        |   | 40        | 0         | 3  |
| Итого   | 2                      | 72                         | 16           | 16                        | 0                        | 0                                       | 40        | 0         |  |

## АННОТАЦИЯ

В результате изучения дисциплины студенты знакомятся с основными физическими процессами в ядерных реакторах и их математическими моделями, контрольно-измерительной аппаратурой и автоматизированными системами контроля, диагностики и управления ЯЭУ, осваивают методы анализа и синтеза систем автоматического регулирования нейтронной мощностью и распределением нейтронного поля ядерного реактора.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Управление ядерными энергетическими установками» являются:

- получение знаний об основных динамических процессах в активной зоне ядерных реакторах, их математическому моделированию, способах и средствах контроля и управления ядерными энергетическими установками;
- знакомство с теоретическими основами и практическими подходами к анализу и синтезу систем управления мощностью ядерного реактора;
- приобретение практических навыков в исследовании характеристик ядерных реакторов и аппаратуры систем контроля и управления.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина является основой для подготовки выпускников университета к выполнению заданий в процессе изучения других специальных дисциплин по специализации, выполнения учебных видов практики и дипломного проектирования.

Для изучения данной дисциплины студент должен обладать знаниями:

- по следующим разделам математики: обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения математической физики, теория вероятностей и математическая статистика;
- по основным разделам физики;
- по основам электроники;
- по курсу “Теоретические основы информационной техники”;
- по курсу “Теория автоматического управления”.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|--------------------------------|--|
|--------------------------------|--|

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| Задача профессиональной деятельности (ЗПД) | Объект или область знания | Код и наименование профессиональной компетенции;<br>Основание | Код и наименование индикатора достижения профессиональной |
|--|---------------------------|---|---|
|--|---------------------------|---|---|

|  |  | <b>(профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>  | <b>компетенции</b>   |
|--|--|--|--|
| производственно-технологический  |  |  |  |
| монтаж, наладка, настройка, регулировка, испытание и сдача в эксплуатацию оборудования и программных средств   | киберфизические приборы и системы в атомной отрасли, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, современная электронная схемотехника, системы диагностики, управления и контроля ядерных и других физических установок, системы автоматизированного управления установками, разработка и технологии применения киберфизических систем для анализа веществ | ПК-7 [1] - Способен к монтажу, наладке, настройке, регулировке, испытанию и сдаче в эксплуатацию оборудования и программных средств<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 24.033, 24.078, Анализ опыта: Монтаж, наладка, настройка, регулировка, испытание и сдача в эксплуатацию оборудования и программных средств. | З-ПК-7[1] - Знать требования стандартов при проведении монтажа, наладки, настройки, регулировки, испытаний оборудования и программных средств. ;<br>У-ПК-7[1] - Уметь проводить монтаж, наладку, настройку, регулировку, испытание оборудования и программных средств;<br>В-ПК-7[1] - Владеть навыками монтажа, наладки, настройки, регулировки, испытания и ввода в эксплуатацию оборудования и программных средств |
| Эксплуатация, поддержание в рабочем состоянии физических и ядерно-физических установок, предупреждение, предотвращение и ликвидация аварий на физических установках, контроль соблюдения производственной и экологической безопасности | информационно-измерительные системы, киберфизические устройства, системы контроля и управления ядерно-физических установок   | ПК-24.6 [1] - способен к обеспечению контроля соблюдения техники безопасности на основе утвержденных норм и правил на предприятии, анализу условий безопасной эксплуатации физических и ядерно-физических установок<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 24.033  | З-ПК-24.6[1] - знать теоретические основы обеспечения безопасной эксплуатации физических и ядерно-физических установок, нормы и правила организации безопасного выполнения работ;<br>У-ПК-24.6[1] - уметь организовывать деятельность персонала в условиях нарушений нормальной эксплуатации и аварий в соответствии с нормативными требованиями и   |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
|   |  |  | инструкциями;<br>В-ПК-24.6[1] - владеть методиками оценки развития физических и технологических процессов в аварийных ситуациях   |
| проектный   |  |  |   |
| Проектирование электронных систем, информационно-измерительных систем, киберфизических устройств, систем управления и автоматизации и их структурных элементов, включая аппаратное и программное обеспечение, в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования и современных информационных технологий | информационно-измерительные системы, киберфизические устройства, системы контроля и управления ядерно-физических установок | ПК-24.4 [1] - способен разрабатывать аппаратуру киберфизических систем контроля и управления на основе микропроцессорной техники<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-24.4[1] - знать теоретические основы и практические подходы к конструированию электронной аппаратуры киберфизических систем контроля и управления на основе микропроцессорной техники;<br>У-ПК-24.4[1] - уметь составлять конструкторскую и эксплуатационную документацию;<br>В-ПК-24.4[1] - владеть современными пакетами САПР при выполнении структурного, схемотехнического, технического и конструкторского проектирования, практическими навыками проектирования и конструирования электронной аппаратуры киберфизических систем контроля и управления физическими установками, физическими и технологическими процессами |

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код)  | Воспитательный потенциал дисциплин   |
|-----------------------------|--|--|
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)                                   | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты. |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19) | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:<br>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и  |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:<br>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;<br>- формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий. |
|--|--|--|

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

| № п.п | Наименование раздела учебной дисциплины | Недели | Лекции/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции        |
|-------|---|--------|--|---|-------------------------------|-------------------------------------|--|
|       | <i>7 Семестр</i>                        |        |  |   |                               |                                     |  |
| 1     | Раздел 1                                | 1-8    | 8/8/0  |   | 25                            | КИ-8                                | 3-ПК-7,<br>У-ПК-7,<br>В-ПК-7           |
| 2     | Раздел 2                                | 9-15   | 8/8/0  |   | 25                            | КИ-15                               | 3-ПК-24.4,<br>У-ПК-24.4,<br>В-ПК-24.4, |

|  |   |  |         |  |    |   |  |
|--|---|--|---------|--|----|---|--|
|  |   |  |         |  |    |   | 3-ПК-24.6,<br>У-ПК-24.6,<br>В-ПК-24.6  |
|  | <i>Итого за 7 Семестр</i>                   |  | 16/16/0 |  | 50 |   |  |
|  | <b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b> |  |         |  | 50 | 3 | 3-ПК-7,<br>У-ПК-7,<br>В-ПК-7,<br>3-ПК-24.4,<br>У-ПК-24.4,<br>В-ПК-24.4,<br>3-ПК-24.6,<br>У-ПК-24.6,<br>В-ПК-24.6 |

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| Обозначение | Полное наименование |
|-------------|---------------------|
| КИ          | Контроль по итогам  |
| З           | Зачет               |

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели     | Темы занятий / Содержание   | Лек., час.             | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|------------|---|------------------------|----------------|------------|
|            | <i>7 Семестр</i>  | 16                     | 16             | 0          |
| <b>1-8</b> | <b>Раздел 1</b>   | 8                      | 8              | 0          |
| 1 - 2      | <b>Тема №1. Ядерный реактор как объект управления</b><br>Введение. Классификация ядерных реакторов Компоненты | Всего аудиторных часов |                |            |
|            |   | 2                      | 2              | 0          |

|        |   |                        |   |   |
|--------|---|------------------------|---|---|
|        | активной зоны ЯР. Основные характеристики различных типов исследовательских и энергетических ядерных реакторов. Тенденции в создании перспективных ЯР. Основные физические процессы в ЯР. Виды моделирования динамических процессов. Представление математических моделей. Элементы структурных моделей. Простейшая функциональная схема и структурная модель нейтронной кинетики. Источник нейтронов.  | Онлайн                 |   |   |
|        |   | 0                      | 0 | 0 |
| 3 - 4  | <b>Тема №2. Модели нейтронной кинетики</b><br>Структурная модель нейтронной кинетики на мгновенных нейтронах. Понятия утечки нейтронов, эффективного коэффициента размножения, реактивности. Критическое, надкритическое и подкритическое состояния реактора. Модель генерации запаздывающих нейтронов. Решение уравнений нейтронной кинетики при различных воздействиях по реактивности. Статика и динамика подкритического реактора. Зависимость «обратного умножения» нейтронов. Пуск реактора из подкритического состояния  | Всего аудиторных часов |   |   |
|        |   | 2                      | 2 | 0 |
|        |   | Онлайн                 |   |   |
|        |   | 0                      | 0 | 0 |
| 5 - 6  | <b>Тема №3. Динамика ядерного реактора</b><br>Диапазон изменения мощности и основные режимы работы ЯР. Особенности энергетического режима. Температурные эффекты и коэффициенты реактивности. Теплофизические процессы в ядерном реакторе. Динамика нуклидного состава активной зоны. Изменение характеристик ЯР в процессе кампании реактора. Запас реактивности.  | Всего аудиторных часов |   |   |
|        |   | 2                      | 2 | 0 |
|        |   | Онлайн                 |   |   |
|        |   | 0                      | 0 | 0 |
| 7 - 8  | <b>Тема №4. Контроль и измерение нейтронно-физических параметров ЯР</b><br>Контроль мощности ЯР по плотности потока нейтронов (ППН). Состав канала контроля плотности потока нейтронов. Основные типы детекторов нейтронов для контроля ППН в ядерных реакторах и их характеристики.. Импульсные, токовые и флуктуационные каналы контроля ППН, их структура, схемотехника и характеристики. Основные параметры ЯР, контролируемые по ППН, для управления и физических измерений. Структурная модель канала контроля основных параметров реактора. Структура широкодиапазонного канала контроля. Вычислители периода (времени удвоения) и относительной скорости изменения мощности ЯР. Вычислители реактивности. Основные источники погрешностей периодометров и реактиметров. Защита ядерного реактора по мощности и периоду. | Всего аудиторных часов |   |   |
|        |   | 2                      | 2 | 0 |
|        |   | Онлайн                 |   |   |
|        |   | 0                      | 0 | 0 |
| 9-15   | <b>Раздел 2</b>   | 8                      | 8 | 0 |
| 9 - 12 | <b>Тема №5. Контроль и измерение теплогидравлических параметров ЯР</b><br>Контроль мощности ЯР по теплофизическим параметрам. Введение в реакторную термометрию. Датчики и каналы измерения температуры. Погрешности измерений. Применение датчиков температуры на АЭС. и их техническое обслуживание. Датчики давления и их классификация. Измерительные преобразователи сигналов  | Всего аудиторных часов |   |   |
|        |   | 4                      | 4 | 0 |
|        |   | Онлайн                 |   |   |
|        |   | 0                      | 0 | 0 |



|         |   |                        |   |   |
|---------|---|------------------------|---|---|
|         | датчиков давления. Передача сигналов давления. Импульсные линии. Применение датчиков давления на АЭС и их техническое обслуживание. Датчики расхода и скорости потока, используемые на АЭС. Измерительные преобразователи сигналов расходомеров. Применение расходомеров на АЭС.и их техническое обслуживание.  |                        |   |   |
| 13 - 15 | <b>Тема №6. Методы и средства управления ЯР</b><br>Способы управления цепной реакцией в ЯР. Органы регулирования и исполнительные механизмы (ИМ) систем управления и защиты ЯР. Основные функциональные требования к ИМ СУЗ. Блок-схема и структурная математическая модель исполнительного механизма РО СУЗ. Контроль положения РО СУЗ на АЭС и исследовательских реакторах. Основные характеристики РО СУЗ, важные для управления ЯР: эффективность РО, дифференциальная и интегральная характеристики. Методы определения реактивности (подкритичности) ЯР и эффективности РО СУЗ. Определение эффективности групп стержней. Борное регулирование реактора ВВЭР. | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |   | 4                      | 4 | 0 |
|         |   | Онлайн                 |   |   |
|         |   | 0                      | 0 | 0 |

Сокращенные наименования онлайн опций:

| Обозначение | Полное наименование              |
|-------------|----------------------------------|
| ЭК          | Электронный курс                 |
| ПМ          | Полнотекстовый материал          |
| ПЛ          | Полнотекстовые лекции            |
| ВМ          | Видео-материалы                  |
| АМ          | Аудио-материалы                  |
| Прз         | Презентации                      |
| Т           | Тесты                            |
| ЭСМ         | Электронные справочные материалы |
| ИС          | Интерактивный сайт               |

#### ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

| Недели | Темы занятий / Содержание  |
|--------|--|
|        | <i>7 Семестр</i>   |
| 1 - 4  | <b>Лабораторная работа №1. Кинетика реактора «нулевой» мощности.</b><br>Изучение нейтронной кинетики реактора. Определение веса групп стержней СУЗ методом сброса из критического состояния. Определение критического положения извлекаемых.                                       |
| 5 - 8  | <b>Лабораторная работа №2. Динамика реактора в энергетическом диапазоне мощности.</b><br>Изучение динамики реактора с температурными обратными связями. Определение мощностного коэффициента реактивности реактора. Подъем мощности реактора до номинального стационарного уровня. |
| 9 - 12 | <b>Лабораторная работа №3. Детекторы и каналы контроля нейтронного потока.</b>   |

|         |   |
|---------|---|
|         | Изучение физических принципов работы детекторов нейтронов. Ознакомление с конструкцией промышленных детекторов и их характеристиками. Изучение современных принципов построения информационно-измерительных систем, методов сбора и обработки данных измерений. |
| 13 - 15 | <b>Лабораторная работа №4. Исследовательский реактор ИРТ.</b><br>Ознакомление с конструкцией и характеристиками, системами контроля, управления и безопасности реактора ИРТ МИФИ. Экскурсия на реактор ИРТ МИФИ.  |

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проведение аудиторных занятий с помощью современных компьютерных технологий.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| Компетенция | Индикаторы освоения | Аттестационное мероприятие (КП 1) |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|
| ПК-24.4     | З-ПК-24.4           | З, КИ-15                          |
|             | У-ПК-24.4           | З, КИ-15                          |
|             | В-ПК-24.4           | З, КИ-15                          |
| ПК-24.6     | З-ПК-24.6           | З, КИ-15                          |
|             | У-ПК-24.6           | З, КИ-15                          |
|             | В-ПК-24.6           | З, КИ-15                          |
| ПК-7        | З-ПК-7              | З, КИ-8                           |
|             | У-ПК-7              | З, КИ-8                           |
|             | В-ПК-7              | З, КИ-8                           |

## Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины   |
|--------------|-------------------------------|-------------|---|
| 90-100       | 5 – «отлично»                 | A           | Оценка «отлично» выставляется студенту, 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.   |
| 85-89   | 4 – «хорошо»              | В | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.   |
| 75-84   |                           | С |   |
| 70-74   |                           | Д |   |
| 65-69   | 3 – «удовлетворительно»   | Е | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.  |
| 60-64   |                           |   |   |
| Ниже 60 | 2 – «неудовлетворительно» | Ф | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ И88 Исследовательский ядерный реактор ИРТ МИФИ : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. 621.039 И88 Исследовательский ядерный реактор ИРТ МИФИ : учебное пособие по эксплуатационной практике, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
2. ЭИ В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

3. ЭИ Ф50 Физические и конструкционные особенности ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие для вузов, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

4. 621.039 Т34 Теплообмен в ядерных энергетических установках : сборник задач, В. В. Архипов [и др.] ; ред. : В. И. Деев, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

5. 621.039 Ф50 Физические и конструкционные особенности ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие для вузов, С. Б. Выговский [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

### **1. Указания для прослушивания лекций**

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

### **2. Указания для проведения лабораторных занятий.**

Соблюдать требования техники безопасности, для чего прослушать необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории и при посещении реактора ИРТ МИФИ.

Перед выполнением лабораторной работы провести самостоятельно подготовку к работе, изучив основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работы.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться с преподавателем, не допуская по возможности неправильных действий.

Основные результаты экспериментов зафиксировать в письменном и в электронном виде.

При сдаче зачета по работе подготовить отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

### 3. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

По результатам контроля преподавателем выставляются баллы за соответствующие разделы курса. Если количество баллов меньше указанного в программе, в конце семестра студент должен ликвидировать задолженность по соответствующим разделам курса.

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

### 1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе. Дать перечень рекомендованной литературы и вновь появившихся литературных источников.

Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

Внимательно относиться к вопросам студентов и при необходимости давать дополнительные более подробные пояснения.

При чтении лекций преимущественное внимание следует уделять качественным вопросам, не следует увлекаться простыми математическими выкладками, оставляя их либо на студентов, либо отсылая студентов к литературным источникам и методическим пособиям.

Желательно использовать учебные пособия, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует рекомендовать студентам работать самостоятельно с выданными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

Давать рекомендации студентам для подготовки к очередным занятиям.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

### 2. Указания для проведения лабораторных занятий

Четко обозначить тему занятий.

Обсудить основные понятия, связанные с темой занятий.

Соблюдать требования техники безопасности и проводить необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории и при посещении реактора ИРТ МИФИ.

Перед выполнением лабораторной работы проверить степень готовности студентов, напомнить и обсудить основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работ.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться со студентами, не допуская по возможности их неправильных действий.

При приеме зачета по работе требовать отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в выполнении работы и дискуссиях.

В конце занятий задать аудитории несколько контрольных вопросов.

### 3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Автор(ы):

Федоров Владимир Алексеевич