

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Атомная энергетика»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «Математическое моделирование процессов  
в оборудовании АЭС»

### **Специальность**

«14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

### **Основная профессиональная образовательная программа**

«Системы контроля и управления атомных станций»

### **Квалификация выпускника**

Инженер-физик

### **Форма обучения**

Очная

Балаково 20\_\_

## Цель освоения дисциплины

Подготовка к научно-исследовательской деятельности, связанной с математическим моделированием процессов в оборудовании атомных станций и повышение эффективности технологических процессов методом математического моделирования.

Задачи изучения дисциплины:

- математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований (Проф. стандарт 24.078 Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий);
- сформировать компетенции у обучающихся согласно ОС ВО НИЯУ МИФИ.

## Место дисциплины в структуре ООП ВО

При изучении курса «Математическое моделирование процессов в оборудовании АЭС» к студенту предъявляются следующие требования: студент знает закономерности протекания процессов в реакторном, турбинном и другом оборудовании АЭС; базовые законы естественно-научных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; владеет навыками использования основных общефизических законов и принципов.

Перечень дисциплин, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины: Математический анализ, Линейная алгебра, Векторный и тензорный анализ, Обыкновенные дифференциальные уравнения, Дифференциальные и интегральные уравнения, Теория функций комплексного переменного, Уравнения математической физики, Общая физика (механика), Общая физика, Техническая термодинамика, Гидродинамика и теплообмен, Физические установки, АЭС (типы, оборудование, технологии, эксплуатация), Режимы работы и эксплуатации оборудования АЭС).

Освоение дисциплины «Математическое моделирование процессов в оборудовании АЭС» в последующем необходимо при прохождении производственной (научно-исследовательская работа) и производственной (преддипломной) практик, а также в рамках Государственной итоговой аттестации.

Обобщенные трудовые функции, которые сможет полностью или частично продемонстрировать студент при освоении данной дисциплины:

Профессиональный стандарт 24.078 Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий: В/02.7. Обобщение результатов, проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью выработка предложений по разработке новых и усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий.

## Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

универсальные

| Код компетенции | Наименование компетенции  | Индикаторы достижения компетенции   |
|-----------------|---|---|
| УКЕ-1           | способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы ма- | З-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | тематического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах | экспериментального исследования<br>У-УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи<br>В-УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами |
|--|--|---|

профессиональные

| Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)  | Объект или область знания   | Код и наименование компетенции  | Индикаторы достижения компетенции   |
|---|---|---|---|
| Математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного Проектирования и исследований; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций. | Ядерные, химические и тепловые процессы, протекающие в ядерных энергетических установках и на атомных станциях. | ПК-2 Способен проводить математическое моделирование для анализа всей совокупности процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС | З-ПК-2 знать методы математического анализа для моделирования процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС<br>У-ПК-2 уметь проводить математическое моделирование процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС,<br>В-ПК-2 владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования и исследований |

**Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины**

| Направление/цели                   | Создание условий, обеспечивающих   | Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин   | Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность   |
|------------------------------------|--|--|--|
| <b>Профессиональное воспитание</b> | - формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/ практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка <b>(В19)</b> | 1. Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для формирования:<br>- понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлече- | 1. Организация и проведение конференций с целью поиска нестандартных решений в жизни научно-технического сообщества.<br>2. Участие в подготовке публикаций в высокорейтинговых рецензируемых научных изда- |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | <p>ния в исследовательские проекты по областям научных исследований;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами семинаров, открытых лекций, круглых столов;</li> <li>- творческого и критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований.</li> </ul> | <p>ниях.</p> <p>3. Формирование критического мышления, посредством обсуждения со студентами современных научных исследований и иных открытий при проведении круглых столов, семинаров, открытых лекций и др.</p> |
|--|--|---|--|

### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 10-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 ак. часов.

### Календарный план

| №<br>Р<br>а<br>з<br>д<br>е<br>л<br>а                     | №<br>Т<br>е<br>м<br>ы | Наименование раздела<br>(темы) дисциплины  | Виды учебной деятель-<br>ности (в часах) |        |              |              |     | Атте-<br>ста<br>ция<br>разде-<br>ла<br>(фор-<br>ма) | Макси-<br>маль-<br>ный<br>балл<br>за<br>раздел |
|--|-----------------------|--|--|--------|--------------|--------------|-----|---|--|
|  |                       |  | Всего                                    | Лекции | Лабораторные | Практические | СРС |   |  |
| 1 раздел: Основные уравнения для моделирования процессов |                       |  |  |        |              |              |     |   |  |
| 1  | 1                     | Основы математического моделирования   | 8  | 2      |              | 2/2          | 4   |   |  |
| 1  | 2                     | Основные уравнения со-<br>хранения, состояния и<br>краевые условия, исполь-<br>зуемые при выводе урав-<br>нений динамики | 8  | 2      |              | 2/2          | 4   |   |  |
| 1  | 3                     | Динамические характе-<br>ристики участка при ре-<br>гулировании несжимае-<br>мой жидкости                                | 12                                       | 4      |              | 4/2          | 4   |   |  |
| 1  | 4                     | Динамические характе-<br>ристики участка при ре-<br>гулировании давления<br>(расхода) сжимаемой<br>среды                 | 12                                       | 4      |              | 4/2          | 4   |   |  |
| 1  | 5                     | Аналитические модели   | 14                                       | 4      |              | 4/2          | 6   | Кл1   | 25 б.  |

|   |   |  |                |           |  |              |           |                |              |
|---|---|--|----------------|-----------|--|--------------|-----------|----------------|--------------|
|   |   | участка при регулировании уровня среды в емкости |                |           |  |              |           |                |              |
| <b>2 раздел: Математические модели оборудования</b> |   |  |                |           |  |              |           |                |              |
| 2   | 6 | Математические модели теплообменников            | 12             | 4         |  | 4/4          | 4         |                |              |
| 2   | 7 | Математическая модель деаэратора по давлению     | 14             | 4         |  | 4/4          | 6         |                |              |
| 2   | 8 | Математическая модель компенсатора давления      | 14             | 4         |  | 4/4          | 6         |                |              |
| 2   | 9 | Математическая модель турбогенератора            | 14             | 4         |  | 4/2          | 6         | Кл2            | 25 б.        |
| <b>Вид промежуточной аттестации</b>                 |   |  | <b>108 /24</b> | <b>32</b> |  | <b>32/24</b> | <b>44</b> | <b>Экзамен</b> | <b>50 б.</b> |

### Содержание лекционного курса

| <b>Темы лекции.<br/>Вопросы, отрабатываемые на лекции</b>  | <b>Всего часов</b> | <b>Учебно- методическое обеспечение</b> |
|--|--------------------|---|
| <b>1</b>   | <b>2</b>           | <b>3</b>                                |
| <b>1. Основы математического моделирования</b><br>1.1. Математическая модель технического объекта<br>1.2. Виды математических моделей<br>1.3. Основные этапы решения инженерных задач с применением компьютера   | 2                  | 1-9                                     |
| <b>2. Основные уравнения сохранения, состояния и краевые условия, используемые при выводе уравнений динамики</b><br>2.1. Уравнение сохранения массы<br>2.2. Уравнение сохранения энергии<br>2.3. Уравнение сохранения количества движения<br>2.4. Уравнения состояния и краевые условия  | 2                  | 1-9                                     |
| <b>3. Динамические характеристики участка при регулировании расхода (давления) несжимаемой жидкости</b><br>3.1. Обобщенная принципиальная схема участка<br>3.2. Физические процессы на участке<br>3.3. Составление математической модели<br>3.4 Динамические характеристики участка при регулировании расхода путем дросселирования или изменением напора насоса<br>3.5 Динамические характеристики участка при регулировании давления | 4                  | 1-9                                     |
| <b>4. Динамические характеристики участка при регулировании давления (расхода) сжимаемой среды</b><br>4.1. Вывод уравнений элемента регулируемого участка<br>4.2. Примеры вывода уравнений динамики  | 4                  | 1-9                                     |
| <b>5. Аналитические модели участка при регулировании уровня среды в емкости.</b><br>5.1 Модель участка уровня однородной жидкости.<br>5.2 Модель участка регулирования уровня неоднородной жидкости  | 4                  | 1-9                                     |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 5.3 Модель регулирования уровня в парогенераторе АЭС.   |   |     |
| 6. <b>Математические модели теплообменников</b><br>6.1. Пароводяной теплообменник<br>6.1.1. Статические характеристики<br>6.1.2. Математическая модель теплообменника как объекта с сосредоточенными параметрами<br>6.1.3. Математическая модель теплообменника как объекта с распределенными параметрами<br>6.2. Водно-водяной теплообменник | 4 | 1-9 |
| 7. <b>Математическая модель деаэратора по давлению</b>  | 4 | 1-9 |
| 8. <b>Математическая модель компенсатора давления</b><br>8.1. Математическое описание компенсатора давления по давлению и уровню воды<br>8.2. Экспериментальная математическая модель   | 4 | 1-9 |
| 9. <b>Математическая модель турбогенератора</b><br>9.1. Вывод уравнения динамики турбогенератора<br>9.2. Анализ динамических свойств турбогенератора  | 4 | 1-9 |

### Перечень практических занятий

| Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии   | Всего часов | Учебно- методическое обеспечение |
|---|-------------|----------------------------------|
| 1   | 2           | 3                                |
| Изучение среды моделирования SimInTech на примере теплогидравлической модели  | 8           | 10,11                            |
| Моделирование поддержания уровня главного конденсатора турбины  | 12          | 10,11                            |
| Разработка и исследование динамической модели теплогидравлического контура, содержащего турбину и конденсатно-питательный тракт для энергетических турбин | 12          | 10,11                            |

### Перечень лабораторных работ - не предусмотрены учебным планом

### Задания для самостоятельной работы студентов

| Вопросы для самостоятельного изучения (задания)   | Всего часов | Учебно- методическое обеспечение |
|---|-------------|----------------------------------|
| 1   | 2           | 3                                |
| Модели участка расхода твердых дисперсных материалов<br>1. Модель дозатора (питателя)<br>2. Модель процесса транспортировки материала                       | 6           | 1-9                              |
| Математические модели участка смешения жидкостей по температуре смеси   | 4           | 1-9                              |
| Аналитические модели участка при регулировании концентрации вещества<br>1. Общая модель участка<br>2. Аналитическая математическая модель участка типа «чи- | 4           | 1-9                              |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| стый перенос»<br>3. Аналитическая математическая модель участка типа «полное перемешивание»<br>4. Примеры моделей участков концентрации   |   |     |
| Математическое описание динамики реактора «нулевой» мощности<br>1. Элементарное уравнение кинетики реактора без запаздывающих нейтронов<br>2. Кинетика реактора с учетом запаздывающих нейтронов<br>3. Передаточная функция и частотные характеристики реактора<br>4. Кривые разгона реактора | 6 | 1-9 |
| Методы упрощений уравнений кинетики реактора<br>1. Объединение запаздывающих нейтронов в одну средневзвешенную группу<br>2. Пренебрежение временем жизни нейтронов и учет одной средневзвешенной группы запаздывающих нейтронов   | 6 | 1-9 |
| Моделирование уравнений кинетики реактора в инженерных расчетах   | 6 | 1-9 |
| Математическое описание реактора, работающего в энергетическом диапазоне мощности<br>1. Распределение энерговыделения в реакторе<br>2. Изменение реактивности в нестационарных режимах  | 6 | 1-9 |
| Аналитический вывод уравнений динамики реактора   | 6 | 1-9 |

### **Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом**

### **Курсовая работа не предусмотрена учебным планом**

### **Образовательные технологии**

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при изучении дополнительных тем курса.

### **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:

| № п/п   | Наименование контролируемых разделов (темы)    | Код и наименование индикатора достижения компетенций | Наименование оценочного средства   |
|---|--|--|--|
| <b>Входной контроль</b>                                   |  |  |  |
| 1   | Входной контроль                               |  | Вопросы входного контроля (устно)  |
| <b>Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости</b> |  |  |  |
| 2   | Основные уравнения для моделирования процессов | 3- УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1<br>3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 | Практическая работа 1<br>Практическая работа 2.1<br>Коллоквиум 1 (письменно) |
| 3   | Математические модели оборудования             | 3- УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1<br>3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 | Практическая работа 2.2<br>Практическая работа 3<br>Коллоквиум 2 (письменно) |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                           |  |  |  |
| 4   | Экзамен  | 3- УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1<br>3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2 | Вопросы к экзамену (письменно)   |

Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в устной форме.

В качестве оценочного средства текущего контроля используются выполнение практических работ и устный опрос по результатам их выполнения.

В качестве оценочного средства аттестации разделов проводятся коллоквиумы 1 и 2 соответственно, а для промежуточной аттестации предусмотрены теоретические вопросы.

По итогам обучения выставляется экзамен.

### **Вопросы входного контроля**

1. Уравнения кинетики реактора первого и второго порядка.
2. Понятие модели и моделирования.
3. Классификация математических моделей.
4. Основное оборудование реакторного отделения АСЭ.
5. Основное оборудование турбинного отделения АЭС.

### **Вопросы для аттестации раздела 1 (коллоквиум Кл1)**

1. Дать определение математической модели, моделирования. На какие этапы можно разбить процесс создания математической модели.
2. Что представляет собой математическая модель на микро и макроуровне.
3. Записать уравнение сохранения массы.
4. Записать уравнение сохранения энергии.
5. Записать уравнение сохранения количества движения.
6. Дать характеристику уравнениям состояния и краевым условиям.
7. Определяющий физический процесс участка при регулировании несжимаемой жидкости.
8. Записать дифференциальное уравнение в общем виде, которое характеризует динамические свойства системы по расходу жидкости.
9. Нарисовать возможные варианты участка при регулировании расхода путем дросселирования. Записать управляющие и возмущающие воздействия.
10. Нарисовать участок при регулировании расхода изменением напора насоса. Записать управляющие и возмущающие воздействия.

11. Перечислить варианты схем регулирования расхода (давления) сжимаемой жидкости.
12. Записать ПФ бака как объекта регулирования уровня.
13. Записать ПФ бака по уровню с регулирующим клапаном на стоке.
14. Нарисовать расчетную схему парогенератора как объекта регулирования уровня.
15. Записать ПФ парогенератора как объекта регулирования уровня.
16. Модель участков концентрации

Студент на коллоквиуме дает устные краткие ответы на 5 вопросов из приведенного выше перечня. За каждый правильный ответ начисляется 1 балл. Максимально за коллоквиум - 5 баллов.

#### Шкала оценивания раздела 1

| Текущий контроль успеваемости  | Аттестация раздела      | Максимальный / минимальный балл для аттестации раздела |
|--|-------------------------|--|
| Практическая работа 1 - 10 баллов<br>Практическая работа 2.1 – 10 баллов | Коллоквиум 1 - 5 баллов | 25 баллов /<br>15 баллов                               |

#### Вопросы для аттестации раздела 2 (коллоквиум Кл2)

1. Нарисовать расчетную и параметрическую схему пароводяного теплообменника.
2. Какие технологические объекты АЭС можно отнести к пароводяным теплообменникам?
3. Какие технологические объекты АЭС можно отнести к водо-водяным теплообменникам? Пример расчетной и параметрической схемы.
4. Нарисовать структурную схему теплообменника расхолаживания реактора.
5. Нарисовать структурную схему деаэратора по давлению.
6. Записать дифференциальное уравнение, описывающее динамику деаэратора по давлению.
7. Нарисовать структурную схему компенсатора давления по давлению по каналам реактивности и расходу пара.
8. Записать выражения для изменения плотности пара с изменением температуры компенсатора давления при равновесном и неравновесном режиме.
9. Нарисовать параметрическую схему турбогенератора и перечислить уравнения, формирующие динамическую модель турбогенератора.
10. Нарисовать функциональную схему регулирования скорости вращения турбогенератора
11. Записать ПФ турбогенератора по каналу мощность генератора – мощность турбины.
12. Записать ПФ турбогенератора по каналу мощность генератора – расход пара.
13. Записать ПФ турбогенератора по каналу частота вращения – расход пара.
14. В чем заключаются особенности математической модели турбины с промперегревом от конденсационных турбин без промежуточного перегрева пара.

Студент на коллоквиуме дает устные краткие ответы на 5 вопросов из приведенного выше перечня. За каждый правильный ответ начисляется 1 балл. Максимально за коллоквиум - 5 баллов.

#### Шкала оценивания раздела 2

| Текущий контроль успеваемости  | Аттестация раздела      | Максимальный / минимальный балл для аттестации раздела |
|--|-------------------------|--|
| Практическая работа 2.2 - 10 баллов<br>Практическая работа 3 – 10 баллов | Коллоквиум 2 - 5 баллов | 25 баллов /<br>15 балла                                |

#### Теоретические вопросы на экзамен.

1. Уравнение сохранения массы
2. Уравнение сохранения энергии
3. Уравнение сохранения количества движения
4. Уравнения состояния и краевые условия
5. Обобщенная принципиальная схема участка при регулировании несжимаемой жидкости
6. Физические процессы на участке при регулировании несжимаемой жидкости
7. Составление математической модели участка при регулировании несжимаемой жидкости. Линеаризация исходных уравнений
8. Динамические характеристики участка при регулировании расхода путем дросселирования
9. Динамические характеристики участка при регулировании расхода изменением напора насоса
10. Динамические характеристики участка при регулировании давления (расхода) сжимаемой среды. Вывод уравнений элемента регулируемого участка
11. Примеры вывода уравнений динамики участка при регулировании давления (расхода) сжимаемой среды
12. Модель участка уровня однородной жидкости.
13. Модель участка регулирования уровня неоднородной жидкости
14. Модель регулирования уровня в парогенераторе АЭС.
15. Аналитические модели участка при регулировании концентрации вещества. Общая модель участка
16. Аналитическая математическая модель участка типа «чистый перенос»
17. Аналитическая математическая модель участка типа «полное перемешивание»
18. Примеры моделей участков концентрации
19. Математические модели пароводяного теплообменника. Статические характеристики
20. Математическая модель теплообменника как объекта с сосредоточенными параметрами
21. Математическая модель теплообменника как объекта с распределенными параметрами
22. Водно-водяной теплообменник
23. Математическая модель деаэратора по давлению
24. Математическое описание компенсатора давления по давлению и уровню воды
25. Экспериментальная математическая модель компенсатора давления
26. Вывод уравнения динамики турбогенератора
27. Анализ динамических свойств турбогенератора

Экзамен проводится в письменной форме, путем ответа на 2 вопроса из вышеприведенного перечня. При этом оценивается правильность и полнота ответа. Максимальный балл за зачет – 50 баллов (25 баллов за каждый вопрос).

#### Форма оценивания ответа студента на экзамене

| Баллы<br>(рейтинго-<br>вой оценки) | Оценка<br>экзамена<br>(стандартная) | Требования к знаниям  |
|------------------------------------|-------------------------------------|---|
| 45-50                              | «отлично»                           | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал по дисциплине, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения |

|       |                       |  |
|-------|-----------------------|--|
|       |                       | знаний по вопросам разработки математических моделей технологических объектов АЭС.   |
| 36-44 | «хорошо»              | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал по дисциплине, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы экзаменационного билета.   |
| 30-35 | «удовлетворительно»   | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала по дисциплине, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. |
| 0-29  | «неудовлетворительно» | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала по дисциплине, допускает существенные ошибки, оставляет не раскрытыми вопросы экзаменационного билета.  |

## Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

### Основная литература:

1. Золотоносов, Я. Д. Трубчатые теплообменники. Моделирование, расчет : монография / Я. Д. Золотоносов, А. Г. Багоутдинова, А. Я. Золотоносов. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-3411-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112678>.
2. Хабаров, С. П. Основы моделирования технических систем. Среда Simintech : учебное пособие / С. П. Хабаров, М. Л. Шилкина. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 120 с. — ISBN 978-5-8114-3526-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118652>.
3. Овчинников, Ю. В. Основы теплотехники : учебник / Ю. В. Овчинников, С. Л. Елистратов, Ю. И. Шаров. — Новосибирск : НГТУ, 2018. — 554 с. — ISBN 978-5-7782-3453-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118139>.

### Дополнительная литература:

4. Чефанов, В. М. Основы технической механики жидкости и газа : учебное пособие / В. М. Чефанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 452 с. — ISBN 978-5-8114-3975-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126917>.
5. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс : учебник : в 2 книгах / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; под редакцией В. Г. Айнштейна. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Книга 1 : Книга 1 — 2019. — 916 с. — ISBN 978-5-8114-2975-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111193>.
6. Шапошников, В. В. Турбины тепловых и атомных электрических станций : учебное пособие / В. В. Шапошников. — Краснодар : КубГТУ, 2019. — 191 с. — ISBN 978-5-8333-0872-

1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151182> .

7. Елистратов, С. Л. Котельные установки и парогенераторы : учебное пособие / С. Л. Елистратов, Ю. И. Шаров. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 102 с. — ISBN 978-5-7782-3442-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118136>.

8. Якубенко, И. А. Технологические процессы производства тепловой и электрической энергии на АЭС : учебное пособие / И. А. Якубенко, М. Э. Пинчук. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2013. — 288 с. — ISBN 978-5-7262-1766-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75782> .

9. Трухин, М. П. Моделирование сигналов и систем. Основы разработки компьютерных моделей систем и сигналов : учебное пособие / М. П. Трухин. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 212 с. — ISBN 978-5-8114-3674-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118651>.

#### Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

10. «Simintech»;

11. [https://help.simintech.ru/#o\\_simintech/o\\_simintech.html](https://help.simintech.ru/#o_simintech/o_simintech.html) - справочная система SimInTech.

12. <https://www.atomic-energy.ru/> - Информационный портал «Атомная энергия 2.0»

13. <https://rosatom.ru/> - официальный сайт корпорации Росатом.

### **Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные занятия проводятся в специализированных аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием. Практические занятия проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерами.

### **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 участия в практических занятиях

Перед посещением уяснить тему практического занятия и самостоятельно изучить теоретические вопросы.

В конце занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

3. Самостоятельная работа студентов обычно складывается из нескольких составляющих:

- работа с текстами: учебниками, историческими первоисточниками, дополнительной литературой, в том числе материалами интернета, а также проработка конспектов лекций и вопросов для самостоятельного изучения;

- подготовка к практическим занятиям;

- подготовка к экзамену непосредственно перед ним.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является необходимым компонентом получения полноценного высшего образования.

## **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, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции. 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.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить с докладами и рефератами.

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

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

Четко обозначить тему практической работы.

Обсудить основные понятия, связанные с темой работы.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце занятия задать аудитории несколько контрольных вопросов, проконтролировать ход выполнения практической работы.

### 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).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Рабочую программу составил доцент

Мефедова Ю.А.

Рецензент: доцент

Ефремова Т. А.

Программа одобрена на заседании УМКС 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг от 15.11.2021 года, протокол №2.

Председатель учебно-методической комиссии

Ляпин А.С.