

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 «Исполнительные устройства систем управления»

### **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

## **Цель освоения дисциплины**

Подготовка к производственно-технологической деятельности, связанной с использованием исполнительных устройств в системах автоматического управления, защиты и контроля технологических процессов на АЭС.

Задачи изучения дисциплины:

- научиться использовать исполнительные устройства в системах автоматизированного управления, защиты и контроля технологических процессов на АЭС (и ЯЭУ)
- применять математическое моделирование исполнительных устройств систем управления на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;
- изучить методики выбора исполнительных устройств для различных технологических процессов, построения их характеристик;
- сформировать компетенции у обучающихся согласно ОС НИЯУ МИФИ.

Профессиональные стандарты:

- «24.062. Инженер-проектировщик по выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии»
- «24.032. Специалист в области теплоэнергетики (реакторное отделение)»

## **Место дисциплины в структуре ООП ВО**

При изучении курса «Исполнительные устройства систем управления» к студенту предъявляются следующие требования: студент знает назначение, устройство, технические характеристики и принцип действия средств измерений; основные закономерности постоянного и переменного тока, основы электроники; способен применять методы математической и графической обработки результатов расчетов и измерений; владеет принципами построения и эксплуатации систем автоматического управления.

Перечень дисциплин, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины: Общая физика, Электротехника, Электроника, Теория автоматического управления.

Освоение дисциплины «Исполнительные устройства систем управления» в последующем необходимо при изучении теоретических дисциплин 9, 10 семестра: Математическое моделирование процессов в оборудовании АЭС; Жизненный цикл и проектирование АСУ технологическими процессами, АСУ технологическими процессами АЭС; Системы управления, Современные системы управления ЯЭУ; при прохождении производственной (эксплуатационной), 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:

- В/01.7. Подготовка проектной документации по выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии (ПС 24.062);
- В.7. Обеспечение безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов, основных фондов реакторного отделения АЭС (ПС 24.032).

## **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие

компетенции:

общепрофессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>З-ОПК-1 Знать: базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p>У-ОПК-1 Уметь: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p> <p>В-ОПК-1 Владеть: математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общефизических законов и принципов</p>

профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Разработка проектов элементов оборудования, технологических систем, систем контроля и управления в соответствии с техническим заданием, с использованием средств автоматизации проектирования	Современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками.	ПК-8 Способен использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов, приборов и систем, готовностью осуществлять сбор, анализ и подготовку исходных данных для проектов ЯЭУ и их компонентов	<p>З-ПК-8 Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при проектировании физических установок и систем;</p> <p>У-ПК-8 уметь применять Информационные технологии и прикладные пакеты используемые при проектировании физических установок и систем;</p> <p>В-ПК-8 владеть методами анализа и исходных данных для проектов ЯЭУ и их компонентов</p>

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

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
<b>Профессиональ</b>	- формирование	Использование	1. Организация научно-

<p><b>ное и трудовое воспитание</b></p>	<p>глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду <b>(B14)</b></p>	<p>воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач.</li> <li>- формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости;</li> <li>- формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов.</li> </ul>	<p>практических конференций и встреч с ведущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли.</p> <p>2. Организация и проведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессионального мастерства.</p> <p>3. Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов</p>
---	---	---	--

### **Структура и содержание учебной дисциплины**

Дисциплина преподается студентам в 8-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 ак. часов.

## Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттеста ция раздела (форма)	Макси мальный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
<b>1 раздел: Основные сведения об исполнительных устройствах СУ</b>									
1	1	Классификация исполнительных устройств СУ.	2	2					
1	2	Электромагнитные исполнительные устройства.	6	2		4			
1	3	Гидравлические исполнительные устройства	6	2			4		
1	4	Пневматические исполнительные устройства	6	2			4		
1	5	Электромашинные исполнительные механизмы	12	4		4/4	4		
1	6	Исполнительные устройства агрегатированных комплексах САР	12	4		4/4	4	Кл1 20 б.	
<b>2 раздел: Электрический привод</b>									
2	6	Общие сведения об электроприводе.	8	4			4		
2	7	Электропривод постоянного тока	12	4		8/8			
2	8	Электропривод переменного тока	24	4		4	16		
2	9	Системы управления электроприводом.	20	4		8/8	8	Кл2 30 б.	
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>108</b>	<b>32</b>		<b>32/24</b>	<b>44</b>	<b>Экзамен</b> <b>50 б.</b>	

Кл - коллоквиум

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Классификация исполнительных устройств СУ. Основные понятия, назначение и классификация.</b>	2	1-21
<b>Электромагнитные исполнительные устройства. Принцип действия, основные конструктивные решения и</b>	2	1-21

характеристики.		
<b>Гидравлические исполнительные устройства</b> Принцип действия, основные характеристики. Основные функциональных схемы. Дроссельное и объемное регулирование.	2	1-21
<b>Пневматические исполнительные устройства</b> Классификация, принцип действия, характеристики. Газовый двигатель.	2	1-21
<b>Электромашинные исполнительные механизмы</b> Классификация, структуры и состав. Типовые структуры и оборудование электромашинных ИМ. Комплектный исполнительный механизм. Общие сведения об электромашинных устройствах исполнительных механизмов.	4	1-21
<b>Исполнительные устройства в агрегатированных комплексах САР и для перемещения РО арматуры</b> Состав комплекса. Принципы построения САР с применением блоков. Установка электрических исполнительных механизмов. Исполнительные механизмы типа МЭО, МЭОФ, МЭМ, МЭП (AUMA, TULA, MOA, Siemens). Многофункциональные реверсивные пускатели для регулирующей и запорной арматуры (БСТ-12Р/380-32).	4	1-21
<b>Общие сведения об электроприводе.</b> Уравнение движения электропривода. Приведение моментов и моментов инерции. Механические характеристики электропривода. Нагрев и охлаждение двигателей в ЭП. Номинальные режимы работы электропривода.	4	1-21
<b>Электропривод постоянного тока.</b> Основные характеристики электропривода постоянного тока: Двигатель постоянного тока независимого возбуждения. Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения. Энергетические режимы работы ДПП НВ Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока: Регулирование частоты вращения изменением сопротивления реостата в цепи якоря. Регулирование изменением магнитного потока возбуждения. Регулирование изменением подводимого к цепи якоря напряжения. Импульсное регулирование электроприводом с двигателями постоянного тока.	4	1-21
<b>Электропривод переменного тока</b> Основные характеристики электропривода переменного тока: Основные понятия и соотношения для трехфазных асинхронных двигателей. Режимы работы асинхронного двигателя. Механические характеристики АД в двигательном режиме. Регулирование частоты вращения двигателя переменного тока: Реостатное регулирование частоты вращения электропривода с асинхронным двигателем. Частотное регулирование электропривода с асинхронным двигателем. Регулирование электропривода с асинхронным двигателем изменением подводимого напряжения. Частотные преобразователи (Danfoss, ABB, Siemens, Schneider Electric). Конструкция особенности. Устройства плавного пуска.	4	1-21
<b>Системы управления электроприводом.</b> Системы управления электроприводом верхнего уровня: Общая характеристика систем управления ЭП. Релейно-контакторные системы управления двигателями. Дискретные логические системы управления. Системы управления скоростью ЭП постоянного и переменного тока: Системы модального управления. Наблюдающие	4	1-21

устройства в системах управления электроприводом. Системы управления ЭП с подчиненным регулированием. Система двухзонного регулирования скорости ЭП. Скалярное и векторное регулирование электропривода переменного тока.		
---	--	--

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, обрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Определение основных параметров электромагнитного реле	4	1-21
Расчет мощности и выбор электродвигателей для различных режимов работы	4	1-21
Выбор и расчет механизма электрического однооборотного	4	1-21
Расчет характеристик двигателя постоянного тока	4	1-21
Исследование двигателя постоянного тока в Simintech	4	1-21
Расчет характеристик асинхронного двигателя	4	1-21
Расчет системы управления электроприводом с подчиненным регулированием координат	4	1-21
Расчет системы позиционирования электропривода в режиме малых перемещений	4	1-21

### 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
Исполнительные механизмы позиционного регулирования.	4	1-21
Исполнительные механизмы пропорционального регулирования.	4	1-21
Исполнительные механизмы переменной скорости.	4	1-21
Исполнительные механизмы и двигатели поступательного движения	4	1-21
Шаговый двигатель. Конструкция, принцип работы, применение.	4	1-21
Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя по справочным данным.	4	1-21
Тиристорные пусковые устройства в электроприводах с асинхронными двигателями.	4	1-21
Преобразователи частоты с непосредственной связью	4	1-21
Автономные инверторы тока. Автономные инверторы напряжения.	4	1-21
Схема включения, особенности конструкции синхронных двигателей. Электромеханические свойства неявнополюсных и явнополюсных синхронных двигателей. Пуск и синхронизация	4	1-21

синхронных двигателей. Регулирование скорости синхронных двигателей.		
Частотное управление асинхронным электроприводом со скалярной IR -компенсацией. Векторное частотное управление асинхронным электроприводом с IR-компенсацией	4	1-21

**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.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий

**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 сведения об исполнительных устройствах СУ	З-ОПК-1; У-ОПК-1, В-ОПК-1 З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8	Практическая работа 1 Практическая работа 2 Практическая работа 3 Коллоквиум 1 (письменно)
3	Электрический привод	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8	Практическая работа 4 Практическая работа 5 Практическая работа 6 Практическая работы 7 Практическая работа 8 Коллоквиум 2 (письменно)

Промежуточная аттестация			
4	Экзамен	З-ОПК-1; У-ОПК-1, В-ОПК-1 З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8	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 заданий и устный опрос по результатам их выполнения. В качестве оценочного средства аттестации разделов используются коллоквиум 1 и 2 соответственно, а для промежуточной аттестации предусмотрены теоретические вопросы. По итогам обучения проводится экзамен.

### Вопросы входного контроля

1. Двигатель постоянного тока.
2. Асинхронный двигатель.
3. Переходный процесс.
4. Стандартные типовые звенья САУ.
5. Тиристоры и другие элементы силовой электроники.
6. Сельсинные датчики угла поворота
7. Датчики угловой скорости (тахогенераторы)
8. Трехфазная цепь при соединении потребителей по схеме треугольник и звезда.
9. Закон Ома для активного участка цепи.
10. Понятие синусоидального тока. Определения мгновенного и амплитудного значений. Понятие фазы, начальной фазы, сдвига фаз.

### Вопросы коллоквиума 1.

1. Классификация исполнительных устройств СУ.
2. Принцип действия электромагнитных исполнительных устройств.
3. Принцип действия гидравлических исполнительных устройств.
4. Дроссельное и объемное регулирование.
5. Классификация и принцип действия пневматических исполнительных устройств.
6. Газовый двигатель.
7. Классификация электромашинных исполнительных механизмов.
8. Типовые структуры и оборудование электромашинных ИМ.
9. Комплектный исполнительный механизм.
10. Общие сведения об электромашинных устройствах исполнительных механизмов.
11. Классификация микромашин по назначению и области применения.
12. Исполнительные устройства в агрегатированных комплексах САР. Состав комплекса. Принципы построения САР с применением блоков.
13. Исполнительные механизмы типа МЭО.
14. ИМ для трубопроводов.

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 - 5 баллов	Коллоквиум 1 - 5 баллов	20 баллов /
Практическая работа 2 – 5 баллов		12 баллов
Практическая работа 3 – 5 баллов		

### Вопросы коллоквиума 2.

1. Основные понятия двигателей постоянного тока. Конструкция, достоинства и недостатки, способы возбуждения.

2. Основные уравнения для ДПТ НВ
3. Уравнение электромеханической характеристики ДПТ с независимым возбуждением. Графическое изображение электромеханической характеристики.
4. Энергетические режимы работы электродвигателя.
5. Регулирование частоты вращения ДПТ.
6. Основные соотношения для трехфазных АД
7. Механическая характеристика АД в различных режимах
8. Регулирование частоты вращения АД.
9. Общая характеристика систем управления электроприводами.
10. Релейно-контакторные систем управления электроприводами
11. Дискретно-логические системы управления
12. Система управления ЭП с подчинённым регулированием координат.
13. Система позиционирования электропривода в режиме малых перемещений

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 4 - 5 баллов Практическая работа 5 - 5 баллов Практическая работа 6 – 5 баллов Практическая работы 7 – 5 баллов Практическая работа 8 – 5 баллов	Коллоквиум 2 - 5 баллов	30 баллов / 24 балла

### Теоретические вопросы на экзамен.

1. Общие сведения об ИУ СУ. Схема исполнительного устройства с обратной связью для реализации управляющих воздействий на объект
2. Классификация исполнительных механизмов по виду энергии: пневматические, гидравлические, электрические.
3. Электромашинные и электромагнитные исполнительные механизмы. Дросселирующие и дозирующие регулирующие органы.
4. Электромагнитные исполнительные устройства. Принцип действия, основные конструктивные решения и характеристики.
5. Гидравлические исполнительные устройства Принцип действия, основные характеристики.
6. Гидравлические исполнительные устройства. Основные функциональных схемы.
7. Гидравлические исполнительные устройства. Дроссельное и объемное регулирование.
8. Пневматические исполнительные устройства. Классификация, принцип действия, характеристики.
9. Газовый двигатель.
10. Исполнительные устройства в агрегатированных комплексах САР. Функциональные устройства АКСЭР-2.
11. Исполнительные устройства в агрегатированных комплексах САР. Регулирующие блоки и блоки оперативного управления АКСЭР-2.
12. Структурная схема АСР с ПИ-регулятором и ПИД-регулятором.
13. Структурная схема АСР с П-, ПД- и И-регуляторами.
14. Установка электрических исполнительных механизмов.
15. Исполнительные механизмы для трубопроводов: однооборотные фланцевые, многооборотные, прямоходные.

16. Многофункциональные реверсивные пускатели для регулирующей и запорной арматуры.
17. Классификация электромашинных ИМ (электроприводов).
18. Обобщенная структурная схема автоматизированного электромашинного (ИМ) (электропривода).
19. Комплектный исполнительный механизм (электропривод).
20. Общие сведения об электромашинных устройствах исполнительных механизмов. Электромашинные устройства. Электрическая машина. Классификация по выходной мощности, частоте вращения, степени защиты от внешних воздействий, по способу охлаждения.
21. Классификация микромашин по назначению и области применения.
22. Основные понятия двигателей постоянного тока. Конструкция, достоинства и недостатки, способы возбуждения.
23. Основные уравнения для ДПТ НВ
24. Уравнение электромеханической характеристики ДПТ с независимым возбуждением. Графическое изображение электромеханической характеристики.
25. Анализ уравнений электромеханической характеристики. Ограничение величины  $I_{кз}$ .
26. Уравнение механической характеристики ДПТ с НВ. Графическое изображение механической характеристики
27. Энергетические режимы работы электродвигателя.
28. Регулирование частоты вращения ДПТ изменением сопротивления реостата гдб в цепи якоря.
29. Регулирование частоты вращения ДПТ изменения магнитного потока возбуждения.
30. Регулирование частоты вращения изменением подводимого к цепи якоря напряжения.
31. Импульсное регулирование электропривода с двигателем постоянного тока
32. Конструкции асинхронных двигателей
33. Основные соотношения для трехфазных АД
34. Механическая характеристика АД в различных режимах
35. Реостатное регулирование АД с фазным ротором
36. Регулирование частоты вращения АД изменением подводимого напряжения.
37. Регулирование частоты вращения АД с КР изменением числа полюсов в обмотке статора
38. Регулирование частоты вращения АД с КР изменением числа полюсов в обмотке статора
39. Регулирование изменением частоты питающего напряжения – частотное регулирование
40. Частотные преобразователи (Danfoss, ABB, Siemens, Schneider Electric). Конструкция особенности.
41. Устройства плавного пуска.
42. Общая характеристика систем управления электроприводами. Релейно-контакторные систем управления электроприводами
43. Дискретно-логические системы управления
44. Система управления электроприводом с подчинённым регулированием координат.
45. Система позиционирования электропривода в режиме малых перемещений

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**  
по дисциплине «Исполнительные устройства систем управления»

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (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 общим вопросам исполнительных устройств, электроприводам постоянного и переменного тока, системам управления электропривода.
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. Гаврилов, А. Н. Средства и системы управления технологическими процессами: учебное пособие / А. Н. Гаврилов, Ю. В. Пятаков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 376 с. — ISBN 978-5-8114-4584-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122190>.
2. Епифанов, А. П. Электрические машины : учебник / А. П. Епифанов, Г. А. Епифанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 300 с. — ISBN 978-5-8114-2637-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/95139>.

### Дополнительная литература:

3. Аполлонский, С. М. Электрические аппараты автоматики : учебное пособие / С. М. Аполлонский, Ю. В. Куклев. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-3728-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121463>.
4. Захахатнов, В. Г. Технические средства автоматизации : учебное пособие / В. Г. Захахатнов, В. М. Попов, В. А. Афонькина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 144 с. — ISBN 978-5-8114-4111-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130159>.
5. Фролов, Ю. М. Регулируемый асинхронный электропривод : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-2177-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. —

URL: <https://e.lanbook.com/book/102251>.

6. Фурсов, В. Б. Моделирование электропривода : учебное пособие / В. Б. Фурсов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-3566-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121467>.

7. Авилов, В. Д. Расчет асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором : учебное пособие / В. Д. Авилов, Л. Е. Серкова. — 3-е изд., с измен. — Омск : ОмГУПС, 2014. — 94 с. — ISBN 978-5-949-41084-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129466>.

8. Аносов, В. Н. Векторное управление асинхронными электроприводами на основе прогнозирующих моделей : учебное пособие / В. Н. Аносов, А. А. Диаб, Д. А. Котин. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 175 с. — ISBN 978-5-7782-3285-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118082>.

9. Ванурин, В. Н. Электрические машины : учебник / В. Н. Ванурин. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-2015-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/72974>.

10. Епифанов, А. П. Электропривод : учебник / А. П. Епифанов, Л. М. Малайчук, А. Г. Гущинский. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1234-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3812>

11. Ионов, А. А. Основы электропривода технологических установок : учебное пособие / А. А. Ионов. — Самара : СамГУПС, 2017. — 119 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130441>.

12. Калачёв, Ю. Н. SimInTech: моделирование в электроприводе / Ю. Н. Калачёв. — Москва : ДМК Пресс, 2019. — 98 с. — ISBN 978-5-97060-766-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/123713>.

13. Микропроцессорные системы управления электроприводами и технологическими комплексами : учебное пособие / Г. М. Симаков, А. М. Бородин, Д. А. Котин, Ю. В. Панкрац. — Новосибирск : НГТУ, 2016. — 116 с. — ISBN 978-5-7782-2989-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118247>.

14. Никитенко, Г. В. Электропривод производственных механизмов : учебное пособие / Г. В. Никитенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-1468-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5845>.

15. Никитин, В. В. Основы электропривода технологических установок : учебное пособие / В. В. Никитин, Е. Г. Серeda. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2016. — 70 с. — ISBN 978-5-7641-0894-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91111>.

16. Пашков, Е. В. Следящие приводы промышленного технологического оборудования : учебное пособие / Е. В. Пашков, В. А. Крамарь, А. А. Кабанов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1848-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/61367>.

17. Симаков, Г. М. Системы расчета автоматизированного электропривода : учебное пособие / Г. М. Симаков, Ю. В. Панкрац, Д. А. Котин. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 147 с.

— ISBN 978-5-7782-3866-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152190>.

18. Симаков, Г. М. Специальные разделы теории электропривода : учебное пособие / Г. М. Симаков, Ю. П. Филюшов. — Новосибирск : НГТУ, 2020. — 124 с. — ISBN 978-5-7782-4074-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152167>.

19. Сысенко, В. Т. Автоматизированный электропривод : учебно-методическое пособие / В. Т. Сысенко. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 52 с. — ISBN 978-5-7782-3963-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152161>.

20. Фролов, Ю. М. Проектирование электропривода промышленных механизмов : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1571-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/44766>.

21. Фролов, Ю. М. Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1141-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3185>.

#### Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. «Mathcad»;

2. «Simintech»;

3. <https://www.energoportal.ru/> специализированный интернет-портал по электрооборудованию и электротехнике.

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

### **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 ознакомьтесь 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;
- написание докладов, рефератов;
- 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 семинарского 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 семинару. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре 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

Грицюк С.Н.

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.