

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 «Управление ядерными энергетическими установками»

### **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**

**Цель учебной дисциплины:** формирование знаний в области безопасной эксплуатации реакторных установок АЭС в основных стационарных и переходных режимах работы, освоение логики применения эксплуатационных процедур, методов проведения и обработки результатов физических экспериментов на ЯЭУ, характеры протекания и способы локализации аварий на АЭС, основ математического моделирования динамических процессов ЯЭУ АЭС, изучение содержания регламентных и других эксплуатационных требований и правил.

**Задачи дисциплины:** приобретение знаний и навыков самостоятельного анализа состояния ЯЭУ и оценки безопасности текущего эксплуатационного режима, используя физические основы теплогидравлических и нейтронно-физических процессов, протекающих в основном оборудовании реакторных установок АЭС, привить правила использования эксплуатационной и технической литературы при решении регламентных заданий.

Дисциплина изучается в соответствии с профессиональными стандартами:

- «24.078. Специалист исследователь в области ядерно-энергетических технологий»;
- «24.032. Специалист в области теплоэнергетики (реакторное отделение)»;
- «24.033. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики атомной станции».

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

Изучение дисциплины «Управление ядерными энергетическими установками» требует основных компетенций, знаний, умений и навыков обучающегося по дисциплинам:

- ядерная физика;
- физика ядерных реакторов;
- динамика ядерных реакторов;
- датчики и детекторы физических установок.

В ходе изучения курса «Управление ядерными энергетическими установками» обучающийся получает знания, умения и навыки для выполнения всех разделов курсового и дипломного проектирования, связанных с техническими разработками оборудования АЭС, УИР, а также непосредственно при практической работе выпускников по специальности.

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

- в соответствии с профессиональным стандартом «24.078. Специалист исследователь в области ядерно-энергетических технологий»: В/02.7. Обобщение результатов, проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью выработки предложений по разработке новых и усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий;
- в соответствии с профессиональным стандартом «24.032. Специалист в области теплоэнергетики (реакторное отделение)»: В/01.7. Обеспечение взаимодействия в процессе инженерно-технической поддержки при эксплуатации реакторного оборудования, технологических систем, основных фондов реакторного отделения АЭС;
- в соответствии с профессиональным стандартом «24.033. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики атомной станции»: С/01.7. Организация и контроль выполнения производственным подразделением работ по обеспечению эксплуатации СИ, СА и аппаратуры СУЗ на АС.

## Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок, подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций.	Современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками.	ПК-1 Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок	З-ПК-1 Знать: современную техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок. У-ПК-1 Уметь: использовать научно-техническую информацию для проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок. В-ПК-1 Владеть: методами поиска и анализа научно-технической информации и опыта в области проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок.
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-3 Способен к проведению исследований физических процессов в ядерных энергетических установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации	З-ПК-3 знать методы проведения исследований физических процессов У-ПК-3 уметь проводить исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок В-ПК-3 владеть методиками испытаний оборудования при его монтаже и наладке
Анализ процессов в ядерных энергетических установках с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы; обеспечение ядерной и	Современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы	ПК-9 Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы	З-ПК-9 Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ; У-ПК-9 уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля,

радиационной безопасности при эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами на АЭС (и ЯЭУ).	автоматизированного управления ядерно - физическими установками. Ядерные, химические и тепловые процессы, протекающие в ядерных энергетических установках и на атомных станциях.	и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы	управления и защиты ЯЭУ; В-ПК-9 владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 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 ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения <b>(В18)</b>	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.	1. Организация научно-практических конференций, круглых столов, встреч с ведущими специалистами предприятий экономического сектора города по вопросам технологического лидерства России. 2. Участие в подготовке публикаций в высокорейтинговых рецензируемых научных изданиях

#### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 9 семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 ак. часа.

## Календарный план

№ раздела	№ темы	Наименование раздела/темы дисциплины	Виды учебной деятельности (час.)					Аттестация раздела (форма)	Максимальный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
1		<b>Средства управления реактором и их эффективность</b>						УО	30
	1	Характер переходных процессов $n(t)$ при изменении реактивности	18	4	4	-	10		
	2	Эффективность стержня-поглотителя и группы поглотителей	21	2	4	-	15		
	3	Характеристики стержней-поглотителей	25	2	8	-	15		
2	4	<b>Расчётное обеспечение ядерной безопасности реактора типа ВВЭР при его эксплуатации</b> Борное регулирование реакторов типа ВВЭР	22	4	-	-	18	УО	30
	5	Алгоритм расчёта пусковой концентрации борной кислоты	22	4	-	-	18		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>								<b>Экзамен</b>	<b>40</b>
			<b>108</b>	<b>16</b>	<b>16/16</b>	<b>-</b>	<b>76</b>		<b>100</b>

## Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Характер переходных процессов <math>n(t)</math> при изменении реактивности</b> Характер переходных процессов $n(t)$ при сообщении реактору отрицательной реактивности. Переходные процессы при сообщении реактору положительных реактивностей. Особенности переходных процессов при сообщении реактору малых реактивностей. Особенности переходных процессов при сообщении реактору больших реактивностей. Управление реактором на малых уровнях мощности при увеличении уровня мощности реактора. Управление реактором на малых уровнях мощности при уменьшении уровня мощности реактора. Автоматическая стабилизация мощности реактора	4	1,2,3
<b>Эффективность стержня-поглотителя и группы поглотителей</b> Действие вводимого в активную зону стержня-поглотителя. Характеристика положения стержня-поглотителя в активной зоне. Понятия об интегральной и дифференциальной эффективности. Эффективный радиус стержня-поглотителя. Физический вес центрального стержня-поглотителя полной длины. Физический вес	2	1,2,3

нецентрального стержня-поглотителя.		
<b>Характеристики стержней-поглотителей</b> Характеристики поглотителей – кривые интегральной и дифференциальной эффективности. Изменение реактивности реактора при перемещении стержня. Особенности характеристик укороченных поглотителей. Интерференция подвижных стержней-поглотителей	2	1,2,3
<b>Борное регулирование реакторов типа ВВЭР</b> Сущность борного регулирования. Характер изменения концентрации борной кислоты в первом контуре при водообмене. Интегральная эффективность борной кислоты. Дифференциальная эффективность борной кислоты. Факторы, определяющие величину дифференциальной эффективности борной кислоты. Расчёт пусковой критической концентрации борной кислоты	4	1,2,3,4,5
<b>Алгоритм расчёта пусковой концентрации борной кислоты.</b> Расчёт пусковой критической концентрации борной кислоты. Расчёт предельно допустимого расхода подпитки первого контура чистым дистиллятом при пуске ВВЭР. Время снижения концентрации борной кислоты до заданной величины. Расчёт безопасного значения стояночной концентрации борной кислоты. Расчёт времени подпитки первого контура концентрированным раствором борной кислоты до достижения безопасной стояночной концентрации. Расчётное обеспечение ядерной безопасности реактора типа ВВЭР при его эксплуатации.	4	1,2,3,4,5

**Перечень практических занятий- не предусмотрены учебным планом**

### **Перечень лабораторных работ**

<b>Наименование лабораторных работ.</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Учебно-методическое обеспечение</b>
Моделирование процедуры определения реактивности, вводимой стержнями регулирования, посредством измерения установившегося периода изменения мощности реактора	4	1,2,3
Моделирование процедуры определения реактивности, вводимой стержнями регулирования. Дифференциальный метод сброса стержня	4	1,2,3
Моделирование процедуры определения реактивности, вводимой стержнями регулирования. Интегральный метод сброса стержня	4	1,2,3
Моделирование процедуры определения реактивности, подкритической системы (интегральный импульсный метод)	4	1,2,3

### **Задания для самостоятельной работы студентов**

<b>Вопросы для самостоятельного изучения (задания)</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Учебно-методическое обеспечение</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

<b>Характер переходных процессов <math>n(t)</math> при изменении реактивности</b> Характер переходных процессов $n(t)$ при сообщении реактору отрицательной реактивности. Переходные процессы при сообщении реактору положительных реактивностей. Особенности переходных процессов при сообщении реактору малых реактивностей. Особенности переходных процессов при сообщении реактору больших реактивностей. Управление реактором на малых уровнях мощности при увеличении уровня мощности реактора. Управление реактором на малых уровнях мощности при уменьшении уровня мощности реактора. Автоматическая стабилизация мощности реактора	10	1,2,3,4,5,6,7
<b>Эффективность стержня-поглотителя и группы поглотителей</b> Действие вводимого в активную зону стержня-поглотителя. Характеристика положения стержня-поглотителя в активной зоне. Понятия об интегральной и дифференциальной эффективности. Эффективный радиус стержня-поглотителя. Физический вес центрального стержня-поглотителя полной длины. Физический вес нецентрального стержня-поглотителя.	15	1,2,3,4,5,6,7
<b>Характеристики стержней-поглотителей</b> Характеристики поглотителей – кривые интегральной и дифференциальной эффективности. Изменение реактивности реактора при перемещении стержня. Особенности характеристик укороченных поглотителей. Интерференция подвижных стержней-поглотителей Простейшие методы градуировки подвижных поглотителей. Метод разгона. Метод компенсации. Особенности градуировки методом компенсации при очень тяжёлом эталонном поглотителе. Градуировка методом «сброса».	15	1,2,3,4,5,6,7
<b>Борное регулирование реакторов типа ВВЭР</b> Сущность борного регулирования. Характер изменения концентрации борной кислоты в первом контуре при водообмене. Интегральная эффективность борной кислоты. Дифференциальная эффективность борной кислоты. Факторы, определяющие величину дифференциальной эффективности борной кислоты. Расчёт пусковой критической концентрации борной кислоты	18	1,2,3,4,5,6,7
<b>Алгоритм расчёта пусковой концентрации борной кислоты.</b> Расчёт пусковой критической концентрации борной кислоты. Расчёт предельно допустимого расхода подпитки первого контура чистым дистиллятом при пуске ВВЭР. Время снижения концентрации борной кислоты до заданной величины. Расчёт безопасного значения стояночной концентрации борной кислоты. Расчёт времени подпитки первого контура концентрированным раствором борной кислоты до достижения безопасной стояночной концентрации. Расчётное обеспечение ядерной безопасности реактора типа ВВЭР при его эксплуатации.	18	1,2,3,4,5,6,7

**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.

При изучении дисциплины «Управление ядерными энергетическими установками» применяются следующие образовательные технологии:

- классическое лекционное обучение с использованием наглядных пособий;
- проведение лекций при поддержке мультимедиа;
- проведение практических занятий с решением примеров у доски, а также при поддержке мультимедиа, самостоятельное решение задач обучающимися в присутствии преподавателя;
- проблемный подход;
- разноуровневое обучение;
- самостоятельное изучение дисциплины обучающимися при помощи учебных печатных и электронных изданий;
- информационно-коммуникационные технологии – в институте имеются специализированные помещения для самостоятельной работы, оборудованные персональными компьютерами с выходом в Интернет и с доступом к электронно-библиотечной системе;
- автоматизация расчетов и математическое моделирование механических систем;
- интерактивный глоссарий по дозиметрии ионизирующих излучений;
- методические указания (в том числе в электронной форме) по различным разделам дисциплины.

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>			

1	Средства управления реактором и их эффективность	З-ПК-1, У- ПК-1, В- ПК-1, З-ПК-3, У- ПК-3, В- ПК-3, У- ПК-9, В- ПК-9, З- ПК-9	Устный опрос в форме собеседования Лабораторные занятия
2	Расчётное обеспечение ядерной безопасности реактора типа ВВЭР при его эксплуатации	З-ПК-1, У- ПК-1, В- ПК-1, З-ПК-3, У- ПК-3, В- ПК-3, У- ПК-9, В- ПК-9, З- ПК-9	Устный опрос в форме собеседования
Промежуточная аттестация			
1	Экзамен	З-ПК-1, У- ПК-1, В- ПК-1, З-ПК-3, У- ПК-3, В- ПК-3, У- ПК-9, В- ПК-9, З- ПК-9	Вопросы к экзамену (устно)

**Входной контроль** предназначен для выявления пробелов в знаниях студентов и готовности их к получению новых знаний. Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в устной форме.

### Вопросы к собеседованию

1. Зависимость свойств реактора от температуры. Температурный и мощностной эффекты реактивности
2. Барометрический и паровой эффекты реактивности кипящих реакторов.
3. Нейтронный цикл в ядерном реакторе. Коэффициент размножения в бесконечной среде. Утечка нейтронов.
4. Запас реактивности, система его компенсации.
5. Органы воздействия на реактивность реактора.
6. Обратные связи в ядерном реакторе. Саморегулирование.
7. Точечная кинетика реактора на мгновенных нейтронах
8. Запаздывающие нейтроны. Источники, доля выхода.
9. Запаздывающие нейтроны и их ценность.
10. Уравнения кинетики реактора на шести группах запаздывающих нейтронов.
11. Поведение реактора при скачкообразном вводе реактивности на запаздывающих нейтронах.
12. Поведение реактора при линейном изменении реактивности на запаздывающих нейтронах.
13. Особенности кинетики подкритичного реактора с источником.
14. Кинетика реактора на мгновенных нейтронах с обратной связью по температуре
15. Кинетика ядерного реактора на запаздывающих нейтронах с обратной связью по температуре.
16. Уравнения изотопной кинетики. Выгорание ядерного топлива.
17. Уравнения изотопной кинетики. Нарботка плутония.
18. Шлакование ядерного реактора. Группы шлаков.
19. Отравление ядерного реактора ксеноном. Стационарное отравление.
20. Отравление ядерного реактора ксеноном. Нестационарные эффекты.
21. Отравление ядерного реактора самарием. Нестационарные эффекты
22. Этапы пуска. Требования к состоянию реакторной установки перед пуском.
23. Контроль нейтронного потока реактора. Оборудование пусковой и штатной систем.

### Шкала оценивания обучающегося на входном контроле

Требования к знаниям, умениям и навыкам обучающегося	Баллы рейтинговой оценки
Обучающийся отлично владеет основными понятиями математики, физики, начертательной геометрии и инженерной графики, знает и умеет применять основные формулы и законы, может решать нестандартные задачи.	5
Обучающийся хорошо владеет большей частью основных понятий математики, физики, начертательной геометрии и инженерной графики, знает и умеет применять основные формулы и законы, владеет методикой решения типовых задач.	2-4
Обучающийся имеет удовлетворительный уровень знания математики, физики, начертательной геометрии и инженерной графики, знает основные формулы и законы, способен решать простейшие задачи.	1
Обучающийся практически не овладел значительной частью программного материала и не владеет важнейшими инструментами математики, физики и начертательной геометрии и инженерной графики, не умеет решать даже типовых задач.	0

### Оценочные средства для текущего контроля

#### Раздел 1

#### Вопросы к собеседованию по разделу 1

1. Характер переходных процессов  $n(t)$  при сообщении реактору отрицательной реактивности
2. Переходные процессы при сообщении реактору положительных реактивностей
3. Особенности переходных процессов при сообщении реактору малых реактивностей
4. Особенности переходных процессов при сообщении реактору больших реактивностей
5. Управление реактором на малых уровнях мощности при увеличении уровня мощности реактора
6. Управление реактором на малых уровнях мощности при уменьшении уровня мощности реактора
7. Автоматическая стабилизация мощности реактора
8. Действие вводимого в активную зону стержня-поглотителя
9. Характеристика положения стержня-поглотителя в активной зоне
10. Понятия об интегральной и дифференциальной эффективности
11. Эффективный радиус стержня-поглотителя
12. Физический вес центрального стержня-поглотителя полной длины
13. Физический вес нецентрального стержня-поглотителя
14. Характеристики поглотителей – кривые интегральной и дифференциальной эффективности.
15. Изменение реактивности реактора при перемещении стержня.
16. Особенности характеристик укороченных поглотителей.
17. Интерференция подвижных стержней-поглотителей.

### Шкала оценивания обучающегося на устном опросе по разделу 1

Уровень освоения материала	Баллы рейтинговой оценки
Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с материалом полностью сформированы. Обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.	14-15
Теоретическое содержание дисциплины освоено практически полностью, обучающийся грамотно и по существу излагает материал, не допуская существенных неточностей, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	12-13
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся имеет знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, однако обучающийся испытывает затруднения при решении практических задач.	9-11
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся допускает существенные ошибки, не видит взаимосвязи теории с практикой, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий не выполнено. Необходима дополнительная самостоятельная работа над материалом курса.	0-9

### Раздел 2

#### Вопросы к собеседованию по разделу 2

1. Простейшие методы градуировки подвижных поглотителей. Метод разгона.
2. Простейшие методы градуировки подвижных поглотителей. Метод компенсации.
3. Особенности градуировки методом компенсации при очень тяжёлом эталонном поглотителе.
4. Градуировка методом «сброса».
5. Сущность борного регулирования. Характер изменения концентрации борной кислоты в первом контуре при водообмене.
6. Интегральная эффективность борной кислоты.
7. Дифференциальная эффективность борной кислоты. Факторы, определяющие величину дифференциальной эффективности борной кислоты.
8. Расчёт пусковой критической концентрации борной кислоты.
9. Расчёт предельно допустимого расхода подпитки первого контура чистым дистиллятом при пуске ВВЭР.
10. Время снижения концентрации борной кислоты до заданной величины.
11. Расчёт безопасного значения стояночной концентрации борной кислоты.

12. Расчёт времени подпитки первого контура концентрированным раствором борной кислоты до достижения безопасной стояночной концентрации.
13. Расчётное обеспечение ядерной безопасности реактора типа ВВЭР при его эксплуатации.

### **Шкала оценивания обучающегося на устном опросе по разделу 2**

<b>Уровень освоения материала</b>	<b>Баллы рейтинговой оценки</b>
Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с материалом полностью сформированы. Обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.	14-15
Теоретическое содержание дисциплины освоено практически полностью, обучающийся грамотно и по существу излагает материал, не допуская существенных неточностей, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	12-13
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся имеет знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, однако обучающийся испытывает затруднения при решении практических задач.	9-11
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся допускает существенные ошибки, не видит взаимосвязи теории с практикой, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий не выполнено. Необходима дополнительная самостоятельная работа над материалом курса.	0-9

### **Требования к выполнению лабораторных работ**

Лабораторный практикум выполняется в соответствии с графиком выполнения лабораторных работ. Объем лабораторного практикума по дисциплине составляет 16 часов, студенты выполняют 4 лабораторные работы. Каждая лабораторная работа выполняется бригадами в составе не более двух студентов. На первом, вводном занятии до студентов доводится содержание и календарный план проведения практикума, указывается число баллов, которое может набрать студент при выполнении лабораторного практикума в соответствии с действующей в вузе рейтинговой системой со 100-балльной шкалой оценок, проводится инструктаж по технике безопасности при выполнении работ с оформлением в соответствующем журнале. На этом же занятии преподаватель выдает задание к первой лабораторной работе. Студенты знакомятся с теорией, получают допуск к лабораторной работе и приступают к ее выполнению. На втором занятии студенты выполняют первую лабораторную работу. На третьем занятии студенты выполняют вторую лабораторную работу и осуществляют защиту

первой лабораторной работы и т.д. Итоговое занятие завершает лабораторный практикум в целом.

Перед каждой лабораторной работой студент сдает краткий коллоквиум, отражающий уровень предварительной подготовки к выполнению работы. Коллоквиум проводится в виде устного собеседования с преподавателем.

В процессе выполнения работы студент:

изучает по литературным данным параметры и характеристики исследуемого

прибора, обращая особое внимание на предельно эксплуатационные параметры;

- составляет план проведения эксперимента, оценивает интервал изменения измеряемых величин, выбирает количество характеристик, подлежащих измерению и число точек на кривых, обращая особое внимание на возможные не монотонности в их ходе, согласует план работы с преподавателем;

- готовит установку к работе и проверяет правильность подготовки у преподавателя;

- включает нужные приборы и выполняет запланированный объем измерений, обращая внимание на воспроизводимость результатов.

- проводит предварительную обработку результатов эксперимента и сравнивает их с ожидаемыми значениями. Предъявляет полученные данные преподавателю;

- выключает установку и сдает ее преподавателю.

Все данные, полученные в ходе работы, записываются в рабочий лабораторный журнал.

Рабочий журнал по лабораторному практикуму ведется в отдельной тетради.

По каждой лабораторной работе в журнал заносятся:

- название работы;

- задание на выполнение работы;

- план работы;

- первичные экспериментальные данные в виде таблиц без каких-либо пересчетов или преобразований;

- результаты предварительной обработки данных в объеме, необходимом для определения их полноты и надежности.

По окончании работы лабораторный журнал подписывается преподавателем.

По итогам каждой лабораторной работы оформляется отчет, который сдается преподавателю на следующем после выполнения данной работы занятии.

Отчет должен включать:

- краткое теоретическое введение, отражающее устройство, принцип действия и назначение исследуемого прибора;

- задание на выполнение работы;

- план проведения эксперимента;

- теоретические расчеты, анализ полученных данных и сравнение их с литературными;

- выводы;

- список использованной литературы.

## **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

### **Вопросы к экзамену**

1. Характер переходных процессов  $n(t)$  при сообщении реактору отрицательной реактивности
2. Переходные процессы при сообщении реактору положительных реактивностей
3. Особенности переходных процессов при сообщении реактору малых реактивностей
4. Особенности переходных процессов при сообщении реактору больших реактивностей

5. Управление реактором на малых уровнях мощности при увеличении уровня мощности реактора
6. Управление реактором на малых уровнях мощности при уменьшении уровня мощности реактора
7. Автоматическая стабилизация мощности реактора
8. Действие вводимого в активную зону стержня-поглотителя
9. Характеристика положения стержня-поглотителя в активной зоне
10. Понятия об интегральной и дифференциальной эффективности
11. Эффективный радиус стержня-поглотителя
12. Физический вес центрального стержня-поглотителя полной длины
13. Физический вес нецентрального стержня-поглотителя
14. Характеристики поглотителей – кривые интегральной и дифференциальной эффективности.
15. Изменение реактивности реактора при перемещении стержня.
16. Особенности характеристик укороченных поглотителей.
17. Интерференция подвижных стержней-поглотителей.
18. Простейшие методы градуировки подвижных поглотителей. Метод разгона.
19. Простейшие методы градуировки подвижных поглотителей. Метод компенсации.
20. Особенности градуировки методом компенсации при очень тяжёлом эталонном поглотителе.
21. Градуировка методом «сброса».
22. Сущность борного регулирования. Характер изменения концентрации борной кислоты в первом контуре при водообмене.
23. Интегральная эффективность борной кислоты.
24. Дифференциальная эффективность борной кислоты. Факторы, определяющие величину дифференциальной эффективности борной кислоты.
25. Расчёт пусковой критической концентрации борной кислоты.
26. Расчёт предельно допустимого расхода подпитки первого контура чистым дистиллятом при пуске ВВЭР.
27. Время снижения концентрации борной кислоты до заданной величины.
28. Расчёт безопасного значения стояночной концентрации борной кислоты.
29. Расчёт времени подпитки первого контура концентрированным раствором борной кислоты до достижения безопасной стояночной концентрации.
30. Расчётное обеспечение ядерной безопасности реактора типа ВВЭР при его эксплуатации.

#### **Шкала оценивания обучающегося на экзамене**

<b>Уровень освоения материала</b>	<b>Оценка (стандартная)</b>	<b>Баллы рейтинговой оценки</b>
Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с материалом полностью сформированы. Обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.	Отлично	36-40

Теоретическое содержание дисциплины освоено практически полностью, обучающийся грамотно и по существу излагает материал, не допуская существенных неточностей, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	Хорошо	31-35
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся имеет знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, однако обучающийся испытывает затруднения при решении практических задач.	Удовлетв орительно	24-30
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся допускает существенные ошибки, не видит взаимосвязи теории с практикой, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий не выполнено. Необходима дополнительная самостоятельная работа над материалом курса.	Не удовлетво рительно	0-23

Баллы итоговой рейтинговой оценки по дисциплине «Управление ядерными энергетическими установками»:

<b>Баллы</b> (итоговой рейтинговой оценки)	<b>Освоение компетенций</b>	<b>Требования к знаниям</b>
100-85	Продвинутый уровень	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.
84-70	Средний уровень	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.
69-60	Базовый уровень	Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

## **Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

### **Основная литература:**

1. Наумов, В. И. Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие / В. И. Наумов. — 2-е изд. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2013. — 148 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/75778/#3>
2. Лебедев, В. А. Ядерные энергетические установки : учебное пособие / В. А. Лебедев. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 192 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/67466/#4>
3. Проскуряков, К. Н. Ядерные энергетические установки [Текст] : учеб. пособ. для вузов / К. Н. Проскуряков. - М. : Изд. дом МЭИ, 2015. - 446 с. <https://www.studentlibrary.ru/ru/doc/ISBN97853830012697-SCN0000/000.html>
4. Лескин, С. Т. Физические особенности и конструкция реактора ВВЭР-1000 : учебное пособие / С. Т. Лескин, А. С. Шелегов, В. И. Слободчук. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 116 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/75760/#116>
5. Физические и конструкционные особенности ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие / С. Б. Выговский, А. А. Семенов, Н. О. Рябов, Е. В. Чернов. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 376 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/75766/#1>

### **Дополнительная литература:**

6. Алферов, В. П. Исследовательский ядерный реактор ИРТ МИФИ : учебное пособие / В. П. Алферов. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. — 132 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/75769/#3>
7. Шелегов, А. С. Физические особенности и конструкция реактора РБМК-1000 : учебное пособие / А. С. Шелегов, С. Т. Лескин, В. И. Слободчук. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 64 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/75767/#62>

### **Электронно-библиотечные ресурсы БИТИ НИЯУ МИФИ**

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

Лекционные занятия проводятся в учебной аудитории, оборудованной видеопроектором, экраном, персональным компьютером и динамиками.

Лабораторные занятия проводятся в аудитории 426, оснащенной персональными компьютерами с виртуальным лабораторным практикумом для выполнения лабораторных работ согласно перечня лабораторных работ.

Для самостоятельной работы обучающихся имеются специализированные помещения, оборудованные персональными компьютерами с выходом в Интернет и с доступом к электронно-библиотечной системе, электронной библиотеке и электронной информационно-образовательной среде вуза, а также к другим библиотечным фондам.

## **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 выполнения лабораторных работ

Соблюдать требования техники безопасности, для чего прослушать необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

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 необходимо зафиксировать в письменном 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.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

# 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 лабораторного 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 лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к лабораторному 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 лабораторных занятий.

Соблюдать требования техники безопасности и проводить необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

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.

Требовать, чтобы основные результаты экспериментов были зафиксированы студентами в письменном виде.

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

## 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 .

Сарычев Ю.В.

Рецензент: профессор

Чернова Н.М.

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.