

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Белорусского государственного университета

_____ А.Л. Толстик



(подпись)

_____ (дата утверждения)

Регистрационный № УД- 3576 /уч.

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ
ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Учебная программа учреждения высшего образования

по учебной дисциплине для специальности

1-31 04 06 Ядерные физика и технологии

2016

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта специальности 1-31 04 06 «Ядерные физика и технологии» (ОСВО 1-31 04 06-2013), введенном с 1 сентября 2013 г., и учебного плана специальности 1-31 04 06 «Ядерные физика и технологии», утвержденном 30 мая 2013 г., регистрационный номер УП G31-142/уч.

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.И.Тимошенко — заведующий кафедрой ядерной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Бондарь А.Ю. — главный инженер Республиканского унитарного предприятия «Белорусская атомная электростанция».

Кутень С.А. — зав. отделом теоретической физики научно-исследовательского учреждения «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук старший научный сотрудник.

.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой ядерной физики физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 12 от 1 июня 2016);

Советом физического факультета
(протокол № 10 от 9 июня 2016 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа «Системы управления и защиты ядерных энергетических установок» разработана в соответствии с требованиями образовательного стандарта специальности 1-31 04 06 «Ядерная физика и технологии» первой ступени высшего образования. Она относится к числу специальных дисциплин, изучаемых при подготовке специалистов атомной энергетики.

Целью учебной дисциплины является усвоение студентами основ построения систем управления и защиты ядерных реакторов, подходов к выбору материалов органов управления реактором, принципов автоматического управления ядерных энергетических установок (ЯЭУ), в том числе систем автоматического управления технологическим процессом энергоблоков атомных электрических станций (АСУ ТП АЭС).

Дисциплина позволяет формировать широкий кругозор в вопросах управления технологическим процессом ЯЭУ. Она включает основные вопросы управления сложным объектом, каким является ЯЭУ, базовый материал теории систем автоматического управления (САУ), методы безопасного управления реакторами АЭС, основы конкретной технической реализации, схемных решений, а также опыт эксплуатации АЭС стран СНГ и зарубежных АСУ ТП АЭС.

Учебный материал дисциплины основан на дисциплинах «Физика ядерных реакторов» и «Материалы ядерной техники».

Учебный материал дисциплины будет использован при преподавании специальной дисциплины «Ядерные энергетические установки» государственного компонента, а также специальных дисциплин компонента учреждения высшего образования «Ядерные технологии», «Атомные электрические станции», «Ядерная безопасность», «Режимы работы и эксплуатации АЭС», «Оборудование АЭС» а также в ряде дисциплин специализаций.

Перед преподавателем данной дисциплины ставятся следующие задачи:

- ознакомить обучающихся с предметом дисциплины «Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом»;
- систематически изложить обучающимся основные сведения из физики взаимодействия ионизирующего излучения с веществом;
- ознакомить обучающихся с основными подходами, применяемыми для описания взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, основными методами их генерации и регистрации;
- способствовать развитию научного мировоззрения обучающихся.

Из множества эффективных педагогических методик и технологий, которые способствуют вовлечению обучающихся в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения разнообразных задач, следует выделить:

технологии проблемно-модульного обучения;

технологии научно-исследовательской деятельности;
 проблемно-ориентированный междисциплинарный подход;
 интенсивное обучение;
 моделирование проблемных ситуаций и их решение.

Для формирования современных социально-профессиональных компетенций выпускника вуза в практику проведения занятий целесообразно внедрять методики активного обучения и дискуссионные формы.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- структуру управления ядерным реактором;
- основные задачи управления и защиты реактора, принципы безопасного управления,
- принципы построения современных систем управления ядерными реакторами;
- организационные и технические средства обеспечения безопасности на АЭС;

уметь:

- читать принципиальные и структурные электрические схемы управления и защиты ядерных реакторов;
- моделировать на компьютере системы управления реактором.

владеть:

- навыками управления ядерным реактором на аналитических тренажерах в различных режимах его работы, в том числе и при различных авариях.

В результате изучения учебной дисциплины у обучающегося должны быть сформированы следующие **компетенции**:

- Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- Владеть системным и сравнительным анализом.
- Владеть исследовательскими навыками.
- Уметь работать самостоятельно.
- Быть способным вырабатывать новые идеи (креативность).
- Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- Иметь лингвистические навыки (устная и письменная коммуникация).
- Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
- Обладать качествами гражданственности.
- Быть способным к социальному взаимодействию.
- Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- Владеть навыками здорового образа жизни.
- Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).

- Уметь работать в команде.
- Применять знания теоретических и экспериментальных основ ядерной физики и ядерных технологий, ядерно-физических методов исследования, методов измерения физических величин, методов автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, научно-педагогической, производственно-технической, опытно-конструкторской работы в области ядерно-физических технологий и атомной энергетики.
- Пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.
- Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.
- Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-технической работы.
- Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологий, оборудование и аппаратуру в исследовательской, научно-педагогической и производственной деятельности.
- Разрабатывать и оптимизировать ядерно-физические технологии в энергетике и промышленности.
- Пользоваться глобальными информационными ресурсами.
- Пользоваться государственными языками Республики Беларусь и иными иностранными языками как средством делового общения.
- Реализовывать методы защиты производственного персонала и населения в условиях возникновения аварий, катастроф, стихийных бедствий и обеспечения радиационной безопасности при осуществлении научной, производственной и педагогической деятельности.
- Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.
- Определять цели инноваций и способы их реализации.
- Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологий.
- Применять методы анализа и организации внедрения инноваций в научно-производственной, научно-педагогической и научно-технической деятельности.

Форма получения высшего образования – очная, дневная.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины – 200 часов, из них аудиторных - 94.

Аудиторные часы проводятся в виде лекций, лабораторных занятий и , управляемой самостоятельной работы (УСР). На проведение лекционных за-

нятий отводится 50 часов, на лабораторные занятия - 40 часов, на УСП – 4 часа.

Занятия проводятся на 4 курсе в 8-м семестре и на 5 курсе в 9 семестре.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет в 8 семестре и экзамен в 9 семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

- 1. Введение.** Основные понятия и определения. Определение предмета. Задачи и цели изучаемого курса. Значение курса в подготовке специалистов АЭС. Цели и задачи системы контроля, управления и защиты ядерных реакторов (СКУЗ ЯР). Основные способы регулирования. Структура и состав СКУЗ.
- 2. Характеристики стержней СУЗ и их калибровка.** Интегральные и дифференциальные характеристики стержней СУЗ. Различные характеристики для различных типов стержней. Интерференция стержней СУЗ. Способы калибровки стержней СУЗ: метод сброса, метод разгона, метод перекомпенсации. Построение характеристик стержней.
- 3. Цепочка аварийной защиты. Общие принципы. Основные сигналы АЗ.** Логика аварийной защиты история развития, Минимальные сигналы для АЗ, Построение цепочки АЗ, Перечень сигналов АЗ для технологических и других параметров. Структурная схема и принцип работы канала аварийной защиты и автоматического регулирования. Виды защит: общность и различия.
- 4. Система пуска ядерного реактора.** Виды пусков ЯР АЭС по назначению. Вывод ЯР в критическое состояние: логика процедуры действий, подъем на номинальный уровень мощности. Система автоматического пуска реактора. Линейный канал. Логарифмический канал. Режимы функционирования. Система разогрева реактора. Назначение, состав, принцип действия. Диапазоны контроля и управления при пуске ЯР. Методы предупреждения аварийных ситуаций при пуске ЯР: методы и аппаратура для начального диапазона (диапазона источника нейтронов); методы и аппаратура для диапазона перехода от начального к энергетическому пуску. Пуск ЯР в энергетическом диапазоне.
- 5. Система регулирования энергоблока и ЯР.** Система регулирования энергоблока (ЭБ). Система регулирования ядерного реактора (ЯР). Система контроля и управления реактора АЭС с ВВЭР: типовая структура; основные подструктуры СКУ. Изменение концентраций ^{135}I , ^{135}Xe при различных режимах работы реактора (плановый, неплановый останов реактора) и их учет при регулировании работы реактора. Предупреждение ядерных аварий при регулировании ЭБ: источник ядерной опасности и методы его контроля; состояния ЯР и степень ядерной опасности; применение динамических барьеров на ВВЭР.
- 6. Управление ЯР при перегрузке топлива.** Системы контроля за перегрузкой топлива. Аварии и инциденты при перегрузках. Особенности перегрузок в ЯР типа ВВЭР.
- 7. Контроль нейтронного потока.** Аппаратура контроля нейтронного потока АКНП. Система внутриреакторного контроля. Измерение реактивности.

- 8. Эффекты реактивности ядерных реакторов.** Определение эффектов реактивности, методы оценки, физический смысл, влияние на управление ЯР. Максимальный запас реактивности реактора. Поведение запаса реактивности реактора при различных режимах работы. Продление кампании с помощью эффектов реактивности и изменением мощности реактора. Реактивностные аварии.
- 9. Материалы СКУЗ ЯР и их основные конструкционные особенности.** Материалы, применяемые для создания стержней аварийной защиты (АЗ), компенсирующих стержней (КС), стержней автоматического регулирования (АР) мощностью ядерного реактора (ЯР). Параметры стержней СУЗ, влияющих на управление ЯР. Конструкционные особенности СУЗ.
- 10. Нейтронная кинетика процессов регулирования в ЯР.** Нейтронно-физический расчет стержня в зависимости от его расположения в активной зоне. Интерференция поглощающих элементов и стержней. Кинетика борного регулирования. Передаточные функции нейтронной кинетики ядерного реактора. Уравнение кинетики и вывод выражения для передаточной функции. Зависимость коэффициента преобразования передаточной функции реактора от уровня мощности.
- 11. Состав и классификация САР. Принципы регулирования.** Принципы регулирования, их особенности и сравнительный анализ. Основные функциональные элементы, входящие в состав САР, их назначение. Функциональная схема САР “по отклонению”. **Математический и графический анализ САР.** Математическое описание процессов регулирования. Математическое описание САР. Графическое представление переходного процесса. Форма записей дифференциальных уравнений, описывающих движение САР. Понятие о передаточной функции. **Типовые звенья САР. Характеристики звеньев.** Типовые звенья САР, их характеристики. Классификация и основные характеристики звеньев (временная и частотная). **Структурные схемы САР.** Одноконтурные и многоконтурные САР. Структурные схемы САР. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых САР. Понятие о структурных схемах. Представление уравнений звеньев в виде структур. Преобразование многоконтурных САР. **Логарифмические частотная и фазовая характеристики.** Логарифмическая частотная характеристика САР. Понятие о ЛАХ и ЛФХ. Логарифмический масштаб. ЛЧХ типовых звеньев с передаточными функциями. Построение ЛЧХ разомкнутой САР. Связь ЛАХ и ЛФХ разомкнутых и замкнутых САР. **Устойчивость САР.** Критерии устойчивости. Устойчивость САР. Алгебраические критерии устойчивости. Общие сведения об устойчивости САР. Суждение об устойчивости по корням характеристического уравнения. Понятие о критериях устойчивости. Критерии Вышнеградского и Гурвица. Частотные критерии устойчивости. Понятие о запасах устойчивости. Критерий устойчивости Михайлова. Амплитуд-

но-фазовый (Найквиста) и логарифмический критерий устойчивости. Особенности исследования устойчивости. Понятие о запасах устойчивости и способах их определения. **Качество САР.** Понятие о качестве переходного процесса. Основные показатели качества. Связь вещественной частотной характеристики с переходной характеристикой. **Коррекция САР.** Понятие о коррекции САР и видах корректирующих устройств. Параллельная и последовательная коррекция. Структурная устойчивость, инвариантность. **Способы улучшения работы регуляторов.** Структура и алгоритм работы ПИД-регулятора. Настройка типовых регуляторов энергоблоков. Анализ причин неустойчивости работы регуляторов. Регулятор мощности с жесткой обратной связью, дифференцирующее устройство с гибкой обратной связью. Влияние различных типов корректирующих устройств на динамические свойства САУ АЭУ. Особенности настройки типовых регуляторов энергоблоков.

12. **САР АЭУ АЭС как объект управления.** Распределение функций АСУ ТП ЭБ АЭС. Объекты управления, регулируемые параметры. Схема управления двухконтурных АЭУ с ВВЭР.
13. **Структурная схема АЭУ.** Процесс получения передаточных функций теплообмена в реакторе и ПГ, транспортных коммуникаций. Общий вид структурной схемы и ее анализ. Структурные преобразования. Анализ устойчивости на базе эквивалентной структурной схемы АЭУ. **Управление мощностью ЯР.** Принцип построения САР атомного реактора на энергетических уровнях мощности. Выбор элементов, входящих в САР мощности реактора, обоснование необходимости коррекции сигналов от нейтронных детекторов. Способы компенсации зависимости коэффициента преобразования передаточной функции реактора от уровня мощности. Автоматический регулятор мощности АРМ. Устройство разгрузки и ограничения мощности РОМ. Назначение, состав, принцип действия.
14. **Система управления и защиты ядерной энергетической установки с реактором ВВЭР.** Факторы, влияющие на формирование структуры СУЗ. Структурная схема СУЗ ВВЭР. Основные элементы. Режимы функционирования. Шаговый электромагнит ШЭМ-3. СКП ОР, СГИУ ОР, система силового управления ОР. **Система автоматической защиты реактора ВВЭР.** Система АЗ. Назначение, состав, принцип действия. Элементарная схема формирования АЗ.
15. **Унифицированный комплекс технических средств автоматического управления и защиты ядерного реактора (УКТС ЯР).** Назначение, состав. Принцип действия систем защит, блокировок, сигнализации и управления.

- 16. Система управления ступенчатым пуском систем безопасности энергоблока АЭС.** Назначение, состав. Условия запуска. Алгоритм работы по различным программам.
- 17. Система автоматического регулирования и защиты турбины.** Автоматическое регулирование жидких сред, давления.
- 18. Системный подход к управлению ядерной безопасностью на АЭС.** Виды систем управления на АЭС. Современные подходы к проектированию и эксплуатации СКУЗ. СКУЗ ЯР — часть системы безопасного управления АЭС. Роль персонала в предупреждении аварийных ситуаций. Причины возникновения ядерных ситуаций в различных плановых режимах работы ЯР. Способы предупреждения аварийных ситуаций оперативным персоналом в различных режимах работы.
- 19. Требования к СУЗ: нормативно-правовые основы.** Требования к СУЗ, АЗ, активной зоне и т.п. Объяснение логики правил безопасности.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы, занятия	Название темы занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов					Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические занятия	Семинарские занятия	лабораторные занятия	управляемая самостоятельная работа студента		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Введение	2					[1,2,3]	
2.	Характеристики стержней СУЗ и их калибровка.	2					[4,5,6]	
3.	Цепочка аварийной защиты. Общие принципы. Основные сигналы АЗ.	2			4		[1,2,3]	
4.	Система пуска ядерного реактора.	4					[10 – 16]	
5.	Система регулирования энергоблока.	2			6		[10 – 16]	
6.	Управление ЯР при перегрузке топлива.	2					[10 – 16]	
7.	Контроль нейтронного потока.	2			4		[10 – 16]	
8.	Эффекты реактивности ядерных реакторов.	2			6	2	[10 – 16]	Контрольная работа
9.	Материалы СКУЗ ЯР и их основные конструктивные особенности.	4					[1,2,3]	
10.	Нейтронная кинетика процессов регулирования в ЯР.	4				2	[7,10,12]	Контрольная работа
11.	Состав и классификация САР. Принципы регулирования. Математический и графический анализ САР. Типовые звенья САР. Характеристики звеньев. Структурные схемы САР. Логарифмические частотная и фазовая характеристики. Устойчивость САР. Качество САР. Коррекция САР. Способы	4					[8 – 26]	

	улучшения работы регуляторов.							
12.	САР АЭУ АЭС как объект управления.	2					[8 – 26]	
13.	Структурная схема АЭУ. Управление мощностью ЯР.	5			6		[8 – 26]	
14.	Система управления и защиты ядерной энергетической установки с реактором ВВЭР. Система автоматической защиты реактора ВВЭР.	5			6		[8 – 26]	
15.	Унифицированный комплекс технических средств автоматического управления и защиты ядерного реактора (УКТС ЯР).	1					[8 – 26]	
16.	Система управления ступенчатым пуском систем безопасности энергоблока АЭС.	1			4		[8 – 26]	
17.	Система автоматического регулирования и защиты турбины. Автоматическое регулирование жидких сред, давления.	1			4		[8 – 26]	
18.	Системный подход к управлению ядерной безопасностью на АЭС.	3					[8 – 26]	
19.	Требования к СУЗ: нормативно-правовые основы.	2					[8 – 26]	
	ИТОГО	50			40	4		

Информационно-методическая часть

Рекомендуемая литература

Основная

1. Королев В.В. Система управления и защиты АЭС. М: Энергоиздат, 1986 г.,128с.
2. Королев В.В. Новые методы безопасного управления реакторами АЭС. Учеб. пособие. Обнинск: ИАТЭ. — 2008. — 168 с.
3. Слекеничс Я.В. Системы контроля, управления и защиты АЭС, Учеб. пособие. Обнинск: ИАТЭ. — 2010. — 124 с.
4. Рисованный В.Д., Захаров А.В., Клочков Е.П. Органы регулирования ядерных реакторов. Учеб. Пособие. Ульяновск: Изд-во УлГУ, 2005.
5. Рисованный В.Д., Клочков Е.П., Пономаренко В.Б. Гафний в ядерной технике. Димитровград: НИИАР, 1993.
6. Рисованный В.Д., Клочков Е.П., Пономаренко В.Б., Захаров А.В. Европий в ядерной технике. Димитровград: НИИАР, 1997.
7. Дементьев Б.А. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. 2-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1986.
8. Кузьмицкий И.Ф., Кулаков Г.Т. Теория автоматического управления: учеб. пособие / И.Ф. Кузьмицкий, Г.Т. Кулаков. — Минск: БГТУ, 2006. — 486с.
9. Андрущечко С.А. и др. АЭС с реактором ВВЭР-1000.—М.: Логос, 2010.—604с.
10. Шишмарев В.Ю. Основы автоматического управления: учеб.пособ. М.:Академия, 2008.—352с.
11. Владимиров В.И. Физика ядерных реакторов. Практические задачи по их эксплуатации. Изд.5-е, перераб. и доп.— М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.—480 с.
12. Емельянов И.Я., Ефанов А.И., Константинов Л.В. Научно-технические основы управления ядерными реакторами. М.: Энергоатомиздат, 1981 г.
13. Острейковский В.А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами атомных электростанций с ВВЭР-1000. Обнинск, 1999 г.
14. Плютинский В.И. и др. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок АЭС. М: Энергоатомиздат, 1983 г.
15. Аникевич К.П. Системы управления и защиты реактора ВВЭР-1000 Учебное пособие Севастополь: СИЯЭиП,1998. -212 с.
16. Аникевич К.П. Структурная схема управления АСУ ТП энергоблока с ВВЭР-1000 Учебное пособие Севастополь: СИЯЭиП,1998. -56 с.

- 17.Аникевич К.П. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Технические средства автоматизации» Методическое пособие Севастополь: СИЯЭиП,1999. -20 с.
- 18.Аникевич К.П. Унифицированный комплекс технических средств Учебное пособие Севастополь: СИЯЭиП,2001. -128 с.
- 19.Аникевич К.П. и др. Руководство к проведению практических занятий на тренажере АКНП Учебное пособие Севастополь:СНИЯЭиП,2004. -100 с.
- 20.Аникевич К.П.и др. Руководство к проведению практических занятий на тренажере УКТС Учебное пособие Севастополь: СНИЯЭиП, 2004. 72 с.
- 21.Аникевич К.П., Попов И.А. Системы автоматического управления мощности АЭУ с ВВЭР. Часть 3. Учебное пособие Севастополь: СНУЯЭиП, 2005. -120 с.
- 22.Аникевич К.П. , Скидан А.А.Унифицированный комплекс технических средств (альбом схем к учебному пособию) Учебное пособие Севастополь:СНУЯЭиП, 2005. -52 с.
- 23.Аникевич К.П., Скидан А.А. Аппаратура контролю нейтронного потоку Учебное пособие Севастополь:СНУЯЭиП, 2005.-128 с.
- 24.Аникевич К.П., Дикусар Ю.Г. Законы регулирования и параметры настройки регуляторов Учебное пособие Севастополь:СНУЯЭиП, 2006. -88 с.
- 25.Аникевич К.П. Системы управления и защиты реактора ВВЭР-1000 (издание переработанное) Учебное пособие Севастополь: СНУЯЭиП, 2006. -208 с.
- 26.Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций. ТКП 171-2009.

Дополнительная

- 27.Емельянов А.И. и др. Основы конструирования исполнительных механизмов управления ядерных реакторов. М.: Энергия, 1986 г.
- 28.Брагин В. и др. Система ВРК. М.: Энергоатомиздат, 1987 г.
- 29.ГОСТ 26843-86. Общие требования к СУЗ.
- 30..Автоматизированная система контроля технологических параметров турбоустановки А-701.
- 31.Аникевич К.П. Сборник тестов по дисциплине «Технические средства автоматизации» Методическое пособие Севастополь: СНУЯЭиП, 2008. -32 с.
- 32.Аникевич К.П., Зацаринная Т.Г. Система регулирования и защиты турбины турбопитательного насоса Учебное пособие Севастополь: СНУЯЭиП, 2008. -72 с.
- 33.Аникевич К.П. Автоматическое регулирование технологических параметров Учебное пособие Севастополь:СНУЯЭиП,2008. -352 с.

34. Аникевич К.П. Поломки и отказы систем и механизмов цеха ТАИ Учебное пособие Севастополь: СНУЯЭиП, 2009. -40 с.
35. Аникевич К.П. Программно-технический комплекс системы аварийной и предупредительной защиты ядерного реактора ВВЭР-1000 (ПТК АЗ-ПЗ) Учебное пособие Севастополь: СНУЯЭиП, 2010. -192 с.
36. Аникевич К.П. Программно-технический комплекс системы группового и индивидуального управления ОР СУЗ (ПТК СГИУ) Учебное пособие Севастополь: СНУЯЭиП, 2010. -392 с.

Рекомендуемые темы лабораторных работ:

1. Ознакомление с программой симулятором АЭС с реактором ВВЭР-1200.
2. Градуировка групп ОР СУЗ.
3. Измерение реактивности реактора ВВЭР-1200 в различных режимах его работы.
4. Ксеноновые колебания и их измерение.
5. Пуск реактора после аварийной остановки.
6. Изучение перехода реактора из «горячего состояния» в МКУ.
7. Изучение повторной критичности в реакторе ВВЭР-1200.
8. Изучение переходного процесса при «выбросе» ОР СУЗ.
9. Изучение переходного процесса при срабатывании АЗ и ОР СУЗ.

Формы контроля знаний

1. Контрольные работы.

Темы контрольных работ

1. Эффекты реактивности ядерных реакторов.
2. Нейтронная кинетика процессов регулирования в ядерных реакторах

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы

Основой методики организации самостоятельной работы студентов является предоставление студентам необходимой для работы информации, а также обеспечение регулярных консультаций преподавателя и периодической отчетности по различным видам учебной и самостоятельной работы.

В открытом доступе для студентов размещается следующая информация:

1. программа дисциплины с указанием основной и дополнительной литературы;
2. учебно-методические материалы для лабораторных работ;

3. график консультаций преподавателя;
4. вопросы к зачету и экзамену;
5. сроки проведения контрольных мероприятий по различным видам учебной деятельности:

- промежуточных тематических тестов;
- отчетов по лабораторным работам;

Для дополнительного развития творческих способностей одаренных студентов организуются студенческие научно-практические конференции.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

В качестве средств диагностики и контроля знаний рекомендуется использовать:

1. контрольные работы по разделам дисциплины;
2. устные опросы;
3. отчеты по лабораторным работам;
4. проведение зачета и экзамена по дисциплине.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать тестовые задания по разделам дисциплины, устные опросы, отчеты по лабораторным работам. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Контрольные работы включают в себя 2 задачи и 2-3 учебных вопроса. На выполнение одной контрольной работы отводится 90 мин (2 академических часа). По согласованию с преподавателем при подготовке ответа разрешается использовать справочные издания. Оценка по каждой контрольной работе осуществляется по десятибалльной шкале.

Отчет по лабораторной работе оформляется в письменной форме. Защита отчета по лабораторной работе проводится в устной форме и оценивается по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости, T , рассчитывается как сумма среднего арифметического значения оценок за каждую контрольную работу, K , с коэффициентом 0,4 и средней арифметической оценки за выполнение цикла лабораторных работ, L , с коэффициентом 0,6:

$$T = 0,4K + 0,6L.$$

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета (8 семестр) и экзамена (9 семестр).

Студент, имеющий на дату проведения зачета или экзамена задолженность по выполнению контрольных или лабораторных работ, либо имеющий хотя бы одну неудовлетворительную оценку по контрольным и/или лабораторным работам (меньше 4), к зачету или экзамену не допускается. В этом случае он должен в установленный срок ликвидировать задолженность. Зачет проводится в виде устной беседы по вопросам, тематика которых вынесена на первый семестр изучения дисциплины (8 семестр). Оценка «зачтено» выставляется в случае, если средняя оценка за устный ответ на зачете составляет не менее 4. При этом оценка устного ответа на зачете, O_1 , вместе с оценкой текущей успеваемости в первом семестре, T_1 , составляет средневзвешенную оценку M_1 первого семестра по следующему правилу:

$$M_1 = 0,6O_1 + 0,4T_1.$$

Эта оценка, оценка текущей успеваемости в девятом семестре, T_2 , и экзаменационная оценка, E , служат для определения итоговой, рейтинговой оценки, R , по дисциплине, которая рассчитывается следующим образом:

$$R = 0,5E + 0,3M_1 + 0,2T_2.$$

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплин, изучение которых опирается на данную дисциплину	Кафедры, которые обеспечивают преподавание этих дисциплин	Предложения кафедр об изменении текста программы	Принятое решение (протокол, №, дата) кафедры, которая разработала рабочую программу
Ядерные энергетические установки	Кафедра ядерной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению программу в представленном варианте Протокол №12 от 01 июня 2016 г.
Ядерные технологии	Кафедра ядерной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению программу в представленном варианте Протокол №12 от 01 июня 2016 г.
Атомные электрические станции	Кафедра ядерной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению программу в представленном варианте Протокол №12 от 01 июня 2016 г.
Ядерная безопасность	Кафедра ядерной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению программу в представленном варианте Протокол №12 от 01 июня 2016 г.
Режимы работы и эксплуатации АЭС	Кафедра ядерной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению программу в представленном варианте Протокол №12 от 01 июня 2016 г.
Оборудование АЭС	Кафедра ядерной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению программу в представленном варианте Протокол №12 от 01 июня 2016 г.
Моделирование систем управления и безопасности ядерных энергетических установок	Кафедра ядерной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению программу в представленном варианте Протокол №12 от 01 июня 2016 г.
Вывод АЭС из эксплуатации и обращение с радиоактивными отходами	Кафедра ядерной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению программу в представленном варианте Протокол №12 от 01 июня 2016 г.
Кинетика и динамика ядерных реакторов	Кафедра ядерной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению программу в представленном варианте Протокол №12 от 01 июня 2016 г.


ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
Системы управления и защиты ядерных энергетических установок
на 2019 / 2020 учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание
1.	Включить в список основной литературы: Закон Республики Беларусь «О радиационной безопасности», от 18 июня 2019 г. № 198-З.	Решение кафедры ядерной физики, протокол № 15 от 27.06.2019 г.
2.	<p>Изложить разделы 10 – 12 в следующей редакции:</p> <p align="center">10. Нейтронная кинетика процессов регулирования в ЯР.</p> <p>Уравнения переноса нейтронов. Сопряженное уравнение переноса. Ценность нейтронов. Получение уравнений кинетики модели точечного реактора. Смысл эффективных величин. Нейтронно-физический расчет стержня управления в зависимости от его расположения в активной зоне. Интерференция поглощающих элементов и стержней. Кинетика борного регулирования.</p> <p>Передаточные функции нейтронной кинетики ядерного реактора. Уравнение кинетики и вывод выражения для передаточной функции. Зависимость коэффициента преобразования передаточной функции реактора от уровня мощности.</p> <p align="center">11. Состав и классификация САУ. Принципы регулирования.</p> <p>Классы безопасности и особенности современных САУ, применяемых на АЭС. Математическое описание САУ. Законы регулирования. Математическая формулировка основной модели систем автоматического управления. Уравнения, описывающие системы автоматического регулирования. Статическое решение. Линеаризация уравнений, описывающих САУ. Передаточные функции. Виды звеньев. Комплексный коэффициент передачи линейного звена. АФЧХ, ЛФЧХ и переходные характеристики звена.</p> <p align="center">12. САУ АЭУ АЭС как объект управления.</p> <p>АЭС как объект управления. Применение теории автоматического управления к системам управления и защиты ядерных реакторов. Структурные схемы САУ. Математический и графический анализ САУ. Логарифмические частотная и фазовая характеристики. Устойчивость САУ.</p> <p>Структурная схема АЭУ. Управление мощностью ЯР. Система управления и защиты ядерной энергетической установки с реактором ВВЭР. Система автоматической защиты реактора ВВЭР.</p>	
3.	В тексте преамбулы абзац об эффективных педагогических методиках и технологиях изложить в следующей редакции: «Из множества эффективных педагогических методик и технологий, которые способствуют вовлечению	Поручение Совета Министров Республики Беларусь от 6 марта 2019 г. № 05/209-

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание
	<p>обучающихся в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения разнообразных задач, следует выделить:</p> <p>технологии, основанные на эвристическом подходе к обучению;</p> <p>технологии, основанные на практико-ориентированном подходе к обучению;</p> <p>технологии научно-исследовательской деятельности;</p> <p>метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод);</p> <p>метод проектного обучения;</p> <p>метод учебной дискуссии;</p> <p>методы и приемы развития критического мышления;</p> <p>метод группового обучения».</p>	<p>114/2718р;</p> <p>распоряжение проректора по учебной работе и образовательным инновациям О.И.Чуприс от 13.05.2019 № 276-5512</p>

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № 15 от 27.06.2019 г.)

Заведующий кафедрой
ядерной физики
к.ф.-м.н., доцент


А.И. Тимошенко

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
к.ф.-м.н., доцент


М.С. Тиванов

