

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «На-
циональный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Принципы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок /
Principles for Ensuring the Safety of Nuclear Power Plants

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

образовательная программа:

Nuclear Technologies

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ОПОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<i>ПК-1</i>	Способность к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные численные методы для решения сложных задач описания физических процессов в ядерных реакторах, включая перенос нейтронов, изменение изотопного состава <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - уметь использовать современные расчетные пакеты
<i>ПК-6</i>	Способность к участию в проектировании основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - области применимости различных методов физического расчета и алгоритмы, используемые в программных комплексах <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать готовые программные комплексы для расчетов моделей защиты <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современной вычислительной техникой и компьютерными кодами для инженерных расчетов протекающих в реакторных установках процессов
<i>ПК-12</i>	Способность контролировать правильность расходования запасных частей, материалов, инструмента	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы оформления конструкторской документации <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить нейтронно-физические и теплогидравлические расчеты активной зоны ядерных установок и реакторного оборудования, выбирать критерии безопасной работы ядерной установки

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- Теория переноса нейтронов
- Атомные электростанции
- Ядерные энергетические реакторы

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

- Монтаж оборудования и строительных конструкций
- Ремонт оборудования АЭС

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид работы	Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам)				
	Очная				
	Семестр				
	№ 7				Всего
	Количество часов на вид работы:				
Контактная работа обучающихся с преподавателем					
Аудиторные занятия (всего)	48				48
В том числе:					
<i>лекции</i> <i>(лекции в интерактивной форме)</i>	16				16
<i>практические занятия</i> <i>(практические занятия в интерактивной форме)</i>	16				16
<i>лабораторные занятия</i>	16				16
Промежуточная аттестация					
В том числе:					
<i>зачет</i>	-				-
<i>Экзамен</i>	-				-
Самостоятельная работа обучающихся					
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	60				60

В том числе:					
проработка учебного материала	15				15
выполнение индивидуального домашнего задания	-				-
подготовка отчетов по лабораторным работам	15				15
Подготовка к практическим занятиям	15				15
подготовка к зачету/экзамену	15				15
Всего (часы):	108				108
Всего (зачетные единицы):	3				3

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам)									
		Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО	Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Критерии безопасности и оценка риска объектов ядерных технологий										
1.1.	Инженерные вопросы безопасности существующих и перспективных реакторов, барьеры безопасности.	2	2	-		8					
1.2.	Анализ крупных аварий на атомных станциях.	2	-	-		8					
1.3.	Концепция внутренней безопасности.	2	1	-		8					
1.4.	Вероятностный анализ безопасности (ВАБ).	3	4	6		9					
1.5.	Элементы теории вероятностей.	3	3	-		9					
1.6.	Основные понятия теории надежности и их приложение к ядерным установкам.	2	2	5		9					
1.7.	Методы оценки надежности ЯЭУ.	2	4	5		9					
	Итого за 7 семестр:	16	16	16		60					
	Всего:	16	16	16		60					

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1	Критерии безопасности и оценка риска объектов ядерных технологий	
1.1	Инженерные вопросы безопасности существующих и перспективных реакторов, барьеры безопасности.	Типы аварий на ЯЭУ. Особенности систем, влияющих на безопасность; систем безопасности; обеспечивающих систем безопасности и др. систем, качество функционирования которых определяет уровень надежности и безопасности ЯЭУ. Свойства безопасности реакторов типа ВВЭР, РБМК, БН.
1.2.	Анализ крупных аварий на атомных станциях.	Описание аварий на ЧАЭС, ТМ1 и Фукусима Даичи. Уроки и выводы.
1.3.	Концепция внутренней безопасности.	Цели и фундаментальные принципы обеспечения безопасности. Требования нормативных документов по безопасности (НП 082-07, НП-001-15, НП-008-16, НП-009-04 и др.). Особенности защит и блокировок различных типов ядерных реакторов. Критерии безопасности. Проекты реакторов повышенной безопасности. Сравнение проектных решений с действующими реакторами различных типов. Саморегулирование как принцип обеспечения безопасности.
1.4.	Вероятностный анализ безопасности (ВАБ).	Концепция риска. Уровни ВАБ. Техника построения деревьев отказов и деревьев событий. Примеры построения и использования деревьев при вероятностном анализе безопасности реакторов типа ВВЭР, РБМК, БН. Учет человеческого фактора и отказов по общей причине. Методики учета человеческого фактора. Базы данных по вероятностям ошибок человека. Оценки надежности элементов и систем как составная часть вероятностного анализа безопасности ЯЭУ.
1.5.	Элементы теории вероятностей.	Независимые и несовместные события. Случайные величины. Законы распределения и числовые характеристики случайных величин. Вероятностные схемы и вычисление вероятностей событий. Элементы теории случайных процессов. Корреляционные функции случайных процессов на выходе инерционного и колебательного звеньев. Внутренние обратные связи, способы исследования устойчивости. Дифференцируемость в среднеквадратическом случайных процессов.
1.6.	Основные понятия теории надежности и их приложение к ядерным установкам.	Количественные характеристики надежности. Восстанавливаемые и невосстанавливаемые изделия. Надежность параллельного и последовательного соединения элементов. Резервирование (элементное, функциональное, методом голосования, переключением на запасной элемент и др.). Потоки восстановления. Типовые законы надежности. Физический смысл типовых законов надежности и возможности их использования в различных исследовательских ситуациях. Учет контроля исправности, старения элементов. Методы оценки надежности изделий, отказы которых редки или не наблюдались вообще. Нормирование надежности. Учет интенсивности эксплуатации изделия и ошибок персонала при нормировании надежности.

1.7.	Методы оценки надежности ЯЭУ.	Количественные характеристики надежности ЯЭУ (вероятность безотказной работы, коэффициент готовности, коэффициент использования установленной мощности, коэффициент восстановления и др.). Модель "нагрузка - предел работоспособности". Методы оценки теплотехнической надежности ЯЭУ. Учет фактора целенаправленного воздействия на параметры, а также погрешностей их контроля и регулирования при оценке эксплуатационной надежности ЯЭУ. Примеры оценок эксплуатационной надежности ЯЭУ.
------	--------------------------------------	---

Практические занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Критерии безопасности и оценка риска объектов ядерных технологий	
1.1	Инженерные вопросы безопасности существующих и перспективных реакторов, барьеры безопасности.	Углубленный разбор особенностей проектирования систем, влияющих на безопасность; систем безопасности; обеспечивающих систем безопасности и др. Отличие данных систем реализованных в проектах реакторов типа ВВЭР, РБМК, БН.
1.3.	Концепция внутренней безопасности.	Выполнение сравнительного анализа проектных решений с действующими реакторами различных типов. Подробное рассмотрение саморегулирования как принципа обеспечения безопасности.
1.4.	Вероятностный анализ безопасности (ВАБ).	Разбор задач на усвоение понятия «Риск». Рассмотрение задач, решаемых на каждом из трех уровней ВАБ. Разбор задач на построение деревьев отказов и деревьев событий для конкретных систем АЭС. Разбор задач по учету человеческого фактора и отказов по общей причине.
1.5.	Элементы теории вероятностей.	Разбор задач на основные правила Булевой алгебры. Доказательство формулы полной вероятности. Решение задач с использованием формул умножения и сложения вероятностей, последнее рассматривается для случая совместных и несовместных событий. Применение формулы Байеса.
1.6.	Основные понятия теории надежности и их приложение к ядерным установкам.	Разбор задач на оценку надежности параллельного и последовательного соединения элементов, а также задачи оценки надежности систем с комбинированным резервированием, включая: элементное, функциональное, методом голосования, переключением на запасной элемент и др. Разбор примеров оценки надежности изделий, отказы которых редки или не наблюдались вообще.
1.7.	Методы оценки надежности ЯЭУ.	Углубленное рассмотрение модели "нагрузка - предел работоспособности", а также методов оценки теплотехнической надежности ядерных энергетических технологий. Разбор примеров оценок эксплуатационной надежности ЯЭУ.

Лабораторные занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Критерии безопасности и оценка риска объектов ядерных технологий	

1.4.	Вероятностный анализ безопасности (ВАБ).	Рассмотрение эксплуатационной документации программных комплексов CRISS-4У и АСРН-2006. Знакомство с программными комплексами на персональных компьютерах в дисплейных классах.
1.6.	Основные понятия теории надежности и их приложение к ядерным установкам.	Построение деревьев событий в программном комплексе CRISS-4У для теоретической задачи $TOP=G1*G2$, а также практической задачи с потерей половинчатого расхода за вентилем в системе подпитки низкого давления.
1.7.	Методы оценки надежности ЯЭУ.	Построение схемы надежности электрорадиоизделий в автоматизированной системе расчета надежности 2006 (АСРН-2006).

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Раздаточный материал справочных таблиц;
2. Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Критерии безопасности и оценка риска» www.samokhin.ucoz.ru
3. Волков Ю.В. Надежность и безопасность ЯЭУ: учеб. пособие по курсу «Надежность и безопасность ЯЭУ» / Ю.В. Волков – Обнинск : ИАТЭ, 1997. – 102 с. 14 экземпляров.
4. Статьи в периодических изданиях: «Атомная энергия», «Известия вузов. Ядерная энергетика».

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль, 7 семестр			
1.	Инженерные вопросы безопасности существующих и перспективных реакторов, барьеры безопасности.	ПК-1, знать	Коллоквиум, контрольная
2.	Анализ крупных аварий на атомных станциях.	ПК-1, знать	Коллоквиум
3.	Концепция внутренней безопасности.	ПК-6 знать	Коллоквиум
4.	Вероятностный анализ безопасности (ВАБ).	ПК-6 знать	Коллоквиум, контрольная, отчет по лабораторной работе
5.	Элементы теории вероятностей.	ПК-12 знать, владеть	Коллоквиум, контрольная
6.	Основные понятия теории надежности и их приложение к ядерным установкам.	ПК-12 знать, уметь	Коллоквиум, контрольная, отчет по лабораторной работе
7.	Методы оценки надежности ЯЭУ.	ПК-12 знать, уметь	Коллоквиум, контрольная, отчет по лабораторной работе

Промежуточный контроль, 7 семестр		
экзамен	ПК-1, ПК-6, ПК-12	Вопросы на зачет
Всего:		

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

6.2.1. Зачет

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Факторы потенциальной опасности в ядерной энергетике
2. Сколько нейтронов в ядерном реакторе и почему?
3. Откуда берутся запаздывающие нейтроны? Их роль в динамике ядерных реакторов.
4. Простейшее уравнение нестационарного переноса нейтронов в односкоростном диффузионном приближении.
5. Что такое коэффициент размножения нейтронов.
6. Уравнение точечной кинетики ядерного реактора в интегро-дифференциальном виде.
7. Система дифференциальных уравнений точечной кинетики реактора.
8. Структура нормативно-технической документации по безопасности в ядерных технологиях
9. Общие требования на средства воздействия на реактивность во всех ПБЯ.
10. Специфические требования в ПБЯ для энергетических реакторов.
11. Специфические требования в ПБЯ для критических сборок.
12. Метод обратного умножения. Что это и зачем?
13. Метод асимптотического периода. Что это и зачем?
14. Метод сброса стержня. Что это и зачем?
15. Дайте физическую интерпретацию лог-нормального распределения.
16. Дайте все физические интерпретации экспоненциального распределения, которые Вы знаете.
17. Дайте физическую интерпретацию распределения Пуассона.
18. Дайте физическую интерпретацию распределения Вейбулла.
19. Следствием чего является гауссовское распределение?
20. Дайте определения независимости и несовместности событий. В чем между ними разница?
21. Дайте физическую интерпретацию общего распределения Эрланга.
22. Как связаны плотность восстановления и функция восстановления?
23. Какими свойствами обладает простейший нестационарный поток?
24. Запишите формулу для средней наработки на отказ и объясните ее смысл.
25. Дайте качественное определение надежности.
26. Дайте определение надежности в узком смысле.
27. Какими свойствами обладает простейший поток отказов? Объясните их смысл.
28. Запишите формулы для коэффициентов готовности и неготовности для альтернирующего процесса восстановления. Объясните откуда они получены.

29. Дайте определение работоспособности и отказа.
30. Дайте физическую интерпретацию гамма-распределению.
31. Как учитывается надежность переключателя при резервировании переключением на запасной элемент?
32. Что такое - альтернирующий процесс восстановления? Какой вид имеет функция восстановления для него в асимптотическом случае при $t \rightarrow \infty$?
33. Назовите основные этапы расчета надежности систем.
34. Запишите формулу для вероятности несрабатывания на одно требование. Объясните ее смысл.
35. Как отличаются опасность отказа и параметр потока отказов? Запишите формулы для них и объясните их смысл.
36. Как связаны распределения числа восстановлений и длительности до r -го восстановления?
37. Какая разница между последовательным и параллельным соединениями элементов?
38. Какой вид имеет зависимость функции восстановления от времени в асимптотике при $t \rightarrow \infty$ для простого и стационарного процессов восстановления?
39. Дайте физическую интерпретацию специального распределения Эрланга.
40. Как оценивается надежность системы при резервировании голосованием?
41. Дайте физическую интерпретацию простого, стационарного и общего процессов восстановления.
42. Как оценить показатели надежности элементов и систем, отказов которых не наблюдалось?
43. Как проводится расчет норм надежности?
44. Какая разница между вероятностью работоспособного состояния и надежностью в узком смысле?
45. Получите формулу для среднего и дисперсии числа ТВС, находящихся в неблагоприятном режиме.
46. Запишите и объясните общую модель "параметр-граница работоспособности".
47. Как учитываются погрешности непрерывного и периодического контроля при оценке вероятностных характеристик определяющего параметра?
48. Какой закон распределения могут иметь определяющие параметры в случаях саморегулирования, регулирования внешним регулятором, при отсутствии регулирования?
49. Как учитывается фактор целенаправленного воздействия на параметр при оценке закона распределения определяющего параметра?
50. Физический смысл усеченности лог-нормального закона распределения.
51. Перечислите специфические требования на АЗ для исследовательских реакторов и РУ АС.
52. Какие способы оценки показателей надежности для элементов расчета надежности Вы знаете?
53. Дайте определение риска. Объясните его смысл.
54. Какая разница между деревом отказов и деревом событий? Приведите примеры.
55. Перечислите основные этапы аварии на IV блоке ЧАЭС.
56. Основные уроки по аварии на IV блоке ЧАЭС.

57. Назовите основные типы аварий, опасные для активной зоны реактора.
58. Что должен был сделать и не сделал персонал, чтобы предотвратить аварию на ТМІ?
59. Объясните смысл фундаментальных принципов управления при обеспечении безопасности РУ.
60. Какого типа авария реализовалась на IV блоке ЧАЭС? Основные этапы ее протекания.
61. Какие недостатки каналов СУЗ РБМК оказались причиной аварии на IV блоке ЧАЭС?
62. Какого типа авария реализовалась на ТМІ? Основные этапы ее протекания.
63. Какими принципами необходимо руководствоваться при написании инструкций, чтобы они были хорошими?
64. Перечислите основные этапы аварии на ТМІ.
65. Какие недостатки в проектных расчетах стали причиной аварии на IV блоке ЧАЭС?
66. Назовите и объясните смысл общих требований на АЗ для любых РУ.
67. Перечислите требования к средствам воздействия на реактивность для любых РУ.
68. Какие пункты правил были нарушены при проектировании реакторов РБМК?
69. Основные выводы по аварии на IV блоке ЧАЭС.
70. Объясните смысл фундаментальных принципов глубоководной защиты при обеспечении безопасности РУ.
71. Нарушил ли персонал регламент эксплуатации реактора IV блока ЧАЭС? Если да, то в чем именно?
72. Объясните смысл фундаментальных технических принципов при обеспечении безопасности РУ.
73. Перечислите специфические требования на АЗ для крит. стенов.
74. Для чего необходимо строить деревья отказов и как это делается?
75. Для чего необходимо строить деревья событий и как это делается?
76. Что такое ВАБ? Его уровни.
77. Какова взаимосвязь между деревьями отказов и деревьями событий?
78. Что должен был сделать и не сделал персонал для предотвращения аварии на IV блоке ЧАЭС?
79. По какому типовому сценарию развиваются катастрофы?
80. Как учитывается возможность контроля исправности при оценках надежности приборов?
81. Как оценить надежность объекта, зная, что выбросы параметров за предельный уровень - редкие события, при экспоненциальном распределении скачка дефекта при выбросе?
82. Что такое системы, важные для безопасности?
83. Перечислите системы безопасности, которые Вы знаете?
84. Какая разница между проектной и запроектной авариями?
85. Как связаны нарушения нормальной эксплуатации с нарушением пределов для параметров?
86. Перечислите технические принципы построения систем безопасности и объясните их смысл.

87. Перечислите основные этапы аварии на Фукусима Даичи.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

1. уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;
2. полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. ответы на дополнительные вопросы.

в) описание шкалы оценивания:

Оценка	Критерии оценки
Отлично 36-40	Студент должен: - продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; - исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; - правильно формулировать определения; - продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; - уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
Хорошо 30-35	Студент должен: - продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; - продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; - продемонстрировать умение ориентироваться в литературе; - уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Удовлетворительно 25-29	Студент должен: - продемонстрировать общее знание изучаемого материала; - показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; - уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Неудовлетворительно 24 и меньше	Студент демонстрирует: - незнание значительной части программного материала; - не владение понятийным аппаратом дисциплины; - существенные ошибки при изложении учебного материала; - неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - неумение делать выводы по излагаемому материалу.

6.2.2. Коллоквиум

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Назовите основные типы аварий, опасные для активной зоны реактора.
2. Факторы потенциальной опасности в ядерных технологиях.
3. Что такое системы, важные для безопасности?
4. Перечислите системы безопасности, которые Вы знаете?

5. Какая разница между проектной и запроектной авариями?
6. Как связаны нарушения нормальной эксплуатации с нарушением пределов для параметров?
7. Перечислите технические принципы построения систем безопасности и объясните их смысл.
8. Перечислите требования к средствам воздействия на реактивность для любых РУ.
9. Как организуется безопасное начало работ по запуску любого реактора?
10. Перечислите Фундаментальные принципы обеспечения безопасности ЯЭУ.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

1. уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;
2. полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. ответы на дополнительные вопросы.

в) описание шкалы оценивания:

Максимальный балл за коллоквиум оценивается в 11 баллов

10-11 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- полно раскрывает содержание теоретического вопроса;
- умеет увязать теорию и практику при решении задач.

7-9 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- сделал все, что требуется для получения высшего балла, однако при этом допустил незначительные неточности при изложении материала, не искажающие содержание ответа по существу вопроса.

4-6 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- раскрывает содержание не всех теоретических вопросов;
- не всегда умеет увязать теорию и практику при решении задач.

0-3 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- имеет пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине, не может дать четкого определения основных понятий;
- не умеет решать задачи и не может разобраться в конкретной ситуации;
- не может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объемом знаний.

6.2.3. Контрольная работа

а) типовые задания:

Вариант 0

Задача №1.

$$TOP=(G+X)(G+Y)$$

Постройте дерево отказов и найдите минимальные критические сечения.

Задача №2

Получите в явном виде формулу для вероятности $V(t)$ несрабатывания на требование для двух случаев:

1. $W(t) = 1 - e^{-\lambda t}$, $\omega(t) = \chi e^{\chi t}$

2. $W(t) = \lambda t$, $\omega(t) = 1/T$

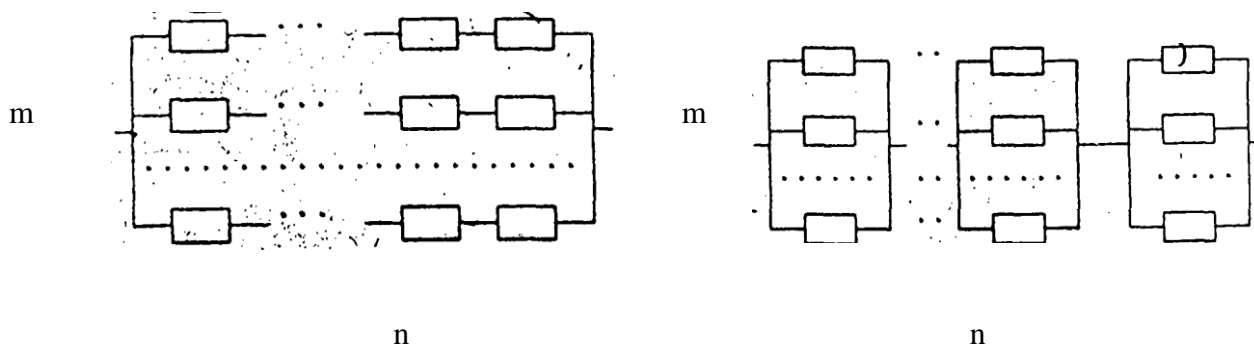
Вариант 1

Задача №1

Изделие может собираться из высококачественных деталей (40% случаев) и из деталей обычного качества (60% случаев). Если изделие собрано из высококачественных деталей, его надежность за время t равна 0,95. Если из деталей обычного качества – 0,7. Изделие испытывалось в течение времени ti работало безотказно. Найти вероятность того, что оно собрано из деталей высокого качества.

Задача №2

Устройство, состоящее из n последовательно соединенных элементов, можно резервировать двумя способами, изображенными на рисунке. Покажите, какой из них лучше.



б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В критерии оценки знаний на контрольной работе входят:

1. знание теоретического материала;
2. умение применить данные знания при решении практических задач;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. умение проанализировать полученный результат.

в) описание шкалы оценивания:

Первая задача оценивается в 8 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Вторая задача оценивается в 8 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

6.2.4. Контрольная работа

а) типовое задание на лабораторную работу:

Вариант 0

???

Вариант 1

???

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В критерии оценки знаний на контрольной работе входят:

1. знание теоретического материала;
2. умение применить данные знания при решении практических задач;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. умение проанализировать полученный результат.

в) описание шкалы оценивания:

Суммарный балл за выполнение в срок всех лабораторных работ составляет 15 баллов.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется шесть раз в семестр: четыре контрольные точки № 1 (*коллоквиумы*), контрольная точка № 2 (*контрольная работа*) и контрольная точка № 3 (*контрольная работа*).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

7 семестр

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1	0	70
	Коллоквиум	0	10
	Коллоквиум	0	10
	Коллоквиум	0	10
	Коллоквиум	0	10
	Контрольная точка № 2	0	10
	Контрольная работа	0	10
	Контрольная точка № 3	0	10
	Лабораторные работы	0	10
Промежуточный	Зачет		
	Вопрос 1	0	13
	Вопрос 2	0	13
	Вопрос 3	0	14
ИТОГО по дисциплине		0	100

Определение бонусов и штрафов

Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце семестра за активную и регулярную работу на занятиях 5 баллов (но суммарно за семестр не больше чем 60)

Штрафы: за несвоевременное участие в коллоквиуме и контрольной работе максимальная оценка может быть снижена на 20%.

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств. По окончании освоения дисциплины в 7 семестре проводится промежуточная аттестация в виде зачета, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Зачет предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, применять их в решении практических задач), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на зачете для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на зачете.

В случае если суммарная оценка за текущий контроль позволяет проставить итоговую оценку за обучение в семестре автоматически, это делается по обоюдному согласию лектора и студента.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная учебная литература:

1. Кузнецов И.А., Поплавский В.М. Безопасность АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. / Под общей редакцией члена-корреспондента АН РФ В.И. Рачкова / Кузнецов И.А., Поплавский В.М. – М.: ИздАт, 2012. – 632 с. - 9 экз.
2. Антонов А.В. Статистические модели в теории надежности: Учебное пособие / А.В. Антонов, М.С. Никулин. – М.: Абрис, 2012. – 390.: ил. -98 экз
3. Каштанов, В.А. Теория надежности сложных систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Каштанов, А.И. Медведев. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2010. — 608 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59517
4. Гаенков В.П. Безопасность технических систем: методологические аспекты теории, метода анализа и управления безопасностью / В.П. Гаенко. – Санкт - Петербург: СВЕН, 2014. – 366 с.; тал. – 37; ил. – 43; библиогр. – 146 назв. - 90 экз
5. Труханов В.М., Матвеев А.М. Надежность сложных систем на всех этапах жизненного цикла. – 2-е изд. М.: ООО «Издательский дом «Спектр», 2016. – 664 с. ISBN 978-5-442-0108-4. - 98 экз

б) дополнительная учебная литература:

1. Волков Ю.В. Надежность и безопасность ЯЭУ, Учебное пособие. Обнинск: Изд. ИАТЭ, 1997. 14 экз.
2. Волков Ю.В., Дугинов О.Б., Клинов Д.А. Надежность и безопасность ЯЭУ. Уч. пособие. 2-е изд., доп. и перераб. Изд. ИАТЭ, 2005. 8 экз.
4. Венцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Наука, 1987. 47 экз.
5. Основные принципы безопасности атомных электростанций. - Изд. МАГАТЭ. Серия изданий по безопасности № 75-INSAG-3. - Вена, 1988. http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_154393.pdf
6. Перечень нормативных правовых актов и нормативных документов, относящихся к сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (П-01-01-2005). Раздел II. Государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии. – М.: Госатомнадзор РФ, 2003. <http://www.znakcomplect.ru/dokumenty2/example/p-01-01-2005-perechen-normativnyx-pravovyx-aktov-i-normativnyx-dokumentov-otnosyaschixsya-k-sfere-deyatelnosti-federalnoi-sluzhby-po-ekologicheskomu-texnologicheskomu-i-atomnomu-nadzoru.html>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс] URL: <http://elibrary.ru> (Дата обращения: 10.05.2017)
2. Библиотека численного анализа НИВЦ МГУ: [Электронный ресурс] URL: http://num-anal.srcc.msu.ru/lib_na/libnal.htm (Дата обращения: 10.05.2017)

3. Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ": [Электронный ресурс] URL: www.library.mephi.ru (Дата обращения: 10.05.2017)
4. Библиотека численного анализа НИВЦ МГУ: [Электронный ресурс] URL: http://num-anal.srcc.msu.ru/lib_na/libnal.htm (Дата обращения: 10.05.2017)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Подготовка к коллоквиуму	При подготовке к коллоквиуму необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, перечень ресурсов сети интернет. Дополнительно к изучению конспектов лекций необходимо пользоваться учебниками по конструкциям ядерных реакторов. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемых тем дисциплины. При подготовке к коллоквиуму нужно освоить теорию: разобрать определения всех понятий, рассмотреть примеры и самостоятельно решить несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо комментировать свои действия и не забывать о содержательной интерпретации.
Практические занятия	При подготовки к практическим занятиям повторить основные понятия и формулы по темам домашнего задания. Решая упражнения и задачи, предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить. Решить типовую задачу из данной темы на доске с преподавателем. Написать план решения задач, попробовать на его основе решить 1-2 аналогичные задачи самостоятельно. При возникновении трудностей с решением или пониманием сформулировать и задать вопросы преподавателю
Контрольная работа	При выполнении домашних и индивидуальных заданий необходимо сначала прочитать теорию и изучить примеры по каждой теме. Решая конкретную задачу, предварительно следует понять, что требуется от Вас в данном случае, какой теоретиче-

	ский материал нужно использовать, наметить общую схему решения. Если Вы решали задачу «по образцу» рассмотренного на аудиторном занятии или в методическом пособии примера, то желательно после этого обдумать процесс решения и попробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, задачи практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемой дисциплины.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

10.1. Перечень информационных технологий

- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
- Интерактивное общение с помощью программы skype
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

10.2. Перечень программного обеспечения

- Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «Windows Media Player»).
- Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Учебная аудитория для лекционных и практических занятий оборудована более чем 20 посадочными местами. Аудитория оборудована мультимедийным оборудованием. Доска.

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Применяемые на лекционных занятиях

- Технология концентрированного обучения(лекция-беседа, привлечение внимания студентов к наиболее важным вопросам темы, содержание и темп изложения учебного материала определяется с учетом особенностей студентов)

- Технология активного обучения (визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций)

Применяемые на практических работах

- Технология активного обучения (визуальные практические занятия с разбором конкретных специализированных задач).
- Технология интерактивного обучения (мозговой штурм: группа получает задание, далее предполагается высказывать как можно большее количество вариантов решения, затем из общего числа высказанных идей отбираются наиболее удачные, которые могут быть использованы при написании программных модулей).

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1	Инженерные вопросы безопасности существующих и перспективных реакторов, барьеры безопасности.	Лекция/ практические занятия	2	лекция-беседа, мозговой штурм, работа в малых группах
2	Анализ крупных аварий на атомных станциях.	Лекция	2	лекция-беседа
3	Концепция внутренней безопасности.	Лекция/ практические занятия	3	лекция-беседа, мозговой штурм, работа в малых группах
4	Вероятностный анализ безопасности (ВАБ).	Лекция/ практические занятия	13	лекция-беседа, мозговой штурм, работа в малых группах
5	Элементы теории вероятностей.	Лекция/ практические занятия	6	лекция-беседа, мозговой штурм, работа в малых группах
6	Основные понятия теории надежности и их приложение к ядерным установкам.	Лекция/ практические занятия	9	лекция-беседа, мозговой штурм, работа в малых группах
7	Методы оценки надежности ЯЭУ.	Лекция/ практические занятия	11	лекция-беседа, мозговой штурм, работа в малых группах

12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Темы для самостоятельного изучения

1. Физическая интерпретация общего распределения Эрланга.
2. Коэффициенты реактивности для идеализированного гомогенного реактора.
3. Накопление изотопов плутония в быстром и тепловом реакторах.
4. Особенности построения системы управления и защиты.
5. Характеристики ядерного топлива.
6. Изменение физических особенностей реакторной установки ВВЭР-1000 при смене легководяного замедлителя на тяжеловодный замедлитель.
7. Зависимость среднего сечения осколков деления от времени работы реактора на тепловых нейтронах.
8. Назовите основные этапы расчета надежности систем.
9. Требования на содержание данных по показателям надежности различных элементов и систем.
10. Этапы проектирования ЯЭУ на которых необходимо обосновывать безопасность ядерной энергетической установки.

Вопросы для самоконтроля

1. Зависимость сечений от энергии для основных реакторных нуклидов (топливные, сырьевые, замедлители, поглотители)?
2. Распределение осколков деления по массам?
3. Процессы упругого и неупругого рассеяния, радиационного захвата?
4. Энергетическая зависимость сечения водорода (упругое и захват)?
5. Отличие гомогенной и гетерогенной структуры активной зоны ядерного реактора?
6. Ядерные концентрации, Поток, Скорости процессов?
7. Процедура оценки показателей надежности элементов систем отказ которых не наблюдался за прошедший период эксплуатации?
8. Назовите способы увеличения надежности систем, эксплуатируемых на АЭС.
9. Требования к проектам в плане безопасности?
10. Цель анализа надежности?

12.3. Краткий терминологический словарь

БН – быстрый натриевый реактор

ВАБ – вероятностный анализ безопасности

ВВЭР – водо-водной энергетический реактор

РБМК – реактор большой мощности канальный

ЧАЭС – чернобыльская атомная электрическая станция

ЯЭУ – ядерная энергетическая установка

ТМІ – Three Mile Island

Программу составил:

_____ Д.С. Самохин, к.т.н., доцент

Рецензент:

_____ В.В. Колесов, к.ф.-м.н., доцент