

федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»  
Физико-технический институт

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор-директор ФТИ  
\_\_\_\_\_ О.Ю. Долматов  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Основы безопасности критических технологий**

НАПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ) ООП 14.03.02 ЯДЕРНЫЕ ФИЗИКА  
И ТЕХНОЛОГИИ

КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ) МАГИСТР  
БАЗОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРИЕМА 2014 г.

КУРС 1 СЕМЕСТР 1  
КОЛИЧЕСТВО КРЕДИТОВ 3  
ПРЕРЕКВИЗИТЫ М1.Б3, М1.Б5  
КОРЕКВИЗИТЫ М1.Б6

ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВРЕМЕННОЙ РЕСУРС:

лекции 8 час.

лабораторные работы 24 час.

практики 16 час.

АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ 48 час.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА 60 час.

ИТОГО 108 час.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ экзамен, диф.зачет

ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ кафедра ТФ ФТИ

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ ТФ \_\_\_\_\_ И.В. Шаманин

РУКОВОДИТЕЛЬ ООП \_\_\_\_\_ В.С.Яковлева

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ \_\_\_\_\_ И.В.Шаманин

2014 г.

## **1. Цели освоения дисциплины**

Подготовить слушателя к ведению профессиональной деятельности с соблюдением норм ядерной безопасности.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Данная дисциплина относится к специальным дисциплинам базовой магистерской подготовки М1.Б. Пререквизитами дисциплины являются следующие дисциплины: М1.Б3, М1.Б5, а кореквизитами: М1.Б6.

## **3. Результаты освоения дисциплины**

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции:

### *1. Универсальные (общекультурные) -*

способность использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и научно-производственных работ в соответствии с требованиями нормативных документов в области ядерной безопасности;

готовность к принятию ответственности за свои решения в рамках профессиональной компетенции, способностью принимать нестандартные решения, разрешать проблемные ситуации.

### *2. Профессиональные -*

*для научно-исследовательской деятельности:*

способность к созданию теоретических и математических моделей, описывающих размножающие системы (технические и технологические системы, содержащие делящиеся материалы);

готовность к созданию новых методов расчета современных физических установок и устройств, разработке методов регистрации ионизирующих излучений, методов оценки количественных характеристик ядерных материалов;

способность применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области;

способность самостоятельно выполнять экспериментальные исследования с использованием технических и технологических систем, содержащих делящиеся материалы;

способность оценивать риск и определять меры ядерной безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения;

*для проектной деятельности:*

способность провести расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок и приборов, содержащих делящиеся материалы ;

готовность применять методы оптимизации при проектировании технических и технологических систем, содержащих делящиеся материалы;

способность формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при

проектировании и расчете технических и технологических систем, содержащих делящиеся материалы;

*для экспертной деятельности:*

способность к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям ядерной безопасности и другим нормативным актам;

*для производственно-технологической деятельности:*

готовность решать инженерно-физические задачи с помощью пакетов прикладных программ;

способность эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных установок, содержащих делящиеся материалы;

*для организационно-управленческой деятельности:*

способность анализировать технологический процесс как объект управления.

В результате освоения дисциплины студент должен

**знать:**

- основные определения в области регулирования ядерной безопасности, область распространения основных норм и правил;
- виды ионизирующих излучений, их краткую характеристику, виды облучения, дозы, мощности доз, единицы измерения дозы;
- основные ядерные материалы, критические параметры, значения коэффициентов запаса, рабочее и аварийное значение коэффициента размножения, нормы загрузки, закладки, накопления и т.д.

**уметь:**

- произвести расчёт основных параметров и коэффициентов в ядерной безопасности;
- определять по косвенным признакам количество делений при СЦР;
- определять дозу полученную персоналом при СЦР по косвенным признакам;
- с помощью радиометрического оборудования определять состояние системы: критическое или подкритическое.

**владеть:**

- навыками расчета основных параметров и коэффициентов в ядерной безопасности;
- навыками практического применения нормативных документов в области ядерной и радиационной безопасности.

#### **4. Структура и содержание дисциплины**

**4.1 Дисциплина содержит следующие разделы:**

**Тема 1. Основные определения в области регулирования ядерной безопасности. Область распространения основных норм и правил.**

Самоподдерживающаяся цепная реакция (СЦР), коэффициент размножения, ядерно-опасный участок, отражатель, критический и допустимый параметр, замедлитель, поглотитель и т.д. Заключение по ядерной безопасности.

## **Тема 2. Основные ядерные материалы. Критические параметры. Правило четырех сомножителей.**

Основные ядерные материалы, классификация МАГАТЭ и классификация НП-030-05. Критические параметры для растворов с ЯДМ, металлических слитков, керамики. Коэффициент размножения основные составляющие – правило четырех сомножителей.

## **Тема 3. Коэффициент запаса. Рабочее и аварийное значение коэффициента размножения. Норма загрузки, закладки, накопления и т.д.**

Коэффициенты запаса по массе, концентрации, допустимому диаметру и т.п. Норма закладки, загрузки и т.д. соотношения при определении норм загрузки, закладки и т.д. Различия в понятиях загрузки у инженеров физиков и инженеров химиков-технологов. Экстракционные переделы, экстрагенты и продукты их разложения. Нормы ядерной безопасности на рабочих местах. Приборы контроля параметров ЯБ.

## **Тема 4. Правила Ядерной Безопасности при хранении и транспортировке.**

Снятие ограничений по ядерной безопасности при хранении и транспортировке. Термины и определения. Требования к размещению групп или штабелей. Требования, предъявляемые к хранилищам ядерных материалов.

## **Тема 5. Аварийная сигнализация (САС).**

Область распространения ПБЯ -06-10-99. требования к проекту САС. Требования к системе. Размещение датчиков САС. Испытания и проверки САС. Ядерноопасная зона и маршруты эвакуации.

## **Тема 6. Перечень исходных событий, которые могут привести к возникновению СЦР.**

Внешние события. Внутренние события. Коррозия оборудования. Изменение агрегатного состояния ЯМ. Ошибки персонала. Изменения температуры реагентов системы. Механические повреждения.

## **Тема 7. Виды ионизирующих излучений. Краткая характеристика. Виды облучения. Доза. Мощность дозы. Единицы измерения дозы. Допустимая мощность дозы.**

Ионизирующее излучение,  $\alpha$  –Распад,  $\beta$ -превращения, изомерный переход и другие виды ядерных превращений, спонтанное (самопроизвольное) деление, доза поглощенная (D), доза в органе или ткани (D\_T), доза эквивалентная (H\_T,R), доза эффективная (E), доза эффективная (эквивалентная) годовая, предел дозы (ПД) - величина годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения, которая не должна превышать в условиях нормальной работы. Соблюдение предела годовой дозы предотвращает возникновение детерминированных эффектов, а вероятность стохастических эффектов сохраняется при этом на приемлемом уровне.

## **Тема 8. Допустимая загрязненность поверхностей. Группы радиационной опасности нуклидов.**

Загрязнение радиоактивное, загрязнение поверхности неснимаемое (фиксированное), загрязнение поверхности снимаемое (нефиксированное), допустимые уровни радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, кожи, спецодежды и средств индивидуальной защиты, активность (А), активность минимально значимая (МЗА), группы радиационной опасности

## **Тема 9. Открытые и закрытые источники. Классы работ. Критерии облучаемых лиц. Критическая группа. Критический орган. Дозовые пределы. Санитарно-защитная и наблюдаемая зоны.**

Источник ионизирующего излучения, источник излучения природный, источник излучения техногенный, источник радионуклидный закрытый, источник радионуклидный открытый, класс работ, класс работ с открытыми источниками излучения, места постоянного пребывания персонала и временно обслуживаемые помещения, категории облучаемых лиц, основные пределы доз, группа критическая, санитарно-защитная зона, зона наблюдения.

## **Тема 10. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Область применения. Основные санитарные правила. Ответственность за их выполнение.**

Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 (далее - Нормы) применяются для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения.

### **4.2 Структура дисциплины по разделам и видам учебной деятельности приведена в табл. 1.:**

Таблица 1.

*Структура дисциплины  
по разделам и формам организации обучения*

Название раздела/темы	Аудиторная работа (час)			СРС (час)	Колл, Контр.Р.	Итого (час)
	Лекции	Практ./сем. Занятия	Лаб. зан.			
Тема 1. Основные определения в области регулирования ядерной безопасности. Область распространения основных норм и правил.	1			4		5
Тема 2. Основные ядерные материалы. Критические параметры. Правило четырех сомножителей.	1	4		6		11
Тема 3. Коэффициент запаса. Рабочее и аварийное значение коэффициента размножения. Норма загрузки, закладки, накопления и т.д.	1	4		8	+	13
Тема 4. Правила Ядерной Безопасности при хранении и	1			4		5

транспортировке.						
Тема 5. Аварийная сигнализация (САС).			6	4		10
Тема 6. Перечень исходных событий, которые могут привести к возникновению СЦР.	1			4		5
Тема 7. Виды ионизирующих излучений. Краткая характеристика. Виды облучения. Доза. Мощность дозы. Единицы измерения дозы. Допустимая мощность дозы.	1	4	6	8		19
Тема 8. Допустимая загрязненность поверхностей. Группы радиационной опасности нуклидов.		4	6	8	+	18
Тема 9. Открытые и закрытые источники. Классы работ. Критерии облучаемых лиц. Критическая группа. Критический орган. Дозовые пределы. Санитарно-защитная и наблюдаемая зоны.	1		6	8		15
Тема 10. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Область применения. Основные санитарные правила. Ответственность за их выполнение.	1			6		7
<b>Итого</b>						

### 4.3 Распределение компетенций по разделам дисциплины

Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения по основной образовательной программе, формируемых в рамках данной дисциплины и указанных в пункте 3.

Таблица 2.

Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения

№	Формируемые компетенции	Разделы дисциплины									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	3.1.1		+		+	+					
2.	3.1.2.		+		+					+	+
3.	3.1.3.		+		+	+		+		+	
4.	3.1.4.			+				+	+		
5.	3.1.5.	+					+				+
6.	3.1.6	+					+				
7.	У.1.1.			+			+	+	+	+	
8.	У.1.2.			+		+			+		

9.	У.1.3.		+		+	+					+
10.	У.1.4.	+						+			
11.	В.1.1.			+				+	+		

## 5. Образовательные технологии

Достижение планируемых результатов освоения модуля обеспечиваются с использованием следующих образовательных технологий табл.2:

Таблица 2.

### Методы и формы организации обучения (ФОО)

ФОО	Лекц.	Лаб. раб.	Пр. зан./ Сем.	Тр*, Мк**	СРС	К. пр.
Методы						
IT-методы						
Работа в команде		+				
Case-study						
Игра						
Методы проблемного обучения.			+		+	
Обучение на основе опыта	+		+			
Опережающая самостоятельная работа		+			+	
Проектный метод	+					
Поисковый метод					+	
Исследовательский метод		+				
Другие методы						

\* - Тренинг, \*\* - Мастер-класс

## 6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

**6.1 Текущая СРС**, направленная на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений.

Текущая самостоятельная работа включает следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса,
- опережающая самостоятельная работа,
- перевод текстов с иностранных языков,

- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку,
- подготовка к контрольной работе, к зачету, экзамену.

### **Темы выносимые на самостоятельное обучение**

1. Сравнительный анализ энергопроизводящих технологий.
2. Радиация и её воздействие на организм.
3. Нормы и правила радиационной безопасности.
4. Международная шкала ядерных событий.
5. Международный центр по обогащению урана.
6. Организация системы аренды АЭС.
7. Возможность хищения ЯМ на основных стадиях ЯТЦ.
8. Преимущества и недостатки ЯТЦ.
9. Ядерная и радиационная безопасность на АЭС.
10. Международная политика в области нераспространения ядерных материалов и противодействия ядерному терроризму.
11. Ядерные технологии в Сибирском регионе.

### **Темы рефератов для самостоятельной подготовки**

1. Экологические последствия использования различных видов энергопроизводящих технологий.
2. Источники ионизирующего излучения в окружающей среде.
3. Использование искусственных источников ионизирующего излучения.
4. Система безопасности реактора.
5. Внутренне присущая безопасность. Ядерный терроризм и защита от него. Радиационный терроризм и защита от него.
6. Информационно-экологический терроризм.
7. Международные правовые акты по решению проблем нераспространения ЯО.
8. Безопасность перевозок ЯМ.
9. Физико-технические и правовые основы обращения с РАО и ОЯТ.
10. Ядерные технологии в Сибирском регионе.
11. Международная система экспортного контроля в целях ядерного нераспространения.
12. Использование ядерных технологий на благо человечества.
13. Нормы и требования в области радиационной защиты.
14. Добыча и гидрометаллургия урановых руд.
15. Газодиффузионный метод обогащения урана.
16. Центрифужный метод обогащения урана.
17. Перспективы развития технологий разделения урана.
18. Конструкция ядерных реакторов.
19. Ядерные реакторы с повышенным уровнем безопасности.
20. Авария на АЭС «Три-Майл-Айленд».
21. Авария на Чернобыльской АЭС.
22. Авария на АЭС «Фукусима».
23. Авария на производственном объединении «МАЯК».
24. Методы переработки облученного ядерного топлива.

25. Методы захоронения РАО. Опыт НПО «Радон» в захоронении радиоактивных отходов в России.
26. Методы размещения ОТВС на долговременное хранение. Перспективы Сибирского региона в развитии ядерных технологий в России.

**6.2 Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР), ориентированная на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов.**

ТСР может включать следующие виды работ по основным проблемам курса:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации,
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, проведение расчетов, составление схем и моделей на основе статистических материалов.

Перечень научных проблем и направлений научных исследований:

- 1) Современные инженерные методы решения условно-критических задач
- 2) Системы контроля подкритичности в системах с газами и жидкостями
- 3) Константное обеспечение методов решения условно-критических задач для систем, содержащих трансурановые элементы
- 4) Приборы детектирования в системах контроля подкритичности
- 5) Измерения подкритичности близи строго-критического состояния
- 6) Запаздывающие нейтроны и критичность на мгновенных нейтронах
- 7) Контроль отложений делящихся материалов в технологических емкостях и трубопроводах
- 8) Погрешности измерений и ошибка оценки подкритичности в опасную сторону
- 9) Пассивные методы исключения возбуждения СЦР
- 10) Накопление и воспроизводство делящихся материалов в ядерном топливном цикле

### **6.3 Контроль самостоятельной работы**

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

### **6.4 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

1. Солотин М.И. Состояние и перспектива развития ЯТЦ мировой и российской ядерной энергетики. Ж. АЭ, т. 98, вып. 6, июнь 2005.

2. Дубовский Б.Г., Камнев А.В. и др. Критические параметры систем с делящимися веществами и ядерная безопасность. Справочник. – М.: Атомиздат, 1968, [Б-3252].
3. Диев Л.В., Рязанов Б.Г. и др. Критические параметры делящихся материалов и ядерная безопасность. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1984, [84-10476].
4. Коллиер Д., Хьюит Д. Введение в ядерную энергетику: пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1989
5. Кесслер. Ядерная энергетика. М.: Энергоатомиздат, 1986.
6. Синев Н.М., Батуров Б.Б. Экономика атомной энергетики: Основы технологии и экономики ядерного топлива. Учеб. пособие для вузов. – 2изд. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

#### **7. Средства (ФОС) текущей и итоговой оценки качества освоения модуля (дисциплины)**

Текущий и итоговый контроль результатов изучения модуля осуществляется путем проведения контрольных работ, устных опросов, выставлением рейтинговых баллов за выполнение заданий, предусмотренных данной программой. Итоговый контроль осуществляется принятием зачета и экзамена.

Перечень вопросов текущего и итогового контроля:

#### **ВОПРОСЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

1. Понятия критичности.
2. Факторы, влияющие на критичность.
3. Критические параметры систем, состоящих из делящихся материалов и систем из делящихся материалов и замедлителей.
4. Критические параметры систем, содержащих поглотители нейтронов.
5. Нейтронное взаимодействие подкритических систем.
6. Системы сложной геометрии.
7. Системы, содержащие нуклиды актиноидной группы элементов.
8. Основные принципы обеспечения ядерной безопасности.
9. Коэффициенты запаса.
10. Нормативы ядерной безопасности.
11. Оборудование и транспортные упаковки.

12. Контроль параметров ядерной безопасности. Контроль  $^{235}\text{U}$  и  $^{239}\text{Pu}$ .
13. Контроль замедлителей и поглотителей в системах с делящимися веществами
14. Средства защиты и ограничения последствий от аварий, связанных с самоподдерживающейся реакцией деления.
15. Состояние и перспективы мирового и российского ЯТЦ.
16. Открытый и замкнутый ЯТЦ.
17. Понятие критичности.
18. Делящиеся материалы, критическая масса.
19. ОЯТ.
20. МОКС-топливо.
21. РАО.
22. Основные понятия ядерной и радиационной безопасности.
23. Безопасность при производстве твэлов.
24. Радиационная безопасность на урановых рудниках.
25. Факторы радиационной безопасности.
26. Уровни внешнего излучения.
27. Радиационная безопасность при переработке облученного ядерного топлива.
28. Безопасность на АЭС.
29. Радиационная безопасность населения и защита окружающей среды.

#### ВОПРОСЫ ВЫХОДНОГО КОНТРОЛЯ

1. Определения: радиоактивный распад, радиация, активность, источник ионизирующего излучения.
2. Определения: облучение, доза поглощенная, доза эквивалентная, взвешивающий коэффициент.
3. Взвешивающие коэффициенты для различных видов излучения.
4. Определения: предел дозы, население, мощность дозы, риск радиационный.

5. Основные единицы СИ и внесистемные единицы, связанные с радиационной безопасностью.
6. Определения: загрязнение радиоактивное, дезактивация, отходы радиоактивные.
7. Определения: объект радиационный, санитарно-защитная зона, зона наблюдения.
8. Международные организации, занимающиеся радиационной защитой.
9. Механизм воздействия ионизирующего излучения на организм человека.
10. Классификация возможных последствий воздействия ионизирующих излучений на человека.
11. Пути воздействия ионизирующих излучений на человека.
12. Источники ионизирующего излучения космического происхождения.
13. Источники ионизирующего излучения земного происхождения.
14. Искусственные источники излучения в окружающей среде.
15. Методы добычи урана.
16. Радиационное воздействие в процессе добычи урана.
17. Свойства гексафторида урана.
18. Метод газовой диффузии.
19. Метод центрифугирования.
20. Основные этапы производства твэл. Охарактеризовать процесс производства в целом.
21. Коэффициент размножения нейтронов. Реактивность.
22. Управление цепной реакцией деления.
29. Классификация и характеристики аварий на ядерных объектах.
39. Технологическая схема обращения с ОТВС в замкнутом топливном цикле.
40. Процесс переработки отработанного топлива и его особенности.
41. Методы обращения с РАО.
42. Сбор и сортировка РАО, обработка и обезвреживание.

43. Кондиционирование РАО, транспортирование в пункт захоронения.
44. Постоянное или временное хранение РАО.
45. Обращение с ОТВС. Методы долговременного хранения ОТВС.
46. Инженерные и геологические барьеры защиты. Рекомендуемые для захоронения РАО и хранения ОТВС геологические формации.
47. Перспективы сибирского региона в развитии ядерных технологий в России.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля (дисциплины)**

### **Основная литература:**

1. Солотин М.И. Состояние и перспектива развития ЯТЦ мировой и российской ядерной энергетики. Ж. АЭ, т. 98, вып. 6, июнь 2005.
2. Дубовский Б.Г., Камнев А.В. и др. Критические параметры систем с делящимися веществами и ядерная безопасность. Справочник. – М.: Атомиздат, 1968, [Б-3252].
3. Диев Л.В., Рязанов Б.Г. и др. Критические параметры делящихся материалов и ядерная безопасность. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1984, [84-10476].
4. Коллиер Д., Хьюит Д. Введение в ядерную энергетику: пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1989
5. Кесслер. Ядерная энергетика. М.: Энергоатомиздат, 1986.
6. Синев Н.М., Батуров Б.Б. Экономика атомной энергетики: Основы технологии и экономики ядерного топлива. Учеб. пособие для вузов. – 2изд. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
7. Владимиров В.И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. 303 с.

### **Дополнительная литература:**

1. Бадяев В.В., Егоров Ю.А. Казаков С.В. Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС, Энергоатомиздат, 1991.
2. Кузнецов В.А. Судовые ядерные реакторы. – Л.: Судостроение. 1988.
3. Галанин А.Д. Введение в теорию ядерных реакторов на тепловых нейтронах. М.: ЭА. 1984.
4. Усынин Г.Б., Кусмарцев Е.В. Реакторы на быстрых нейтронах. М.: Энергоатомиздат . 1985.
5. Экспериментальные методы нейтронных исследований /Е.А.Крамер-Агеев, В.Н.Лавренчик, В.Т.Самосадный, В.П.Протасов. – М. Энергоатомиздат. 1990.
6. Абрамов Ф.И., Казанский Ю.А., Матусевич В.С. Основы экспериментальных методов ядерной физики. М.: Энергоатомиздат, 1985.

7. Экспериментальные методы нейтронных исследований: Учеб. пособие для вузов/ Крамер–Агеев Е.А., Лавренчик В.Н., Самосадный В.Т. Протасов В.П. – М.: Энергоатомиздат, 1990.

8. Казанский Ю.А., Матусевич Е.С. Экспериментальные методы физики реакторов: Учеб. пособие для вузов – М.: Энергоатомиздат, 1990.

9. Биологическая защита транспортных реакторных установок / Под ред. Д.Л.Бродера. М.: Атомиздат, 1961.

#### **Учебно–методические пособия, указания и т.д.**

1. Евстигнеев В.В., Бойко В.И., Кошелев Ф.П. и др. Жителям Алтайского края о ядерных взрывах и радиации. Барнаул. Изд–во АГТУ. 1994. 104 с.

2. Информационные бюллетени Центра общественной информации по атомной энергетике. Москва. ЦНИИ атоминформ. Периодическое издание.

3. Колпаков Г.Н, Кошелев Ф.П., Шаманин И.В. Нейтронно–физический и теплогидравлический расчет реактора на тепловых нейтронах. Методическое пособие по курсовому проектированию, часть 2. Томск, 1995.

4. Введение в лабораторный практикум на ИРТ ТПУ. Методическое пособие по ядерной и радиационной безопасности. Томск, 1993.

5. Исследовательский ядерный реактор (ИРТ–Т) и его техническая документация. Томск. ТПУ. 1993.

6. Перечень контрольных вопросов для оперативного персонала АЭС. Десногорск. 1982.

7. Альбомы и рекламные проспекты атомной энергетики.

8. Бойко В.И., Кошелев Ф.П. Аргументы и проблемы атомной энергетики. Безопасность, экономика и экология ядерных технологий. Учебное пособие. Томск, 2001.

9. Шаманин И.В., Кошелев Ф.П., Ухов А.А. Торий в ядерных реакторах: физика, технология, безопасность. Учебное пособие. Томск, 2001.

10. Кошелев Ф.п., Шаманин И.В., Алтухов Д.Е. Расчёт нестационарных и переходных нейтронно-физических процессов в реакторе на тепловых нейтронах. Учебное пособие. Томск, ТПУ, 1998.

11. Бойко В.И., Кошелев Ф.П., Шаманин И.В., Колпаков Г.Н. Нейтронно-физический и теплогидравлический расчёт реактора на тепловых нейтронах. Учебное пособие. Томск, ТГУ, 2002.

12. Бойко В.И., Кошелев Ф.П., Селиваникова О.В., Демянюк Д.Г. Ядерные технологии. Проблемы терроризма. Нераспространение ядерных материалов. Учебное пособие. Томск, ТПУ, 2008.

13. Бойко В.И., Кошелев Ф.П. Ядерный топливный цикл. Проблемы, решения. Учебное пособие. Томск, 2004.

14. Бойко В.И., Кошелев Ф.П. Ядерные технологии в различных сферах человеческой деятельности. Учебное пособие. 2-е издание. Изд-во ТПУ, 2008.

15. Бойко В.И., Демянюк Д.Г., Кошелев Ф.П., Мещеряков В.Н., Шаманин И.В., Шидловский В.В. Перспективные ядерные топливные циклы и реакторы нового поколения. ТПУ, Томск, 2005.

Программное обеспечение и *Internet*-ресурсы:

<http://www.iaea.org/>

<http://www.inmm.org/>

<http://irmm.jrc.be/>

<http://www.lib.tpu.ru/>

<http://scholar.google.com/>

<http://world-nuclear.org/>

<http://www.eia.doe.gov>

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Дисциплина имеет материально-техническое обеспечение в виде: компьютерного класса кафедры ТФ ауд. 242 10 уч. корпуса; специализированных расчетных программных комплексов SCALE (4 и 5-я версии) и MCU; приборного обеспечения реакторной площадки УНЦ “Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т”, включая оборудование лаборатории № 16 кафедры технической физики.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 14.03.02 Ядерные физика и технологии.

Программа одобрена на заседании кафедры Технической физики ФТИ (протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_\_» июня 2014 г.).

Автор(ы) \_\_\_\_\_ И.В.Шаманин

Рецензент(ы) \_\_\_\_\_ А.П. Вергун