

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1144101	Дополнительные главы ядерно-физических технологий

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Ядерные физика и технологии	<b>Код ОП</b> 1. 14.03.02/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Ядерные физика и технологии	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 14.03.02

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Байтимиров Дамир Рафисович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	Физики высокоэнергетических процессов
2	Жиганов Александр Николаевич	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	технической физики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Дополнительные главы ядерно-физических технологий**

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль изучается в течение 8 семестра, включает следующие дисциплины: «Динамика и безопасность реакторных установок», «Теория переноса нейтронов» и «Физика взрыва». Модуль посвящен изучению студентами основ регулирования и динамики ядерных реакторов, систем управления и защиты реакторных установок, изучению методов безопасного управления ядерными реакторами и основ радиационной и ядерной безопасности ядерных энергетических установок, для чего в модуль введены и рассмотрены уравнения газовой динамики, уравнения состояния, описывающие распространение и взаимодействие с веществом ударных волн, понятия детонация, кумуляция, рассмотрены свойства и характеристики взрывчатых веществ, технологии изготовления зарядов.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Теория переноса нейтронов	3
2	Динамика и безопасность реакторных установок	3
3	Физика взрыва	3
ИТОГО по модулю:		9

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	1. Физико-математические основы ядерных технологий
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	Не предусмотрены

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3

Динамика и безопасность реакторных установок	ПК-1 - Способен обеспечить контроль ядерной, радиационной, технической, пожарной безопасности и охраны труда в процессе эксплуатации атомной станции	<p>З-3 - Описать физические методы и типы детекторов для регистрации ионизирующих излучений</p> <p>У-1 - Определять различные виды физических, в том числе ионизирующих, излучений для получения информационных сигналов о свойствах исследуемых материалов и объектов</p> <p>П-2 - Осуществлять управление технологическими процессами, участвовать в работах по их освоению и модернизации</p>
	ПК-2 - Способен использовать методики измерений и обработки данных, связанных с контролем обеспечения ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности	<p>З-3 - Сформулировать нормы и правила ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности</p> <p>З-5 - Сформулировать правила по охране труда</p> <p>У-1 - Определять методики измерений, связанных с контролем обеспечения ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности при перегрузке, хранении и транспортировке свежего и отработавшего ядерного топлива</p> <p>У-2 - Использовать методики обработки данных измерений, связанных с контролем обеспечения ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности</p> <p>П-2 - Проводить контроль ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности при хранении, перегрузке, транспортировке и перемещении ядерного топлива</p> <p>П-3 - Обеспечивать проведение работ с соблюдением требований, норм, правил эксплуатационной и ремонтной документации по обеспечению ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности, охраны труда и трудовой дисциплины</p>
	ПК-3 - Способен выполнять прикладные научные исследования в атомной отрасли по повышению эффективности и безопасности объектов	<p>З-1 - Перечислить основные законы и фундаментальные явления в области физики атомного ядра и частиц, конденсированного состояния вещества, радиоэкологии</p> <p>У-1 - Моделировать и прогнозировать физико-химические процессы ядерно-</p>

	использования атомной энергии	<p>топливного цикла в рамках научно-исследовательской и проектной деятельности</p> <p>У-3 - Использовать основные приемы обработки экспериментальных данных</p> <p>У-4 - Осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме</p> <p>П-1 - Планировать и организовать работу коллектива исполнителей по тестированию, обслуживанию и ремонту технологического оборудования, физико-технических установок и современных электронных устройств с обеспечением необходимыми материалами и инструментом и соблюдением требований безопасности</p> <p>П-2 - Понимать физико-химические основы технологических процессов, проводить экспериментальные и теоретические научные исследования, в т.ч. методами математического анализа и моделирования</p>
	ПК-8 - Способен разрабатывать профилактические мероприятия по снижению радиационного воздействия на персонал АЭС	<p>З-2 - Описать физические процессы взаимодействия ионизирующих излучений (ИИ) с веществом, приводящие к генерации рассеянного или вторичного ионизирующего излучения</p> <p>У-3 - Проектировать радиационную защиту от источников ионизирующих излучений</p> <p>У-4 - Анализировать возможность применения, определять подходящий метод ядерно-физического анализа свойств с использованием ионизирующего излучения области и возможности их применения физических явлений, методы и физические установки</p> <p>П-3 - Регистрировать ионизирующие излучения инструментальными и программными средствами моделирования и обработки результатов измерений, определять погрешности метода</p>
Теория переноса нейтронов	ПК-5 - Способен организовать и провести работы, связанные с учетом ядерных материалов и	З-2 - Привести примеры методов теоретических оценок, расчетов и проектирования в области ядерной физики и ядерных технологий, основного технологического оборудования ядерно-

	<p>обеспечением ядерной безопасности при хранении, использовании и транспортировке ядерного топлива на атомных станциях</p>	<p>физического комплекса и принципов его работы</p> <p>П-4 - Иметь опыт работы с ионизирующими излучениями различного типа для анализа свойств веществ и объектов, ядерно-физические константы для решения прикладных задач на этапе расчёта выхода вторичного (и рассеянного) излучения от исследуемого объекта, выбирать тип ионизирующего излучения для решения конкретных задач анализа свойств материалов и объектов</p>
	<p>ПК-6 - Способен эксплуатировать и обслуживать оборудование и трубопроводы, основных фондов реакторного отделения атомных электростанций</p>	<p>З-2 - Перечислить основные понятия, связанные с нейтронной физикой и теорией ядерных реакторов, главные особенности поведения реакторов различных конструкций</p> <p>У-1 - Проводить расчеты гомогенных реакторов простых геометрий</p> <p>П-1 - Демонстрировать владение базовыми моделями процессов и явлений, связанных с эксплуатацией ядерных энергетических установок</p>
Физика взрыва	<p>ПК-3 - Способен выполнять прикладные научные исследования в атомной отрасли по повышению эффективности и безопасности объектов использования атомной энергии</p>	<p>З-2 - Перечислить экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в области физики атомного ядра и частиц, конденсированного состояния вещества, радиоэкологии</p> <p>У-4 - Осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме</p> <p>П-2 - Понимать физико-химические основы технологических процессов, проводить экспериментальные и теоретические научные исследования, в т.ч. методами математического анализа и моделирования</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теория переноса нейтронов**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Токманцев Валерий Иванович	доктор технических наук, доцент	Заведующий кафедрой	технической физики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Токманцев Валерий Иванович, Заведующий кафедрой, технической физики

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Кинетическое уравнение Больцмана	Кинетическое уравнение Больцмана для замедляющихся нейтронов. Эволюция группы нейтронов.
P2	Диффузионное приближение	Уравнение переноса нейтронов в P1 – приближении. Граничные условия. Диффузионное приближение, группы.
P3	Теория сопряженных уравнений	Ценность нейтронов. Сопряженное уравнение ядерного реактора в диффузионном приближении. Стационарная ЦР. Физический смысл сопряженного уравнения как баланса ценности нейтронов.
P4	Критический размер	Задачи на критический размер. Формулы усреднения для групповых констант. Спектр Ферми как нулевое приближение для вычисления групповых констант.
P5	Многогрупповая система уравнений	Одногрупповое уравнение. Метод последовательных приближений. Условие нормировки потока. Порядок решения уравнений для нахождения потоков и ценностей. Эффективное одногрупповое уравнение для



		активной зоны и отражателя.
--	--	-----------------------------

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-5 - Способен организовать и провести работы, связанные с учетом ядерных материалов и обеспечением ядерной безопасности при хранении, использовании и транспортировке ядерного топлива на атомных станциях	З-2 - Привести примеры методов теоретических оценок, расчетов и проектирования в области ядерной физики и ядерных технологий, основного технологического оборудования ядерно-физического комплекса и принципов его работы

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория переноса нейтронов

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Ахмедзянов, В. Р.; Обращение с радиоактивными отходами : учебное пособие.; Энергия, Москва; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=58368> (Электронное издание)
2. , Гуревич, В. Е., Радченко, Р. В., Щеклеин, С. Е.; Методические указания к лабораторным работам по курсам "Ядерная физика" и "Теория переноса нейтронов" для студентов очного обучения специальности 1010 - Атомные электрические станции; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2002; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1325> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. , Калинин, Б. А.; Ядерные топливные материалы : в 7 томах.; НИЯУ МИФИ, Москва; 2012 (20 экз.)
2. Титов, Г. П., Велькин, В. И.; Основы ядерной энергетики : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2007 (5 экз.)
3. Дементьев, Б. А.; Ядерные энергетические реакторы : Учебник для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1984 (26 экз.)
4. Климов, А. Н.; Ядерная физика и ядерные реакторы : Учеб. для инж.-физ. спец. вузов.;

Энергоатомиздат, Москва; 1985 (22 экз.)

5. ; Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1989 (70 экз.)

## **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. <http://window.edu.ru/library> Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию.
2. <http://www.fcpro.ru/> Федеральная целевая программа развития образования на 2006–2010 годы.
3. <http://www.bibliorossica.com>. Тестовый доступ к ресурсам библиотеки «БиблиоРоссика» от американского издательства Academic Studies Press (Бостон, США).
4. <http://lib2.urfu.ru/rus/news/> Зональная научная библиотека УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.
5. <http://www.informika.ru/projects/infotech/window/> Федеральный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
6. <http://16-2-07.edusite.ru/p33aa1.html> Образовательные ресурсы сети Интернет
7. <http://elementy.ru/law/vuz.htm> Научно-популярный проект «Элементы»
8. <http://atomicexpert.com> Журнал «Атомный эксперт», электронный ресурс

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Теория переноса нейтронов**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		Периферийное устройство	
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Персональные компьютеры по количеству обучающихся  Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM  Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Динамика и безопасность реакторных**  
**установок**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Жиганов Александр Николаевич	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	технической физики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Жиганов Александр Николаевич, Доцент, технической физики**

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Физические основы регулирования реактора.	Роль энергетики в жизни общества. Мировые запасы различных видов топлива, их экологическая безопасность и перспективы развития ядерной энергетики. Нестационарное состояние (кинетика) реактора. Запаздывающие нейтроны. Образование запаздывающих нейтронов. Основные характеристики запаздывающих нейтронов, образующие при делении $^{235}\text{U}$ , $^{239}\text{Pu}$ , $^{233}\text{U}$ . Среднее время жизни ядер-предшественников запаздывающих нейтронов. Выход запаздывающих нейтронов при делении на тепловых и быстрых нейтронах. Фотонейтроны. Эффективная доля запаздывающих нейтронов. Основные уравнения кинетики реактора. Уравнения кинетики точечного реактора. Уравнения кинетики реактора в диффузионном приближении. Уравнение Больцмана для описания кинетики реактора. Решение уравнений кинетики для скачка реактивности. Зависимость реактивности от периода реактора и свойства

		<p>кинетических коэффициентов. Схема измерения периода реактора. Формула обратных часов. Зависимость периода реактора от реактивности. Единицы реактивности. Решение уравнений кинетики с учетом одной группы запаздывающих нейтронов. Управление реактором при повышении и понижении мощности путем скачкообразного введения реактивности. Калибровка органов регулирования методом сброса стержня и методом разгона реактора. Зависимость эффективности стержня от глубины погружения. Дифференциальная эффективность стержня. Интегральная эффективность стержня. Асимметрия эффективности стержня. Применение укороченных стержней. Кинетика реактора при линейном от времени изменении реактивности. Зависимость потока от времени при линейном изменении реактивности. Влияние скорости линейного увеличения реактивности. О балансе реактивности. Интерференция стержней. Коэффициент интерференции органов регулирования. Эффекты реактивности при изменении технологических параметров реактора. Температурные эффекты реактивности. Влияние температуры на баланс нейтронов в реакторе. Температурный эффект реактивности по температуре теплоносителя. Мощностной эффект реактивности. Другие эффекты реактивности. Коэффициенты реактивности. Коэффициент реактивности по температуре топлива. Эффект Доплера при резонансном поглощении нейтронов. Коэффициент реактивности по плотности теплоносителя. Коэффициент реактивности по плотности теплоносителя для корпусных реакторов. Коэффициент реактивности по плотности теплоносителя для канальных реакторов. Соотношение между объемами замедлителя и теплоносителя в реакторах РБМК и Чернобыльская авария. Пустотный коэффициент реактивности в реакторах на быстрых нейтронах. Коэффициент реактивности по температуре теплоносителя. Коэффициент реактивности по температуре замедлителя. Влияние утечки нейтронов на</p>
--	--	---

		<p>реактивность. Барометрический коэффициент реактивности.</p> <p>Гидродинамический эффект реактивности.</p>
<b>Р2</b>	<p>Структура систем управления и защиты ядерных реакторов</p>	<p>Основные факторы, определяющие структуру СУЗ.</p> <p>Пуск реактора. Вывод реактора на мощность. Работа на номинальной мощности. Остановка реактора. Контроль и поддержание подкритического состояния. Измерительные каналы СУЗ. Размещение детекторов интегральной мощности. Структурная схема системы управления и защиты реактора. Пусковые каналы. Импульсный канал. Токосый канал измерения мощности и периода реактора. Широкодиапазонный канал измерений и контроля мощности. Каналы контроля и регулирования реактора на энергетических уровнях мощности. Общая схема автоматического регулирования мощности. Схема локальных автоматических регуляторов. Система компенсации реактивности. Система аварийной защиты ядерного реактора. Материалы регулирующих стержней и их конструктивное исполнение. Формы регулирующих стержней. Влияние органов СУЗ на распределение потока нейтронов. Жидкостные системы регулирования. Выгорающие добавки и их роль в управлении.</p>
<b>Р3</b>	<p>Работа ЯЭУ на ненормальных уровнях мощности.</p>	<p>Режимы работы ЯЭУ. Режимы нормальной эксплуатации и аварийные, стационарные и нестационарные режимы, базисный режим и переменный, номинальный и ненормальные режимы работы.</p> <p>Статические программы регулирования ЯЭУ. Программы с постоянной средней температурой в первом контуре, с постоянным давлением пара во втором контуре, компромиссные программы. Реализация программ регулирования ЯЭУ. Режимы пуска и нормальной эксплуатации ЯЭУ. Управление реактором в режиме пуска. Параметры подкритического состояния.</p> <p>Потенциальная опасность пускового режима.</p> <p>Естественные и искусственные источники нейтронов в подкритическом реакторе. Оценка периода</p>

		<p>подкритического реактора. Физический пуск.</p> <p>Определение критической загрузки реактора. Применение ЭВМ для управления ядерными установками и оперативной обработки информации о состоянии реактора при повторных пусках.</p>
<b>P4</b>	<p>Источники излучений на АЭС</p>	<p>Основной технологический контур АЭС как источник гамма-излучения. Причины активации теплоносителя, переноса и отложений активности в контуре. Влияние переходных режимов на массообмен. Основные радионуклиды, образующиеся из продуктов коррозии. Поступление в теплоноситель и перенос осколков деления. Другие источники излучения. Источники излучений в воздухе рабочих помещений АЭС. Поверхностное загрязнение как источник излучения.</p>
<b>P5</b>	<p>Ядерная безопасность реакторной установки.</p>	<p>Концепция внутренней безопасности. Принцип защиты в глубину как последовательность уровней безопасности. Реализация принципа защиты в глубину в концепции безопасности АЭС. Принцип единичного отказа. Активный и пассивный принципы действия систем безопасности. Канальная структура систем безопасности. Барьеры безопасности. Первый барьер безопасности. Удержание продуктов деления в диоксиде урана и под оболочкой. Проектные пределы для обеспечения эффективной работы первого барьера безопасности. Второй и третий барьеры безопасности. Аварийные процессы в реакторе. Остаточное энерговыделение в реакторе. Исходные события аварийных процессов при авариях с изменением реактивности, с потерей теплоносителя, с нарушением теплоотвода от реактора или активной зоны. Максимальная проектная авария. Запроектная авария. Результаты экспериментальных исследований аварий с потерей теплоносителя. Инженерные вопросы безопасности реакторов. Аварийные процессы в защитной</p>



		<p>оболочке. Воздействия на защитную оболочку в ходе тяжелой аварии. Разгерметизация защитной оболочки. Байпасирование защитной оболочки. Оценка выброса из защитной оболочки. Новые подходы к локализуемым системам. Основные понятия теории надежности и их приложение к ядерным установкам. Вероятностный анализ безопасности. Анализ крупных аварий на атомных станциях.</p>
--	--	--

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-1 - Способен обеспечить контроль ядерной, радиационной, технической, пожарной безопасности и охраны труда в процессе эксплуатации атомной станции	З-3 - Описать физические методы и типы детекторов для регистрации ионизирующих излучений

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Динамика и безопасность реакторных установок

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Широков, С. В.; Физика ядерных реакторов : учебное пособие.; Вышэйшая школа, Минск; 2011; <http://www.iprbookshop.ru/20292.html> (Электронное издание)
2. Мархоцкий, Я. Л.; Основы радиационной безопасности населения : учебное пособие.; Вышэйшая школа, Минск; 2011; <http://www.iprbookshop.ru/20110.html> (Электронное издание)
3. Ахмедзянов, В. Р.; Обращение с радиоактивными отходами : учебное пособие.; Энергия, Москва; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=58368> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Ташлыков, О. Л., Щеклеин, С. Е.; Ч. 2 : учебное пособие : в 2 ч.; УрФУ, Екатеринбург; 2013 (7 экз.)
2. Машкович, В. П.; Основы радиационной безопасности : Учеб. пособие.; Энергоатомиздат, Москва;

1990 (30 экз.)

3. Скачек, М. А.; Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Атом. электр. станции и установки" направления подгот. "Техн. физика".; МЭИ, Москва; 2007 (12 экз.)
4. ; Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1989 (70 экз.)
5. Дементьев, Б. А.; Кинетика и регулирование ядерных реакторов : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1986 (13 экз.)
6. Климов, А. Н.; Ядерная физика и ядерные реакторы : Учеб. для инж.-физ. спец. вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (22 экз.)
7. Усынин, Г. Б., Митенков, Ф. М.; Реакторы на быстрых нейтронах : Учеб. пособие для инж.-физ. и энерг. спец. вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (17 экз.)
8. Абрамов, А. И., Казанский, Ю. А., Матусевич, Е. С.; Основы экспериментальных методов ядерной физики : Учеб. пособие для вузов.; Атомиздат, Москва; 1977 (14 экз.)
9. Хрусталева, В. А.; Режимы работы АЭС с ВВЭР : Учеб. пособие для студентов спец. 100500.; Б. и., Саратов; 2000 (1 экз.)
10. Колтик, И. И., Сараев, О. М., Щеклеин, С. Е.; Атомные электростанции и радиационная безопасность; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2001 (7 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. <http://www.bibliorossica.com>. Тестовый доступ к ресурсам библиотеки «БиблиоРоссика» от американского издательства Academic Studies Press (Бостон, США).
2. <http://lib2.urfu.ru/rus/news/> Зональная научная библиотека УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.
3. <http://study.urfu.ru/view/>
4. <http://www.edu.ru/> - Федеральный образовательный портал
5. <http://eop-np.ru/> - Электронные образовательные Интернет-ресурсы нового поколения
6. <http://www.rubricon.com/> - Портал РУБРИКОН
7. <http://rusnauka.narod.ru/> Российская наука в Интернет
8. <http://www.rvb.ru/> - Русская виртуальная библиотека

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Динамика и безопасность реакторных установок

#### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физика взрыва**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Байтимиров Дамир Рафисович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Физики высокоэнергетиче- ских процессов

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Байтмиров Дамир Рафисович, Доцент, Физики высокоэнергетических процессов

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Элементы газовой динамики	Уравнения газовой динамики. Характеристики уравнений газовой динамики. Простые волны. Автомодельность. Элементарная теория ударных волн. Примеры взаимодействия волн. Распады разрывов. Скорость звука.
P2	Уравнение состояния	Краткий обзор. Квазигармоническая модель твердого тела. Учет плавления и испарения. Табличные и аппроксимационные уравнения состояния. Экспериментальные ударные адиабаты различных веществ и методы их нахождения. О температуре ударного сжатия. Уравнение состояния ВКВ.
P3	Динамическая прочность	Влияние прочности на ударное сжатие и разгрузку. Динамическое деформирование материалов. Разрушение материалов при импульсном нагружении. Откольная прочность. Взаимодействие волн при отколе. Типы отколов. Методы измерения откольной прочности.

<b>P4</b>	Ударное сжатие пористого вещества	Вид ударных адиабат пористых тел. Ударное сжатие пористых тел в области малых давлений. Модели пористого тела. Волны расширения в пористых телах.
<b>P5</b>	Кумуляция	Разновидности кумуляции. Прямое отражение УВ от преград. Косое столкновение волн. Маховские волны. Столкновение детонационных волн. Кумулятивные струи. Сходящиеся сферические ударные волны. Фокусировка упругого предвестника. Фокусировка УВ с фазовым переходом. Фокусировка УВ в теплопроводном газе. Сходящаяся сферическая детонационная волна. Схлопывание полости. Пузырек в сжимаемой жидкости. Неустойчивость схлопывания пузырьков. Кумуляция в слоеных системах. Примеры прекращения неограниченной кумуляции. Неустойчивость контактных границ. Безударное сжатие шара. Сжатие мишеней термоядерного синтеза.
<b>P6</b>	Высокоскоростной удар	Соударение частицы с преградой. Сквозное пробивание стеклотекстолита. Соударение длинных стержней с полубесконечной преградой. Взаимодействие с преградой потока частиц. Детонационное напыление. Сверхглубокое проникание порошковой струи. Соединение пластин при их косом столкновении (сварка взрывом).
<b>P7</b>	Фазовые превращения в ударных волнах	Полиморфизм. Термодинамика и кинетика. Особенности полиморфных превращений в ударных волнах. Примеры полиморфизма при ударном сжатии. Железо. Олово. Углерод.
<b>P8</b>	Детонация	Гидродинамическая теория детонации (модель ЗНД). Модифицированные модели ЗНД. Вычисление параметров детонации. Измерение параметров детонации. «Внешние» методы измерений. «Внутренние» методы измерений. Исследование структуры зоны химической реакции при детонации твёрдых ВВ. Измерение температуры ПД.
<b>P9</b>	Взрывчатые вещества	История создания ВВ. Общая характеристика и классификация ВВ. Промышленные взрывчатые вещества. Мощные бризантные ВВ и составы. Технологии изготовления заряда. Влияние технологии литья на свойства заряда. Детонационная способность ВВ. Критический диаметр заряда. Зависимость

		скорости детонации от диаметра заряда. Детонация с «внутренней» разгрузкой. Зависимость скорости детонации от плотности заряда
--	--	--

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-3 - Способен выполнять прикладные научные исследования в атомной отрасли по повышению эффективности и безопасности объектов использования атомной энергии	З-2 - Перечислить экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в области физики атомного ядра и частиц, конденсированного состояния вещества, радиоэкологии

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Физика взрыва

#### Электронные ресурсы (издания)

- Орленко, Л. П.; Физика взрыва и удара : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69275> (Электронное издание)
- Глушак, Б. Л.; Начала физики взрыва : учебное издание.; Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, Саров; 2011; <http://www.iprbookshop.ru/60856.html> (Электронное издание)
- , Титов, В. М.; Физика горения и взрыва : журнал.; СО РАН, Новосибирск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=130777> (Электронное издание)

#### Печатные издания

- Глушак, Б. Л., Глушак, Е. П., Тюпанова, О. А.; Физика взрыва : сб. задач и упражнений с решениями.; РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров; 2008 (1 экз.)
- Катин, В. Д.; Теория горения и взрыва. Курс лекций : учеб. пособие для студентов специальности 330100 "Безопасность жизнедеятельности в техносфере" вузов региона : [в 2 ч.]. Ч. 1. ; Издательство ДВГУПС, Хабаровск; 2003 (10 экз.)
- Катин, В. Д.; Теория горения и взрыва. Курс лекций : учеб. пособие для студентов специальности 330100 "Безопасность жизнедеятельности в техносфере" вузов региона : [в 2 ч.]. Ч. 2. ; Издательство



ДВГУПС, Хабаровск; 2003 (10 экз.)

4. Корольченко, А. Я.; Процессы горения и взрыва; Пожнаука, Москва; 2007 (10 экз.)

5. Катин, В. Д.; Теория горения и взрыва. Курс лекций : учеб. пособие для студентов специальности 330100 "Безопасность жизнедеятельности в техносфере" вузов региона : [в 2 ч.]. Ч. 1. ; Издательство ДВГУПС, Хабаровск; 2003 (10 экз.)

6. Катин, В. Д.; Теория горения и взрыва. Курс лекций : учеб. пособие для студентов специальности 330100 "Безопасность жизнедеятельности в техносфере" вузов региона : [в 2 ч.]. Ч. 2. ; Издательство ДВГУПС, Хабаровск; 2003 (10 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Информационная база данных по биомедицинской инженерии: <http://www.physionet.org>
2. Информационный портал Российского атомного сообщества: <http://www.atomic-energy.ru>
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека: <http://www.gpntb.ru>
4. Федеральный портал «Российское образование»: <http://www.edu.ru>
5. Библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>

### **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Физика взрыва**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Персональные компьютеры по количеству обучающихся  Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM  Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES