

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

Институт Физико-технологический  
Кафедра Технической физики

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

С.Т. Князев

2018 г.



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК

Рекомендована Учебно-методическим советом Физико-технологического института  
для направлений подготовки и специальностей:

Код ОП	Направление/ Специальность	Направленность (профиль) программы магистратуры/ специализации	Номер учебного плана	Код дисциплины по учебному плану
14.05.01/02.01	Ядерные реакторы и материалы	Ядерные реакторы и материалы	5242	Б1.48

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Токманцев В.И.	д.т.н	Зав. кафедрой	Технической физики	

Рабочая программа одобрена на заседании кафедр (учебно-методических советов):


№	Наименование кафедры (УМС)	Дата заседания	Номер протокола	ФИО зав. кафедрой (предс. УМС)	Подпись
1	Технической физики	26.04.2018	5	Токманцев В.И.	
2	Технической физики	26.04.2018	5	Токманцев В.И.	

Согласовано:

Начальник отдела проектирования образовательных программ и организации учебного процесса

 Р.Х. Токарева

Председатель учебно-методического совета  
Физико-технологического института

 В.В.Зверев

11.05.2018, протокол № 9



# 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

## Инженерные расчеты и проектирование ядерных установок

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования

Код направления/ специальности	Название направления/ специальности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
14.05.01	Ядерные реакторы и материалы	03.09.2015	956

### 1.1. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций:

#### **ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК) В СООТВЕТСТВИИ С ФГОС ВО:**

##### **научно-исследовательская деятельность:**

способность оценить перспективы развития ядерной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах (ПК-5);

способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения (ПК-7);

способность анализировать и оценивать эффективность систем учета, контроля ядерных материалов и безопасности ядерных установок (ПК-8).

##### **проектная деятельность:**

способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок (ПК-9);

готовность к проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов (ПК-13);

способность к подготовке исходных данных для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа (ПК-14);

способность провести расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок, современных систем учета и контроля ядерных материалов, методов обеспечения их защищенности (ПК-15);

готовность применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, учета неопределенностей при проектировании ядерных установок и систем учета, контроля (ПК-16).

##### **экспертная деятельность:**

способность к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам (ПК-19).

##### **производственно-технологическая деятельность:**

готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем (ПК-22);



готовность разрабатывать способы применения ядерных установок, нейтронных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических и технологических проблем (ПК-26);

способность разрабатывать и применять информационные технологии для обеспечения безопасности ядерных установок и материалов (ПК-31).

**профессионально-специализированные компетенции (ПСК):**

способность проводить анализ данных о свойствах ядер для определения нейтронно-физических свойств материалов и их радиоактивности (ПСК-1.1);

способность использовать и формировать современные библиотеки ядерных констант, теплофизических данных (ПСК-1.2);

способность использовать современные методы информационных технологий для обеспечения надежности и безопасности ядерных установок (ПСК-1.3);

способность использовать современные численные методы и профессиональные расчетные пакеты прикладных программ (ПСК-1.4);

способность к выполнению работ по стандартизации и подготовке к сертификации компьютерных программных комплексов в области нейтронно-физического и теплогидравлического расчета ЯЭУ (ПСК-1.5);

способность рассчитывать основные характеристики ядерных реакторов и энергетических установок (ПСК-1.6);

способность проводить нейтронно-физический и теплогидравлический расчет ядерных установок (ПСК-1.7);

способность применять современные экспериментальные методы измерений и обработки данных по ядерно-физическим и теплофизическим свойствам материалов; нейтронно-физических и теплогидравлических параметров ядерной установки (ПСК-1.8);

способность выбирать критерии безопасной работы ядерной установки и оценивать риски при эксплуатации (ПСК-1.9);

готовность к оценке ядерной и радиационной безопасности при проектировании ЯЭУ, а также средств и методов обеспечения безопасности ЯЭУ (ПСК-1.10);

способность проводить критический анализ работы существующих ядерных установок и использовать его при проектировании перспективного оборудования (ПСК-1.11);

готовность использовать современные средства автоматического регулирования, управления и защиты ядерных установок (ПСК-1.12);

готовность проводить модернизацию существующих установок, разрабатывать и проектировать перспективные физико-энергетические установки (ПСК-1.13);

способность совершенствовать методы физического и математического моделирования ядерно-физических установок (ПСК-1.14);

готовность разрабатывать методы применения импульсных и других источников нейтронного излучения, а также методы регистрации нейтронов (ПСК-1.16).

**дополнительные компетенции, согласованные с работодателями (ДОК, ДОПК, ДПК, ДППК):**

умение проектировать и оптимизировать технологические процессы и оборудование (ДПК4);

владение основами конструирования (ДПК6);

способность планирования безаварийного проведения экспериментальных исследований вновь вводимых технологических регламентов и технических условий эксплуатации оборудования (ДПК7);

способность ориентироваться в нестандартных и аварийных ситуациях (ДПК8);

способность оценки пределов допустимых отклонений в регламентах технологических процессов и надежности состояния оборудования (ДПК10);

умение управлять технологическими процессами (ДПК12).



## 1.2. Содержание результатов обучения

В результате освоения дисциплины студент должен:

**Знать:** методы проектирования активных зон и реакторного оборудования; эффекты реактивности, выгорания и воспроизводства ядерного топлива, топливные циклы и перегрузки топлива; средства и методы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок; источники ионизирующих излучений в ядерных энергетических установках, закономерности ослабления ионизирующих излучений в веществе; циклы паротурбинных и газотурбинных установок, энергетический баланс ядерно-энергетических установок, основные положения теории тепломассобмена, законы переноса тепла и массы в твердых телах, жидкостях и газах, коэффициент полезного действия; теплогидравлические процессы в ядерных реакторах и энергетических установках, особенности реакторов различных типов; системы и методы теоретических оценок, расчетов и проектирования в области ядерной физики и ядерных технологий, основного технологического оборудования ядерно-физического комплекса и принципов его работы.

**Уметь:** проводить тепловые расчеты активной зоны ядерных установок и реакторного оборудования, проводить гидродинамические и тепловые расчеты, выбирать критерии безопасной работы ядерной установки; уметь использовать современные расчетные пакеты; оценивать риски при эксплуатации ядерно-физических и энергетических установок.

**Владеть:** методами использования закономерностей проявления физических эффектов для их технической реализации; методами расчетов и проектирования в области ядерной физики и ядерных технологий, установок ядерно-физического комплекса; умением рассчитывать и измерять основные физические характеристики ядерных реакторов, включая критическую массу, температурные коэффициенты и эффекты реактивности, нуклидный состав топлива, температуры и напряжения в ТВЭлах; техникой и экспериментальными методами определения параметров реакторов различного назначения.

## 1.3. Место дисциплины-модуля в модульной структуре образовательной программы

1. Пререквизиты	Общая физика; Термодинамика; Теплофизика; Общая физика; Термодинамика; Теплофизика; Нейтронная физика; Гидродинамика.
2. Кореквизиты	Физическая теория реакторов; Теория тепломассопереноса; Динамика ядерных реакторов, критерии безопасности и оценка рисков.
3. Постреквизиты	Молекулярная физика.

## 1.4. Объем (трудоемкость) дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы, формы контроля	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)	
		Всего, час.	В т.ч. контактная работа (час.)*	9	10
1.	Аудиторные занятия, час.	136	136	102	34
2.	Лекции, час.	102	102	102	-
3.	Практические занятия, час.	34	34	-	34
4.	Лабораторные работы, час.	-	-	-	-
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды	202	20,4	168	34

	текущей аттестации, час.				
6.	Вид промежуточной аттестации	22	2,58	Экзамен, 18	Зачет, 4
7.	Общая трудоемкость по учебному плану, час.	360	158,98	288	72
8.	Общая трудоемкость по учебному плану, з.е.	10	-	8	2

### 1.5. Краткое описание (аннотация) дисциплины

Содержание дисциплины направлено на изучение основ инженерных расчетов и проектирования ядерных энергетических установок (ЯЭУ), ознакомление с основными методами расчета, физическими принципами расчета, примерами расчета и примерами проектирования современных конструкций ядерных энергетических установок. Изучение дисциплин модуля позволит студентам овладеть необходимыми знаниями и умениями для успешного использования методов решения задач проектирования ядерных энергетических установок.

В ходе изучения дисциплины обучающиеся знакомятся с основами расчета и проектирования ЯЭУ, конкретными примерами расчетов современных ЯЭУ, их особенностями и применением для задач профессиональной деятельности.

Получение и закрепление знаний и умений проводится на основе лекций с примерами решения задач и с помощью самостоятельного расчета ЯЭУ в ходе курсового проектирования.

Курс дает знания классических (устоявшихся) основ теории и технологий ЯЭУ и знакомит с современными направлениями развития и новейшими достижениями в этой области.

## 2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Цель и задачи дисциплины. Обзор концепций ядерной энергетики. Энергетика процессов деления тяжелых нуклидов ядерных реакторов. Краткая справка по истории возникновения и развития, и современному состоянию ЯЭУ.
P2	Тепловые схемы АЭС	Типы атомных станций. Основное технологическое оборудование. Организация термодинамического цикла. Регенерация. КПД. Выбор теплофизических параметров для получения максимального термического КПД. Коэффициент полезного действия АЭС.
P3	Тепловой расчет ЯЭУ	Функция распределения энерговыделения и потока нейтронов по радиусу активной зоны реактора. Способы выравнивания энерговыделения. Основные факторы, ограничивающие режимные параметры или мощность реактора. Распределение поля температур по сечению ТВЭЛ. Расчет технологического канала с кипением теплоносителя. Расчет коэффициентов теплоотдачи в технологическом канале ядерного реактора. Проверка процессов теплообмена на наличие критических тепловых потоков. Учет теплообмена в топливном блоке за счет излучения. Гидравлика тепловыделяющего канала. Поле температур твердого замедлителя. Тепловыделение в



		корпусе ядерного реактора и в биологической защите.
<b>P4</b>	Поле температур в реакторе и его связь с нейтронно-физическими и гидравлическими процессами	Реактивность. Коэффициенты реактивности. Эффективная температура. Характерные температуры их разности и отношения. Отношения подогрева теплоносителя к температурному напору. Подобие температурных полей. Поле температур в канале реактора, выраженное через параметры подобия. Влияние замены теплоносителя на коэффициент перегрева элементов реактора. Коэффициенты реактивности по температуре теплоносителя, мощности и расходу. Коэффициенты реактивности ядерного реактора. Температурный и мощностной коэффициенты реактивности большого реактора (на примере реактора ВВЭР).
<b>P5</b>	Конструктивные формы и физические особенности ядерных реакторов	Составные части, основные признаки и типы ядерных реакторов. Реакторы для производства делящихся нуклидов и энергетические реакторы. Энергетические реакторы. Однокомпонентный исследовательский реактор БАРС-5. Реактор БН-600. Двухкомпонентный водородной энергетический реактор на тепловых нейтронах (ВВЭР). Реакторы с графитовым замедлителем. Реактор РБМК-1000.

### **3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ (по формам обучения)**

#### **3.1. Распределение для изучаемой дисциплины аудиторной нагрузки и контрольных мероприятий по разделам для очной формы обучения**

Таблица 3.1.

Семестр обучения:		9		Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий		Объем дисциплины (зач.ед.):		8											
Код раздела, темы	Раздел дисциплины	Аудиторная нагрузка (час.)				Всего (час.)	Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)				Всего на подготовку к контрольным мероприятиям (час.)		Подготовка к контрольным мероприятиям (колич.)		Подготовка к аттестационным мероприятиям (час.)				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Инд. или групповой проект*	Перевод инояз. литературы*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Контрольная работа*	Кolloквиум*	Зачет* (при наличии экзамена)	Зачет* (дифференцированный или при отсутствии экзамена)
P1	Введение	30	4	4	26	2	2			24									
P4	Тепловые схемы АЭС	48	20	20	28	16	16	1		12									
P5	Тепловой расчет ЯЭУ	66	28	28	38	26	26	1		12									
P4	Поле температур в реакторе и его связь с нейтронно-физическими и гидравлическими процессами	50	20	20	30	18	18			12	1								
P5	Конструктивные формы и физические особенности ядерных реакторов	76	30	30	46	22	22			24	2								
	<b>Всего (час), без учета промежуточной аттестации:</b>	<b>270</b>	<b>102</b>	<b>102</b>	<b>168</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Всего по дисциплине (час.):</b>	<b>288</b>			<b>186</b>														

\* Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке "Всего (час.):»



Семестр обучения: 10

Объем дисциплины (зач.ед.): 2

Раздел дисциплины		Аудиторная нагрузка (час.)				Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий										Подготовка к аттестационным мероприятиям (час.)								
Код раздела, темы	Наименование раздела, темы	Всего по разделу, теме (час.)	Лекции			Подготовка к аудиторным занятиям (час.)				Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)								Всего на подготовку к контрольным мероприятиям (час.)	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет* (при наличии экзамена)	Зачет* (дифференцированный или при отсутствии экзамена)	Экзамен*	
			Всего	Лекция	Практ., семинар, занятие	Лабораторное занятие	И/и семинар, конференция, коллоквиум	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Инд. или групповой проект*	Перевод инояз. литературы*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Курсовая работа*	Курсовой проект*								
P6	Тепловые схемы АЭС	5	4	4	4	1	1	1																
P7	Тепловой расчет ЯЭУ	43	12	12	12	31	1	1								1								
P4	Поле температур в реакторе и его связь с нейтронно-физическими и гидравлическими процессами	7	6	6	6	1	1	1																
P5	Конструктивные формы и физические особенности ядерных реакторов	13	12	12	12	1	1	1																
Всего (час), без учета промежуточной аттестации:		68	34	34	34	34	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Всего по дисциплине (час.):		72				38													В т.ч. промежуточная аттестация			0	4	0

\* Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке "Всего (час.):»

## 4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 4.1 Лабораторный практикум

Не предусмотрено.

### 4.2 Практические занятия

В дисциплине учебным планом предусматриваются практические занятия для выполнения курсового проекта. Каждому студенту предлагается расчет конкретной ядерно-энергетической установки. Расчетное задание содержит три раздела: тепловой расчет, нейтронно-физический расчет и гидравлический расчет.

На практических занятиях рассматриваются примеры выполнения основных расчетов.

Номер раздела	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия, час.
P2	1	Тепловые схемы АЭС	4
P3	2	Тепловой расчет ЯЭУ	12
P4	3	Поле температур в реакторе и его связь с нейтронно-физическими и гидравлическими процессами	6
P5	4	Конструктивные формы и физические особенности ядерных реакторов	12

Всего: 34

### 4.3 Самостоятельная работа студентов

#### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

1. Конструкционные особенности одноконтурной АЭС.
2. Конструкционные особенности двухконтурной АЭС.
3. Конструкционные особенности трехконтурной АЭС.
4. Основное технологическое оборудование. ГЦН.
5. Паротурбинная установка.
6. Питательный тракт.
7. Конденсатная и деаэрационная установка.
8. ПВД, ПНД.
9. Способы выравнивания энерговыделения.
10. Основные факторы, ограничивающие режимные параметры или мощность реактора.
11. Поле температур элементов ТВЭЛ.

#### 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

1. История атомной промышленности России.
2. Крупнейшие аварии на АЭС.
3. История становления и развития атомной энергетики.



4. Перспективы атомной промышленности.
5. Обзор серийных ЯЭУ.
6. Эффекты реактивности в энергетических реакторах.
7. Изменение нуклидного состава топлива.
8. Особенности гетерогенного реактора.
9. Теория регулирующих стержней.
10. Замедление в водороде.
11. Характеристики замедлителей.
12. Модель непрерывного замедления.
13. Коэффициент размножения. Эффективный коэффициент размножения.
14. Коэффициент размножения на быстрых нейтронах.
15. Коэффициент использования тепловых нейтронов.
16. Температурные эффекты.
17. ВВЭР. Нейтронно-физические особенности.
18. ВВЭР. Конструкционные особенности.
19. ВВЭР. Компенсация реактивности и органы регулирования.
20. ВВЭР. Выгорание и перегрузка топлива.
21. История развития ВВЭР.
22. Водо-водяной кипящий реактор. Нейтронно-физические особенности.
23. Водо-водяной кипящий реактор. Конструкционные особенности.
24. РБМК. Нейтронно-физические особенности.
25. РБМК. Конструкционные особенности.
26. БН. Нейтронно-физические особенности.
27. БН. Конструкционные особенности.

**4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов**

Не предусмотрено.

**4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)**

Не предусмотрено.

**4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ**

Не предусмотрено.

**4.3.7. Примерная тематика курсового проекта (работы) (индивидуального или группового)**

1. Расчет энергоблока мощностью 1000 Мвт на основе водо-водяного реактора.
2. Расчет энергоблока мощностью 600 Мвт на основе реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем.
3. Расчет энергоблока повышенной безопасности мощностью 600 Мвт на основе модернизированного реактора на быстрых нейтронах БН-600М.
4. Расчет энергоблока мощностью 300 Мвт на основе реактора на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем.
5. Расчет энергоблока мощностью 500 Мвт на основе реактора на быстрых нейтронах с газовым теплоносителем.
6. Расчет энергоблока на основе водо-водяного реактора повышенной безопасности ВПБЭР-600.
7. Расчет атомной станции теплоснабжения на основе водо-водяного реактора мощностью 500 Мвт.
8. Расчет энергоблока мощностью 800 Мвт на основе реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем.
9. Расчет АТЭЦ мощностью 150 Мвт на основе водо-водяного реактора повышенной безопасности.
10. Расчет энергоблока мощностью 300 Мвт на основе высокотемпературного канального

- уран-графитового реактора,
11. Расчет энергоблока мощностью 500 Мвт на основе высокотемпературного уран-графитового реактора со свободной засыпкой,
  12. Расчет энергоблока мощностью 500 Мвт на основе жидко-солевого реактора с графитовым замедлителем.
  13. Расчет космического энергоблока мощностью 100 Квт на основе реактора типа ТОПАЗ.
  14. Расчет энергоблока повышенной безопасности мощностью 170 Мвт на основе реактора на быстрых нейтронах БМН-170.
  15. Расчет энергоблока мощностью 1000 Мвт на основе канального уран-графитового реактора с кипящим водным теплоносителем.
  16. Расчет энергоблока мощностью 500 Мвт на основе канального реактора с тяжеловодным замедлителем и кипящим тяжеловодным теплоносителем.

#### 4.3.8. Примерный перечень тем контрольных работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

#### 4.3.10. Перевод иноязычной литературы

Не предусмотрено.

## 5 СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные и интерактивные методы обучения	Формы учебных занятий и виды учебной работы											
		Лекция	Практич., семинар.занятие	Лабораторное занятие	И/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум	Домашняя работа	Графическая работа	Реферат, эссе, творч. работа	Расчетная работа (программный продукт)	Расчетно-графич. работа	Курс.проект (работа)	Контрольная работа	Коллоквиум
P1-P5	Методы активного обучения												
	Проектная работа									*			
	Обучение на основе опыта (кейс-анализ, case-study)		*								*		
	Имитационные технологии (деловые игры и др.)												
	Методы проблемного обучения (дискуссии, поисковые работы, исследовательский метод и т.п.)	*	*			*		*					
Командная работа		*					*						

## 6 ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ В РАМКАХ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ

6.1 Весовой коэффициент значимости модуля (дисциплины) в рамках учебного плана –



к дисц.=1

## 6.2 Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

семестр 9

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – к лек. = 1		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение лекций	9, 1-17 уч.нед.	10
Выполнение домашних работ	9, 3-8 уч.нед.	30
Выполнение рефератов	9, 1-17 уч.нед.	60
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – к тек.лек.= 0,5		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – к пром.лек.=0,5		
2. Практические/семинарские занятия: не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: не предусмотрено		

семестр 10

1. Лекции: не предусмотрено		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – к прак. = 1		
Текущая аттестация на практических занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение занятий	10, 1-17 уч.нед	20
Выполнение этапов курсового проекта	10, 1-17 уч.нед	80
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – к тек.практ.= 0,5		
Промежуточная аттестация по лекциям – зачет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – к пром. практ.=0,5		
3. Лабораторные занятия: не предусмотрено		

## 6.3 Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Поиск и анализ источников	10, 2-3 уч.нед	10
Выполнение теплового расчета	10, 4-6 уч.нед	20
Выполнение нейтронно-физического расчета	10, 7-11 уч.нед	40
Выполнение гидравлического расчета	10, 12-14 уч.нед	20
Оформление курсовой работы	10, 15-16 уч.нед	10
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – к тек.курс.=0,3		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – к пром.курс.=0,7		

## 6.4 Коэффициент значимости семестровых результатов освоения модуля (дисциплины)

Порядковый номер семестра (по учебному плану), в котором осваивается модуль (дисциплина)	Коэффициент значимости результатов освоения модуля в семестре – к сем. n
Семестр 9	к сем. 9 = 1
Семестр 10	к сем. 10 = 1

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ



## 7.1. Рекомендуемая литература

### 7.1.1. Основная литература

1. Митрофанова, О.В. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-энергетических установок [Электронный ресурс] : монография / О.В. Митрофанова. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2010. — 285 с. <URL: <https://e.lanbook.com/book/48282>>.
2. Лебедев, В.А. Ядерные энергетические установки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Лебедев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 192 с. — <URL: <https://e.lanbook.com/book/67466>>.
3. Красников, П.В. Расчеты физических характеристик ядерных реакторов [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.В. Красников, С.В. Столотнюк, Я.Д. Столотнюк. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 95 с. <URL: <https://e.lanbook.com/book/58558>>.
4. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов : Учеб. пособие для вузов / Г.Г. Бартоломей и др. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1989. — 512с. — допущено в качестве учебного пособия. — ISBN 5-283-03804-1 : 1.40. 71 экз

### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Тепловые и атомные электрические станции : Дипломное проектирование : Учеб. пособие для вузов / А.Т. Глюза и др. ; Под ред. А.М. Леонкова, А.Д. Качана. — Минск : Вышэйшая школа, 1991. — 333 с. : ил. ; 21 см. — Библиогр. в конце разд. — допущено в качестве учебного пособия. — ISBN 5-339-00335-3 : 2.90. . 51 экз
1. Солонин, В.И. Ядерные энергетические установки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Солонин. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 88 с. — <URL: <https://e.lanbook.com/book/52206>>.
2. Копосов, Е.Б. Кинетика ядерных реакторов [Электронный ресурс] : методические указания / Е.Б. Копосов. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. — 115 с. — <URL: <https://e.lanbook.com/book/103467>>.
3. Доллежал Н. А., Емельянов И. Я. Канальный ядерный энергетический реактор. — М. : Атомиздат, 1980. — 208 с. : ил. — Библиогр. в конце глав. — Предм. указ.: с. 205—206. — <URL: [http://elib.biblioatom.ru/text/dollezhal\\_kanalnyy-yadernyy-reaktor\\_1980/go,2/](http://elib.biblioatom.ru/text/dollezhal_kanalnyy-yadernyy-reaktor_1980/go,2/)>.

### 7.1.3. Методические разработки

2. Теплофизика ядерных энергетических установок: учебное пособие / Зыков П.Г., Алексеенко Н.Н. Екатеринбург: УРФУ, 2010. 141с
3. Методическое руководство к расчету реакторов на быстрых нейтронах к курсовому проекту по Спец курсу №4, Сост. Зыков П. Г., УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2001, 41 стр.
4. Методическое руководство к расчету реакторов на тепловых нейтронах к курсовому проекту по Спец курсу №4, Сост. Зыков П. Г., УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 1998, 55 стр.

## 7.2. Программное обеспечение

1. MathCAD (v. 12 и выше);
2. Microsoft Office Excel (v. 2007 и выше);
3. Microsoft Office Word (v. 2007 и выше);
4. Microsoft Office Power Point (v. 2007 и выше).

## 7.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», информационно-справочные и поисковые системы

1. Государственная публичная научно-техническая библиотека <URL: <http://www.gpntb.ru>>.
2. Российская национальная библиотека <URL: <http://www.rsl.ru>>.
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека <URL: <http://www.gpntb.ru>>.



4. Библиотека УрФУ <URL: <http://lib.urfu.ru>>.

### 7.3. Электронные образовательные ресурсы

не используются

### 7.4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения материала курса и прохождения промежуточной аттестации студентам рекомендуется обращать внимание на рекомендуемые к изучению в процессе чтения лекций интернет-порталы, содержащие справочную информацию и полезные примеры. Кроме того, Зональная библиотека УрФУ обладает дополнительной литературой по тематике дисциплины, не указанной в п. 7.1 ввиду недостаточного количества экземпляров, однако содержащей ёмкий обзор изучаемых разделов. Дополнительных рекомендаций не требуется.

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности,	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности,



	безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.
--	--	--	---

## **8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

## **8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

**8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий** не предусмотрено

**8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий** не предусмотрено

**8.3.3. Примерные контрольные кейсы** не предусмотрено

### **8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета**

1. Методы расчета температурных полей в реакторе без кипения теплоносителя.
2. Методы расчета температурных полей в реакторе с кипящим теплоносителем.
3. Методы гидравлических характеристик реактора без кипения теплоносителя.
4. Методы гидравлических характеристик реактора с кипящим теплоносителем.
5. Методы гомогенизации активной зоны для расчета водо-водяного реактора, типа ВВЭР.
6. Методы гомогенизации активной зоны для расчета быстрого реактора, типа БН.
7. Методы гомогенизации активной зоны для расчета газ-графитового реактора.
8. Методы гомогенизации активной зоны для расчета канального графитового реактора, типа РБМК.

### **8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена**

1. Обзор концепций ядерной энергетики. Классы аварий.
2. Энергетика процессов деления тяжелых нуклидов ядерных реакторов.
3. Типы атомных станций.
4. Основное технологическое оборудование.
5. Организация термодинамического цикла. Регенерация. КПД.
6. Выбор теплофизических параметров для получения максимального термического КПД.
7. Регенеративный цикл.
8. Внутренний КПД турбины.
9. Коэффициент полезного действия АЭС.

10. Функция распределения энерговыделения и потока нейтронов по радиусу активной зоны реактора.
11. Способы выравнивания энерговыделения.
12. Основные факторы, ограничивающие режимные параметры или мощность реактора.
13. Распределение поля температур по сечению твэл.
14. Пластинчатый твэл.
15. Расчет технологического канала с кипением теплоносителя.
16. Нахождение расходных характеристик в двухфазной смеси.
17. Энтальпия воды на ГПК.
18. Расчет коэффициентов теплоотдачи в технологическом канале ядерного реактора. Однофазное течение.
19. Расчет коэффициентов теплоотдачи в технологическом канале ядерного реактора. Теплоотдача при кипении.
20. Проверка процессов теплообмена на наличие критических тепловых потоков.
21. Особенности теплофизики реакторов с кипящим теплоносителем.
22. Учет теплообмена в топливном блоке за счет излучения.
23. Расчет технологического канала по средним сечениям параметров теплоносителя.
24. Гидравлика тепловыделяющего канала.
25. Гидродинамическая устойчивость реактора.
26. Распределение поля температур по поперечному сечению топливного блока.
27. Поле температур твердого замедлителя.
28. Тепловыделение в корпусе ядерного реактора и в биологической защите.
29. Поле температур в реакторе и его связь с нейтронно-физическими и гидравлическими процессами. Реактивность. Коэффициенты реактивности. Эффективная температура.
30. Характерные температуры их разности и отношения.
31. Отношения подогрева теплоносителя к температурному напору. Подобие температурных полей.
32. Поле температур в канале реактора, выраженное через параметры подобия.
33. Влияние замены теплоносителя на коэффициент перегрева элементов реактора.
34. Коэффициенты реактивности по температуре теплоносителя, мощности и расходу.
35. Коэффициенты реактивности ядерного реактора.
36. Температурный и мощностной коэффициенты реактивности большого реактора (на примере реактора ВВЭР).
37. Составные части, основные признаки и типы ядерных реакторов.
38. Реакторы для производства делящихся нуклидов и энергетические реакторы.
39. Воспроизводство ядерного топлива.
40. Низкотемпературные реакторы канального типа на естественном уране без отражателя.
41. Энергетические реакторы. Классификация реакторов по активной зоне
42. Энергетические реакторы разных типов. Жидко-топливные реакторы.
43. Реакторы на быстрых нейтронах. Типичные элементы конструкции реактора на быстрых нейтронах.
44. Однокомпонентный исследовательский реактор БАРС-5.
45. Реактор БН-600. Основные технические и теплофизические характеристики реактора БН-600.
46. Реактор БН-600. Принципиальная схема и компоновка реактора.
47. Реактор БН-600. Физика реактора.
48. Реактор БН-600. Эффекты реактивности реактора.
49. Двухкомпонентный водо-водяной энергетический реактор на тепловых нейтронах (ВВЭР). Основные теплофизические характеристики.
50. ВВЭР. Корпус реактора и внутрикорпусные устройства.
51. ВВЭР. Активная зона.
52. ВВЭР. Системы управления и защиты.



53. ВВЭР. Системы контроля реактора.
54. ВВЭР. Особенности нейтронно-физических и теплофизических характеристик активной зоны.
55. ВВЭР. Нейтронно-физические особенности водо-водяных реакторов.
56. ВВЭР. Регулирование.
57. Энергетический реактор ВВЭР с кипением.
58. Реакторы с графитовым замедлителем. Графит, его характеристики.
59. Особенности конструкции и физики высокотемпературных графит-газовых реакторов (ВТГР)
60. Конструктивные особенности ВТГР.
61. Краткое описание реактора РВМР.
62. Физические особенности ВТГР.
63. РБМК-1000. Особенности физики реакторов.
64. РБМК-1000. Металлоконструкции реактора и биологическая защита.
65. РБМК-1000. Структура активной зоны.
66. РБМК-1000. Тепловыделяющий элемент. Тепловыделяющие сборки. Дополнительные поглотители.
67. РБМК-1000. Стержни СУЗ.
68. РБМК-1000. Уран-графитовое отношение.
69. Размножающие свойства решетки каналов РБМК-1000.
70. Длина миграции в решетке РБМК-1000. Баланс нейтронов. Использование уран-эргиевого топлива.
71. Технологические аспекты безопасности реакторов РБМК-1000.
72. РБМК-1000. Подкритическое состояние реактора. Процесс выхода реактора в критическое состояние.
73. РБМК-1000. Надежная система теплоотвода от ТВЭЛов.
74. РБМК-1000. Теплообмен в технологических каналах РБМК.
75. РБМК-1000. Остаточное тепловыделение.

#### **8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

не используются

#### **8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

не используются

#### **8.3.8. Интернет-тренажеры**

не используются

#### **8.3.9. Примерные задания в составе домашних работ**

В рамках домашней работы предусмотрено самостоятельное изучение студентом литературы по выбранной тематике из списка тем в п.4.3.1 и выполнение самостоятельного задания на эту тему. Например:

1. Изучение конструкции паротурбинной установки на примере ВВЭР.
2. Создание презентации на основе изученного материала.

#### **8.3.10. Примерные задания в составе реферата**

В рамках работы предусмотрено самостоятельное изучение студентом литературы по выбранной тематике из списка тем, указанных в п.4.3.3 и написание отчета по изученному материалу. Отчет должен включать следующие разделы:

1. Введение. Описывается основная мысль и её связи со смежными областями.
2. Основная часть. Раскрывается тема задания.
3. Заключение. Собственные выводы студента по изученному вопросу.



## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1 Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Лекции и практические работы проводятся в аудиториях Ф-112, Ф-114, оснащенных доской, проектором с использованием мобильного компьютера (ноутбука) и экраном для демонстрации учебных материалов.

