

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**имени Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

---

Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической физики  
имени академика Ф.М. Митенкова (ИЯЭиТФ)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЯЭиТФ  
\_\_\_\_\_ А.Е. Хробостов  
«15» июня 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ОД.12 «Физическая теория реакторов»**

**для подготовки специалистов**

Направление подготовки: 14.05.01 "Ядерные реакторы и материалы"  
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: "Ядерные реакторы "  
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная  
(очная,очно-заочная,заочная)

Год начала подготовки: 2021

Выпускающая кафедра: ЯРиЭУ  
(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: ЯРиЭУ  
(аббревиатура кафедры)

Объем дисциплины: 396/11  
(часов/з.е.)

Промежуточная аттестация: Экзамен  
(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Разработчик(и): Мельников В.И., д.т.н., профессор  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2021 год

Рецензент: Головко В.Ф., д.т.н., профессор кафедры  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«07» июня 2021г.

Рабочая программа дисциплины «Физическая теория реакторов»: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 14.05.01 "Ядерные физика и технологии", утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 28.02.2018 № 153 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ

протокол от «15» 06 2021 г. № 7

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры разработчика программы протокол от 10.06.2021 г № 17.

Зав. кафедрой д.т.н., профессор, Андреев В.В. \_\_\_\_\_  
подпись

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института, где реализуется данная программа  
\_\_\_\_\_, Протокол от 06.2021 г №3

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 14.05.47-я-47

Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_  
(подпись)

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	12
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	13
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....	14
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	15
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
РЕЦЕНЗИЯ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Лист актуализации рабочей программы дисциплины .....	18

# **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **1.1. Целью освоения дисциплины является:**

- изучение теории управления ядерными энергетическими объектами, математических методов описания и моделирования динамических процессов в ЯЭУ;

## **1.2. Задачи освоения дисциплины:**

- сформировать общее представление о системах управления ядерными энергетическими объектами;
- приобрести знания физических процессов, протекающих в критических системах, при динамических воздействиях, навыки использования общих закономерностей для оценки поведения нейтронного поля в реакторе;
- освоить основы моделирования и инженерного математического описания динамических процессов в ЯЭУ.

# **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина (модуль) Б1.В.ОД.12 **«Физическая теория реакторов»** включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Изучение дисциплины осуществляется на 5-м курсе в 9-м и 10-м семестрах. Кроме дисциплины «Физическая теория реакторов» в формировании компетенции ПКС-2 параллельно участвуют дисциплины «Общее устройство судов», «Тепловые схемы ядерных энергетических установок», «Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности», «Технологическая практика», «Ядерные топливные материалы», «Генерация пара», «Дополнительные главы по генерации пара», «Инженерные расчеты и проектирование ядерных энергетических установок», «Физическая теория реакторов», «Научно-исследовательская работа», «Преддипломная практика», «Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы».

В результате изучения дисциплины студент приобретает знания физических процессов, протекающих в критических системах, при динамических воздействиях, навыки использования общих закономерностей для оценки поведения нейтронного поля в реакторе. Студенты осваивают основы моделирования и инженерного математического описания динамических процессов в ЯЭУ.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья РПД разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Все это является основой для дальнейшей подготовки студента как высококвалифицированного специалиста в области ядерных энергетических установок, свободно владеющего современными методами управления ядерных энергетических установок .

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Этапы формирования компетенций

В результате освоения дисциплины «Физическая теория реакторов» у обучающегося частично формируется компетенция ПКС-2, полное формирование которой последовательно осуществляется при изучении других дисциплин и в процессе практической подготовки (таблица 1).

**Таблица 1 - Формирование компетенции ПКС-2**

Код компетенции	Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенции дисциплинами и практиками										
		1 сем.	2 сем.	3 сем.	4 сем.	5 сем.	6 сем.	7 сем.	8 сем.	9 сем.	10 сем.	11 сем.
ПКС-2	Общее устройство судов											
	Тепловые схемы ядерных энергетических установок											
	Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности											
	Технологическая практика											
	Ядерные топливные материалы											
	Генерация пара											
	Дополнительные главы по генерации пара											
	Инженерные расчеты и проектирование ядерных энергетических установок											
	Физическая теория реакторов										■	■
	Научно-исследовательская работа											

### **3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП**

Профессиональная компетенция ПКС-2 формируется с приобретением знаний, умений и навыков, сформулированных в дескрипторах достижения этих компетенций и с которыми обучающийся готов выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения той же компетенции (таблица 2).

**Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
		Знать	Уметь	Владеть	Текущего контроля	Промежуточной аттестации
<b>ПКС-2</b> – Готов к созданию новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразования тепловой и ядерной энергии в электрическую, методов и методик оценки количественных характеристик ядерных материалов	<b>ИПКС-2.1</b> Создаёт новые реакторные установки и физические устройства, новые системы преобразования энергии.  <b>ИПКС-2.2</b> Разрабатывает новые методы расчета современных реакторных установок и физических устройств, методы исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; методы и методики оценки количественных характеристик ядерных материалов	основные современные методы и способы создания новых методов для расчета современных реакторных установок и физических устройств, методы исследования теплофизических процессов и свойств теплоносителей.	создавать новые методы расчета современных реакторных установок и физических устройств, методы исследования теплофизических процессов и свойств теплоносителей; разрабатывать новые системы преобразования тепловой и ядерной энергии в электрическую	стандартными прикладными пакетами, используемыми при применении и создании методик расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств теплоносителей; разработке новых систем преобразования тепловой и ядерной энергии в электрическую	Планы лекций с перечнями обсуждаемых вопросов (оценка по критериям 1 и 2)	Перечень контрольных вопросов

Освоение дисциплины причастно к ТФ В/01.7 «Инженерно-физическое сопровождение эксплуатации активной зоны реакторной установки» (ПС 24.028 «Специалист ядерно-физической лаборатории в области атомной энергетики»), решает следующие профессиональные задачи: измерение нейтронного потока; анализ работы систем внутриреакторного контроля; анализ переходных процессов в реакторах; контроль расчетных эксплуатационных параметров активных зон реакторов; анализ результатов измерений подkritичности реактора; применение методов расчета эксплуатационных параметров реакторной установки, эффектов и коэффициентов реактивности.

## **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 11 зачетных единиц (з.е.) или 396 академических часов, в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем - 127 часа, самостоятельная работа обучающихся - 170 часов (таблица 3).

**Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ**

Вид учебной работы	Трудоемкость, ч/з.е.		
	Всего	в том числе в 9 семестре	в том числе в 10 семестре
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения		
Общая трудоемкость, ч/з.е.	396/11	180/5	216/6
1. Контактная работа:	127	55	72
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	119	51	68
Занятия лекционного типа (Л)	34	17	17
Практические занятия (ПЗ)	85	34	51
1.2. Внеаудиторная работа, в том числе:	8	4	4
Консультации по дисциплине	8	4	4
2. Самостоятельная работа студентов, в том числе:	170	80	90
Проработка источников информации (повторение пройденного материала, изучение и конспектирование рекомендованной литературы)	73	40	33
Подготовка к практическим занятиям	85	34	51
Подготовка к экзамену	12	6	6
3. Контроль	99	45	54

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тематический план освоения дисциплины по видам учебной деятельности приведен в таблице 4. Здесь указано структурное распределение объемов (в часах) разделов и тем дисциплины по видам учебной работы, аудиторных и внеаудиторных занятий, самостоятельной работы студента и периодического (текущего) контроля.

**Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Планируемые (контролируемые) результаты освоения и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов и тем	Виды учебной работы, ч						Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)				
		Контактная работа				Самостоятельная работа студентов	Контроль								
		Лекции	Лабораторные работы	Практические работы	Консультации по дисциплине										
ПКС-2 ИПКС-2.1	1.Теория автоматического управления	2	-	6	0,5	20	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 7 - 9	Семинар – диалог	-	-				
	2.Системы автоматического управления	6	-	15	0,5	25	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 9 - 22	Семинар – диалог	-	-				
	3.Обратная связь	6	-	10	0,5	25	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 36 - 44	Семинар – диалог	-	-				
	4.Ядерный реактор и ядерная установка как объекты управления	4	-	10	0,5	25	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 61 - 64	Семинар – диалог	-	-				
	5.Уравнение кинетики	4	-	10	0,5	25	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 64 - 70	Семинар – диалог	-	-				
	6.Динамические процессы реактора	6	-	17	0,5	25	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 70 - 82	Семинар – диалог	-	-				
	7.Кинетические параметры реактора и реактивности	6	-	17	1	25	-	п.1 табл. 9 РПД, стр. 83 - 93	Семинар – диалог	-	-				
<b>ИТОГО:</b>		34	-	85	4	170	99								

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Типовые контрольные вопросы и задания, необходимые для оценки знаний, умений и навыков или опыта деятельности

**Таблица 5 – Перечни контрольных вопросов и заданий по темам занятий для проведения текущего контроля успеваемости**

Номер темы		Перечни контрольных вопросов и заданий
цикла лекций	Номер практической работы	
1	1	<p>Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Теория автоматического управления»:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общие сведения из теории</li> <li>2. Основные понятия теории регулирования</li> <li>3. Объекты управления</li> </ol>
2	2	<p>Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Системы автоматического управления»:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Типовые звенья САР, их назначение. Принцип действия электронных аналогов.</li> <li>2. Передаточная функция звена, АЧХ и ФЧХ</li> <li>3. Временной и частотный анализ</li> <li>4. Характеристическое уравнение</li> </ol>
3	3	<p>Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Обратная связь»:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виды обратных связей</li> <li>2. Критерии устойчивости систем с обратной связью</li> <li>3. Характеристическое уравнение систем с обратной связью</li> <li>4. Устойчивость систем с обратной связью</li> </ol>
4	4	<p>Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Ядерный реактор и ядерная установка как объекты управления»:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Точечный реактор нулевой мощности</li> <li>2. Кинетика и реактивность реактора</li> <li>3. Переходные характеристики точечного ректора нулевой мощности</li> <li>4. АЧХ точечного реактора нулевой мощности</li> </ol>
5	5	<p>Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Уравнение кинетики»:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные параметры в кинетике реактора</li> <li>2. Реактивность</li> <li>3. Период реактора</li> <li>4. Методы определения реактивности</li> </ol>
6	6	<p>Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Динамические процессы реактора»:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Линеаризация уравнений кинетики</li> <li>2. Вывод передаточной функции реактора</li> <li>3. Приближения передаточной функции</li> <li>4. Уравнение нейтронной плотности</li> <li>5. Уравнение «обратных часов»</li> </ol>
7	7	<p>Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Кинетические параметры реактора и реактивности»:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Динамические методы определения кинетических параметров реактора</li> <li>2. Статические методы определения кинетических параметров реактора</li> <li>3. Реактивность</li> <li>4. Время жизни мгновенных нейтронов</li> <li>5. Эффективная доля запаздывающих нейтронов</li> </ol>

**Таблица 6 – Перечень контрольных вопросов для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

№ п/п	Контрольные вопросы для проведения экзамена
1	Понятие обратной связи и ее роль в автоматическом управлении. Устойчивость
2	Типовые звенья систем управления, их передаточные функции и переходные характеристики
3	Исследовать соединения звеньев. Передаточные функции соединений.
4	Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики элементарных звеньев СУ.
5	Стабилизация магнитного подвеса.
6	Контроллер электродвигателя и его положительные характеристики.
7	Задачи и определения теории управления. Анализ и синтез систем.
8	Понятие передаточной функции звена. Связь передаточной функции с дифференциальным уравнением системы. АЧХ и ФЧХ звена.
9	Принцип регулирования по замкнутой схеме. Влияние отрицательной обратной связи на помехи.
10	Анализ динамических свойств звена
11	Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики элементарных звеньев.
12	Линеаризация уравнений динамики. Вывод передаточной функции звена по его дифференциальному уравнению.
13	Устойчивость системы с обратной связью. Критерии устойчивости.
14	Контур обратной связи. Схемы включения звеньев. Критерии устойчивости систем управления.
15	Решение уравнений кинетики реактора с учетом одной группы запаздывающих нейтронов. Уравнение обратных часов.
16	Устойчивость. Критерии оценки устойчивости систем. Анализ устойчивости звена.
17	Регулирование с контуром обратной связи. Схемы включения звеньев. Критерии устойчивости систем управления.
18	Методы калибровки стержней управления реактора.
19	Вывод передаточной функции звена, его переходная, амплитудная и частотная характеристики
20	Динамические методы определения кинетических параметров реактора
21	Статические программы управления энергоблоками
22	Вывод передаточной функции точечного реактора нулевой мощности с учетом запаздывающих нейтронов. Анализ переходной и частотной характеристик реактора.
23	Мощностной коэффициент реактивности, его экспериментальное определение.

## **5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Процедуры оценивания формируемых компетенций определяют следующие нормативные документы, разработанные в НГТУ и к которым возможен доступ на сайте учебно-методического управления <https://www.nntu.ru/structure/view/podrazdeleniya/uchebno-metodicheskoe-upravlenie> по вкладке «Нормативные документы и локальные акты по обеспечению образовательного процесса НГТУ»:

Положение о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.2/30-18).

В результате изучения дисциплины «Физическая теория реакторов» обучающиеся должны приобрести знания, умения и навыки, сформулированные в дескрипторах достижения профессиональной компетенции ПКС-2 и с которой они готовы выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2). Оценивание формируемой компетенции ПКС-2 в процессе текущего контроля знаний осуществляется по критериям и показателям, приведенным в таблице 7.

**Таблица 7 – Критерии, показатели и шкала оценивания формируемых компетенций в процессе текущего контроля знаний**

Коды компетенций	Виды и номера тем занятий	Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенций			
			«Отлично»	«Хорошо»	«Удовлетворительно»	«Неудовлетворительно»
ПКС-2	ИПКС-2.1 ИПКС-2.2	Семинары по темам 1 - 7	<b>Критерий 1</b>  Полнота и убедительность ответа или доклада, в том числе и дополнений к ним	Студент полно, логично и без недочетов излагает в своем ответе на вопрос или докладе материал, абсолютно соответствующий темам по плану семинара	Студент излагает материал ответа на вопрос или доклада, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для отметки «5», но допускает 1–2 недочета в последовательности изложения	Студент излагает материал ответа на вопрос или доклада неполно и непоследовательно, допускает ряд недочетов в изложении и несоответствий темам по плану семинара
			<b>Критерий 2</b>  Степень понимания изученного материала	Студент обнаруживает глубокое понимание излагаемого материала, может обосновать свои суждения, применить знания, полученные из рекомендованных и самостоятельно выявленных источников, но допускает 1–2 негрубые ошибки, которые сам же исправляет	Студент обнаруживает правильное понимание излагаемого материала, может обосновать свои суждения, применить знания, полученные из рекомендованных и самостоятельно выявленных источников, но допускает 1–2 негрубые ошибки, которые сам же исправляет	Студент обнаруживает поверхностное понимание излагаемого материала, имеет примитивные знания, полученные из рекомендованных и самостоятельно выявленных источников, допускает ряд негрубых ошибок, которые сам не может исправить

В соответствии с пунктом 4.11 Положения о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.2/30-18) по итогам текущего контроля по дисциплине в семестре преподаватель решает вопрос о возможности прохождения студентом промежуточной аттестации по дисциплине. Обучающиеся, не выполнившие минимальные требования по рабочей программе дисциплины (РПД) и имеющие до 50% пропусков занятий, получают оценку «неудовлетворительно» по данной дисциплине.

В соответствии с пунктом 5.9 Положения о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.2/30-18) во время экзаменационной сессии проводится экзамен со студентами, отнесенными преподавателем к первой категории, т.е. выполнившими минимальные требования по РПД и имеющими менее 50% пропусков занятий (лекций и практических занятий). Студенты, отнесенные ко второй категории, т.е. не выполнившие минимальные требования по РПД и имеющие до 50% и более пропусков занятий (лекций и практических занятий), к экзамену не допускаются и получают академическую задолженность по данной дисциплине.

Для выполнения минимальных требований по изучению дисциплины обучающиеся должны иметь только положительные оценки по текущему контролю их знаний на всех занятиях, на которых они присутствовали и выступали с докладами или сообщениями и выполняли практические задания, включая обязательное присутствие на коллоквиуме.

В соответствии с пунктом 5.10 того же Положения – наиболее успешно обучающимся по дисциплине студентам преподаватель может выставить оценку за экзамен без опроса (по итогам текущего контроля знаний).

Оценивание формируемых компетенций и по экзамену в целом осуществляется по шкале оценивания, представленной в таблице 8.

**Таблица 8 – Шкала оценивания формируемых компетенций в процессе промежуточной аттестации**

Компетенции	Уровень усвоения	Описание шкалы оценивания на экзамене
ПКС-2	Достаточный	По критерию 1 и 2 с показателями не ниже «Удовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос (табл. 2.1)
	Недостаточный	По критерию 1 и 2 с показателем «Неудовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный на вопрос (табл. 2.1)
ПКС-2 (итог по экзамену)	Достаточный	«Удовлетворительно», если обе компетенции усвоены на достаточном уровне
	Недостаточный	«Неудовлетворительно», если хотя бы одна компетенция усвоена на недостаточном уровне

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература, печатные и электронные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными и электронными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

**Таблица 9 – Список учебной литературы, печатных и электронных изданий**

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1.	Мельников В.И. Лабораторный практикум по системам управления ЯЭУ и методам научных исследований : Учеб.пособие / В.И. Мельников, В.В. Иванов, Н.П. Тарасова; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород : [Б.и.], 2015. - 159 с.	61
2.	Борисов И.А. Основы теории автоматического управления : Учеб.пособие:В 2-х ч. Ч.1 : Линейные системы / И.А. Борисов, А.А. Иванов; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород : Изд-во НГТУ, 2008. - 119 с.	22
3.	Борисов И.А. Основы теории автоматического управления : Учеб.пособие:В 2-х ч. Ч.2 : Нелинейные, дискретные и оптимальные системы / И.А. Борисов, А.А. Иванов; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород : [Б.и.], 2010. - 101 с.	15
2. Дополнительная литература		
4.	Тевлин С.А. Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000: учебное пособие для	10

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
	вузов. – 2-е издание, дополненное. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 358, [2] с.: ил.	
5.	Ручкин Ю.Н. Судовые энергетические установки и их элементы : Учеб.пособие / Ю.Н. Ручкин; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород : [Б.и.], 2008. - 159 с.	25
6.	Исследование кинетики ядерного реактора. Расчет нейтронной мощности и температуры топлива в авариях с введением положительной реактивности по программе KIN: методич. указ. для курс. раб. / Нижегород. гос. техн. университет им. Р.Е.Алексеева; сост.: Ю.П. Сухарев, Г.Н. Власичев. – Нижний Новгород, 2017. – 12 с.	11

## 6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

В помощь участникам образовательного процесса (преподавателям и студентам) в НГТУ разработаны следующие учебно-методические документы:

1) Е.Г. Ивашкин, Жукова Л.П. Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования: Учебное пособие / Е.Г. Ивашкин, Л.П. Жукова; НГТУ. – Нижний Новгород, 2014. – 80 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на сайте учебно-методического управления);

2) Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г. Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения: Учебное пособие / Т.И. Ермакова, Е.Г. Ивашкин; НГТУ. – Нижний Новгород, 2013. – 158 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на сайте учебно-методического управления);

3) Жукова Л.П. Методические рекомендации по организации аудиторной работы / Утверждены УМС НГТУ 22.04.2013. - Нижний Новгород, 2013. – 63 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на странице «Учебно-методическое управление» сайта НГТУ);

4) Ермакова Т.И. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине / Утверждены УМС НГТУ 22.04.2013. - Нижний Новгород, 2013. – 35 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на странице «Учебно-методическое управление» сайта НГТУ).

Указанные материалы размещены в электронном виде на сайте учебно-методического управления в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ».

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента для выполнения следующих задач:

- оформление результатов выполнения заданий на практических занятиях;
- демонстрация дидактических материалов с использованием мультимедийных технологий;
- использование электронной образовательной среды университета;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты.

### 7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Сайт научно-технической библиотеки (НТБ):

- главная страница НТБ: <https://www.nntu.ru/structure/view/podrazdeleniya/nauchno-tehnicheskaya-biblioteka/resursy>;

- электронная библиотека НГТУ: <https://library.nntu.ru/megapro/web>;

- библиотека электронных учебников: <http://fdp.nntu.ru/книжная-полка/>.

На странице «Ресурсы» сайта НТБ по соответствующим вкладкам возможен доступ к необходимым ресурсам на следующих страницах:

- «Электронная библиотека» по вкладке «Электронный каталог НГТУ»;
- «Книжная полка» по вкладке «Библиотека электронных учебников»;
- «Электронно-библиотечная система «Лань» по вкладке «ЭБС «Лань»;
- «ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА - Студенческая электронная библиотека» по вкладке «ЭБС «Консультант студента»;
- «ЮРАЙТ – образовательная платформа» по вкладке «ЭБС «Юрайт».

Кроме того, со страницы «Ресурсы» сайта НТБ возможен доступ к информационно-аналитическим платформам с информацией о ведущих международных научных публикациях Web of Science и Scopus, а также к реферативным журналам, выбранным из баз данных Всероссийского института научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН) и выписываемым НТБ.

С компьютеров специализированных аудиторий НТБ (ауд. 2201, 2210, 6162) возможен доступ к внешним ресурсам:

- профессиональным справочным системам «Кодекс», «Гарант», «КонсультантПлюс», «Техэксперт»;
- Федеральному информационному фонду стандартов ФГУП «Стандартинформ».

С компьютеров сети НГТУ возможен доступ к базам данных, журналам и коллекциям электронных книг таких зарубежных издательств, как:

- платформа НЭИКОН, включающая 10 издательств;
- Elsevier (журналы Freedom Collection);
- Springer Nature (журналы и коллекции электронных книг);
- Wiley (полнотекстовая коллекция журналов);
- Questel (база данных патентного поиска Orbit Intelligence Premium).

В свободном доступе находятся:

- научная электронная библиотека ELIBRARY.RU: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>;
- научная электронная библиотека «Кибер Ленинка»: <https://cyberleninka.ru/journal>;
- электронно-библиотечная система издательства «Наука»: <https://www.libnauka.ru/>
- информационная система доступа к каталогам библиотек сферы образования и науки ЭКБСОН: <http://www.vlibrary.ru/>.

## 7.2. Перечень программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется программное обеспечение, указанное в таблице 12 раздела 9 настоящей РПД.

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 12 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. Информация размещена в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации»: <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>.

**Таблица 11 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ**

№ п/п	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1.	ЭБС «Консультант студента»	Озвучка книг и увеличение шрифта
2.	ЭБС «Лань»	Специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3.	ЭБС «Юрайт»	Версия для слабовидящих

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебный процесс по данной дисциплине обеспечен современным аудиторным и лабораторным фондом. В процессе проведения аудиторных и самостоятельных занятий преподаватели и студенты имеют возможность доступа к информационно-коммуникационной сети «Интернет», как на территории НГТУ, так и вне ее.

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Физическая теория реакторов» могут быть использованы материально-техническая база и программное обеспечение, представленные таблице 12.

**Таблица 12 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине**

№ п/п	Номера и наименования аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1.	<u>5115, 5201, 5209, 5210, 5220, 5225,</u> <u>5232, 5236</u> Учебные аудитории для проведения лекций, семинаров, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор, экран)	-
2.	<u>5214</u> Информационно образовательный центр для проведения практических занятий, коллоквиума и самостоятельной работы	ПЭВМ – 14 шт. (процессор Intel® Core™ 2 CPU 6320 @ 1.86 GHz 1.87 GHz, ОЗУ 2 ГБ) с доступом к сети «Интернет» и ЭБС НГТУ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ОС Windows 7 Профессиональная Service Pack 1, Microsoft 2009, подписка MSDN AA Developer Original Membership, ID: 700493608, бессрочная.</li> <li>• Microsoft Visual Studio 2010, подписка MSDN AA Developer Original Membership, ID: 700493608, бессрочная.</li> <li>• OpenOffice.org 2.3.0 Professional, Sun Microsystems Inc. 2000-2007, свободное ПО.</li> <li>• Adobe Acrobat Reader DC, версия 2015.010.20060, <a href="https://get.adobe.com/reader">https://get.adobe.com/reader</a>, бесплатное ПО.</li> <li>• Google Chrome, версия 49.0.2623.87, бесплатное ПО.</li> <li>• T-FLEX Parametric CAD учебная версия, бесплатное ПО.</li> <li>• MATLAB, версия R2008a, бесплатное ПО.</li> </ul>
3.	<u>5114</u> Лабораторный комплекс экспериментальных теплофизических стендов для самостоятельной работы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• КИП.</li> <li>• ПЭВМ IntelCore (TM) 2 Duo E7400.</li> <li>• Экспериментальный стенд «Трёхконтурная модель ядерной энергетической установки».</li> <li>• Экспериментальный стенд «Модель контура естественной циркуляции».</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ОС Windows 7 Профессиональная Service Pack 1, Microsoft 2009, подписка MSDN AA Developer Original Membership, ID: 700493608, бессрочная.</li> <li>• LabVIEW 7.1, National Instruments, S/N G12X21084, корпоративная университетская лицензия, бессрочная.</li> <li>• OpenOffice.org 2.3.0 Professional, Sun Microsystems Inc. 2000-2007, свободное ПО</li> <li>• Adobe Acrobat Reader DC, версия 2015.010.20060,</li> </ul>

№ п/п	Номера и наименования аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
			<a href="https://get.adobe.com/reader">https://get.adobe.com/reader</a> , бесплатное ПО. Google Chrome, версия 49.0.2623.87, бесплатное ПО.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Основными элементами структуры аудиторной работы по дисциплине являются:

- виды аудиторной работы;
- формы аудиторной работы, включающие формы ее выполнения, формы представления ее результатов и формы контроля уровня освоения компетенции ПКС-2.

Основными видами аудиторной работы студентов по данной дисциплине являются:

- работа на лекциях;
- выполнение практических заданий;

Формами выполнения видов аудиторной работы являются:

- лекции;
- практические занятия (лабораторные работы, работа в малых группах);
- консультации.

Результаты аудиторной работы представляются в следующих основных формах:

- конспекты;
- рабочие материалы;
- доклады на семинарах, тезисы выступлений.

Уровень развития компетенции ПКС-2 в результате выполнения определенных видов работы оценивается:

- на контролльном опросе по пройденному материалу (знать);
- по результатам выполнения заданий на практических занятиях и коллоквиуме (уметь, владеть);

Функциональные свойства форм аудиторной работы определены свойствами применяемых технологий, обеспечивающих изучение и освоение объема содержания дисциплины, отнесенного к определенной форме.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих образовательных технологий:

- на лекционных занятиях - проблемные лекции;
- на практических занятиях – работа в малых группах, коллоквиумы.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка за экзамен по промежуточной аттестации в соответствии с разделом 5.2 настоящей РПД.

### 10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются

акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

### **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях**

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

### **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Оценочные средства и регламенты текущего и итогового контроля освоения дисциплины приведены в разделе 5 настоящей РПД.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЯЭиТФ  
\_\_\_\_\_ А.Е. Хробостов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

**Б1.В.ОД.12 «Физическая теория реакторов»**  
(индекс по учебному плану, наименование)

для подготовки магистров

Направление подготовки: 14.05.01 "Ядерные реакторы и материалы"  
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: "Ядерные реакторы"  
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная  
(очная,очно-заочная,заочная)

Год начала подготовки: 2021

Курс: 5

Семестр: 9-10

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) в рабочую программу изменения не вносятся. Программа актуализирована для 2021 года начала подготовки;
- 2)

Разработчик РПД

\_\_\_\_\_ (подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
«\_\_\_\_» 20\_\_\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой «Ядерные реакторы  
и энергетические установки»

\_\_\_\_\_ (подпись)

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой  
«Ядерные реакторы и энергетические установки»

\_\_\_\_\_ (подпись)

«\_\_\_\_» 20\_\_\_\_ г.

Методический отдел УМУ

\_\_\_\_\_ (подпись)

(Ф.И.О.)

«\_\_\_\_» 20\_\_\_\_ г.

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Физическая теория реакторов»,  
реализуемую по основной образовательной  
программе высшего образования "Ядерные реакторы"  
по направлению подготовки 14.05.01 "Ядерные реакторы и материалы"  
(квалификация выпускника «специалист»), разработанную кафедрой «Ядерные реакторы и  
энергетические установки» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический  
университет»

Учебная дисциплина «Физическая теория реакторов» представляет собой курс, в ходе изучения которого у студентов формируется профессиональная компетенция ПКС-2, прописанная в учебном плане по направлению подготовки 14.05.01 " Ядерные физика и технологии". При этом указаны требования к знаниям, умениям и навыкам, полученным в ходе изучения дисциплины, по каждой из формируемых компетенций.

Цели освоения дисциплины, соотносятся с общими целями ОП ВО по направлению подготовки 14.05.01 "Ядерные реакторы и материалы". В рабочей программе дано описание логической и содержательно-методической взаимосвязи с другими частями ОП ВО (дисциплинами и практиками), представлены междисциплинарные связи с другими теоретическими и практико-ориентированными дисциплинами ОП ВО, к которым относятся «Общее устройство судов», «Тепловые схемы ядерных энергетических установок», «Ядерные топливные материалы» и др.

В процессе изучения учебной дисциплины «Физическая теория реакторов» студенты продолжают осваивать указанные профессиональные компетенции, формирование которых начинается на проектной, а завершается на преддипломной практике.

Тематический план изучения дисциплины «Физическая теория реакторов», образовательные технологии, оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, перечень основной и дополнительной литературы, программного обеспечения и Интернет-ресурсы, а также материально-техническое обеспечение способствуют планомерному и качественному освоению всех указанных в плане дидактических единиц. К достоинствам рабочей программы можно отнести то, что в план дисциплины включены темы, раскрывающие сущность актуальных на сегодняшний день проблем атомного машиностроения. Рецензируемая рабочая программа дисциплины «Физическая теория реакторов» представлена на официальном сайте вуза, отвечает нормативным требованиям федерального и локального уровня и полностью соответствует компетентностно-квалификационной характеристике выпускника указанной ОП ВО.

Рецензент,

---

(подпись)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.