

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

---

**Передовая инженерная школа атомного машиностроения**  
**и систем высокой плотности энергии(ПИШ)**

**УТВЕРЖДАЮ:**

**Директор ПИШ**

\_\_\_\_\_ **А.В. Тумасов**

(подпись)( ф. и. о.)

25 марта 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**М1.В.ДВ.2.2 «Кинетика ядерных реакторов»**

**для подготовки магистров**

Направление подготовки: 14.04.02 «Ядерные физика и технологии»  
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: Ядерное топливо и основное оборудование высокотемпературных  
газовых реакторов  
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

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

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_ 2025 \_\_\_\_\_

Выпускающая кафедра: \_\_\_\_\_ ЯРиЭУ \_\_\_\_\_  
(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: \_\_\_\_\_ ЯРиЭУ \_\_\_\_\_  
(аббревиатура кафедры)

Объем дисциплины: \_\_\_\_\_ 144/4 \_\_\_\_\_  
(часов/з.е.)

Промежуточная аттестация: \_\_\_\_\_ экзамен \_\_\_\_\_  
(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Разработчик(и): \_\_\_\_\_ Власичев Г.Н., д.т.н., доцент \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2025 год

Рецензент: Семененко А.Н., начальник службы  
радиационной безопасности, НГТУ

(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

(подпись)

10 марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины М1.В.ДВ.2.2 «Кинетика ядерных реакторов» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 28.02.2018 № 152 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол № 7 от 19.12.2024 г.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры разработчика программы  
протокол № 6 от 11.03.2025 г.

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

подпись

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИЯЭиТФ, где реализуется данная программа, протокол № 1 от 19.03.2025 г.

Председатель УМС, директор ИЯЭиТФ \_\_\_\_\_ М.А. Легчанов

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № \_\_\_\_\_  
Начальник МО \_\_\_\_\_ Е.Г. Севрюкова

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_

Н.И. Кабанина

(подпись)

## **СОДЕРЖАНИЕ**

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....                                                                             | 4  |
| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....                                                        | 4  |
| 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ<br>ДИСЦИПЛИНЫ.....                                     | 5  |
| 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....                                                                             | 6  |
| 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ<br>ДИСЦИПЛИНЫ.....                                   | 10 |
| 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....                                                                    | 18 |
| 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....                                                                         | 19 |
| 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ.....                                                             | 20 |
| 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ<br>ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ..... | 22 |
| 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ<br>ДИСЦИПЛИНЫ.....                                              | 21 |
| 11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....                                                          | 23 |
| РЕЦЕНЗИЯ .....                                                                                                        | 25 |

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

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

- приобретение студентами основ знаний, умений и навыков в области ядерно-энергетической технологии высокого уровня на основе реакторов деления в соответствии с требованиями образовательного стандарта по направлению подготовки

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

- сформировать общее представление о переходных процессах в активной зоне ядерных реакторов деления при изменениях реактивности с учетом и без учета запаздывающих нейтронов, вопросах регулирования реактора в надкритическом, подкритическом и критическом состояниях;
- научить студента умению использовать теоретические положения, применять компьютер с прикладными программными средствами для решения научно-технических задач в области кинетики ядерных реакторов;
- освоить основные аспекты ведения научных исследований современными методами.

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

Учебная дисциплина (модуль) М1.В.ДВ.2.2 «Кинетика ядерных 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 1-м курсе в 2-м семестре. Кроме дисциплины «Кинетика ядерных реакторов» в формировании компетенции ПК-2 параллельно участвуют дисциплины: «Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов», «Инженерные расчеты и проектирование ядерных энергетических установок», «Специальные методы измерения и контроля», «Методы и приборы физических измерений», «Нейтронно-физические характеристики ВТГР», «Специальные вопросы проектирования и эксплуатации биологической защиты ядерных реакторов», «Специальные вопросы проектирования, эксплуатации и утилизации ядерных энергетических установок», «Специальные главы конструирования ядерных установок».

Студенты в процессе изучения дисциплины «Кинетика ядерных реакторов» получают необходимые навыки по оценке возможности аварий на ЯЭУ и их предотвращении.

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 высокотемпературных газовых реакторов.

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

#### 3.1. Этапы формирования компетенций

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

**Таблица 1 - Формирование компетенции ПК-2**

| Код компетенции | Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно                                      | Семестры формирования компетенций дисциплинами и практиками |        |        |        |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
|                 |                                                                                                | 1 сем.                                                      | 2 сем. | 3 сем. | 4 сем. |
| ПК-2            | Специальные главы конструирования ядерных установок                                            |                                                             |        |        |        |
|                 | Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов                                              |                                                             |        |        |        |
|                 | Инженерные расчеты и проектирование ядерных энергетических установок                           |                                                             |        |        |        |
|                 | Специальные методы измерения и контроля                                                        |                                                             |        |        |        |
|                 | Методы и приборы физических измерений                                                          |                                                             |        |        |        |
|                 | Нейтронно-физические характеристики ВТГР                                                       |                                                             |        |        |        |
|                 | Кинетика ядерных реакторов                                                                     |                                                             |        |        |        |
|                 | Специальные вопросы проектирования и эксплуатации биологической защиты ядерных реакторов       |                                                             |        |        |        |
|                 | Специальные вопросы проектирования, эксплуатации и утилизации ядерных энергетических установок |                                                             |        |        |        |
|                 | Проектная практика                                                                             |                                                             |        |        |        |
|                 | Научно-исследовательская работа                                                                |                                                             |        |        |        |
|                 | Научно-исследовательская работа                                                                |                                                             |        |        |        |
|                 | Преддипломная практика                                                                         |                                                             |        |        |        |
|                 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы                       |                                                             |        |        |        |

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

Профессиональная компетенция ПК-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 тех же компетенций (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>ПК-2.</b> Способен провести расчет, концептуальную и проектную проработку современного оборудования ЯЭУ, исследование теплофизических процессов и свойств реакторных материалов | <b>ИПК-2.2.</b> Использует современные методики расчета, концептуальной и проектной проработки современного оборудования ЯЭУ | Основные вопросы, связанные с кинетикой и регулированием ядерных реакторов: характеристики протекания переходных процессов при внезапном изменении реактивности, медленных переходных процессов, обусловленных выгоранием топлива и накоплением продуктов деления, динамики реактора с учетом температурного эффекта, способы регулирования реактора | Связать характер протекающих нестационарных процессов с реальными задачами регулирования и управления АЭС. | Навыками работы с моделями систем контроля и управления при нормальной эксплуатации, в предаварийных ситуациях и при авариях | Планы лекций с перечнями обсуждаемых вопросов (оценка по критерию 1 и 2) | Перечень контрольных вопросов |

Освоение дисциплины причастно к освоению ТФ В/01.7 «Контроль обеспечения ядерной, радиационной, технической, пожарной безопасности, требований охраны труда при работе со свежим и отработавшим ядерным топливом в процессе производства электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (ПС 24.028 «Специалист ядерно-физической лаборатории в области атомной энергетики»), решает следующую профессиональную задачу: Создание математических моделей, описывающих процессы в ядерных энергетических установках.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (з.е.) или 144 академических часов, в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем - 57 часа, самостоятельная работа обучающихся - 60 часов (таблица 3).

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

| Вид учебной работы                                                                                                          | Трудоёмкость, ч/з.е.                             |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------|
|                                                                                                                             | Всего                                            | в том числе во 2 семестре |
| Формат изучения дисциплины                                                                                                  | с использованием элементов электронного обучения |                           |
| Общая трудоёмкость, ч/з.е.                                                                                                  | 144/4                                            | 144/4                     |
| 1. Контактная работа:                                                                                                       | 57                                               | 57                        |
| 1.1. Аудиторная работа, в том числе:                                                                                        | 51                                               | 51                        |
| Занятия лекционного типа (Л)                                                                                                | 17                                               | 17                        |
| Занятия семинарского типа (Пр)                                                                                              | 34                                               | 34                        |
| 1.2. Внеаудиторная работа, в том числе                                                                                      | 6                                                | 6                         |
| Консультации по дисциплине, текущий контроль                                                                                | 6                                                | 6                         |
| 2. Самостоятельная работа студентов, в том числе:                                                                           | 60                                               | 60                        |
| Проработка источников информации (повторение пройденного материала, изучение и конспектирование рекомендованной литературы) | 26                                               | 26                        |
| Подготовка к практическим занятиям                                                                                          | 34                                               | 34                        |
| 3. Контроль                                                                                                                 | 27                                               | 27                        |
| Подготовка к экзамену                                                                                                       | -                                                | -                         |

#### 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<br>(контролируем<br>ые) результаты<br>освоения<br>и<br>индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование<br>разделов и тем                                        | Виды учебной работы, ч |                        |                        |                               |                                     |          | Вид СРС                     | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий | Реализация<br>в рамках<br>практической<br>подготовки<br>(трудоемкост<br>ь в часах) | Наименование<br>разработанного<br>электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|----------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                            |                                                                       | Контактная работа      |                        |                        |                               | Самостоятельная<br>работа студентов | Контроль |                             |                                                                                              |                                                                                    |                                                                                      |
|                                                                                                            |                                                                       | Лекции                 | Лабораторные<br>работы | Практические<br>работы | консультации по<br>дисциплине |                                     |          |                             |                                                                                              |                                                                                    |                                                                                      |
| ПК-2<br>ИПК-2.2                                                                                            | 1. Основные понятия<br>и определения                                  | 0,5                    | -                      | 1                      | 0,5                           | 4                                   | 2        | п.1 табл.10, стр. 7-15      | Лекция и<br>практическое<br>занятие                                                          | -                                                                                  | -                                                                                    |
|                                                                                                            | 2. Кинетика реактора<br>без учёта<br>запаздывающих<br>нейтронов       | 0,5                    | -                      | 1                      | 0,5                           | 4                                   | 2        | п.1 табл.10, стр. 16-<br>21 | Лекция и<br>практическое<br>занятие                                                          | -                                                                                  | -                                                                                    |
|                                                                                                            | 3. Запаздывающие<br>нейтроны                                          | 1                      | -                      | 1                      | 0,5                           | 4                                   | 2        | п.1 табл.10, стр. 22-<br>27 | Лекция и<br>практическое<br>занятие                                                          | -                                                                                  | -                                                                                    |
|                                                                                                            | 4. Кинетика реактора<br>с запаздывающими<br>нейтронами                | 2                      | -                      | 4                      | 1,0                           | 6                                   | 2        | п.1 табл.10, стр. 28-<br>40 | Лекция и<br>практическое<br>занятие                                                          | -                                                                                  | -                                                                                    |
|                                                                                                            | 5. Уравнение<br>«обратных часов» и<br>его анализ                      | 2                      | -                      | 4                      | 0,5                           | 6                                   | 2        | п.1 табл.10, стр. 41-<br>50 | Лекция и<br>практическое<br>занятие                                                          |                                                                                    |                                                                                      |
|                                                                                                            | 6. Кинетика реактора<br>с одной группой<br>запаздывающих<br>нейтронов | 2                      | -                      | 4                      | 0,5                           | 6                                   | 2        | п.1 табл.10, стр. 51-<br>67 | Лекция и<br>практическое<br>занятие                                                          |                                                                                    |                                                                                      |

|               |                                                                                                                    |    |   |    |     |    |    |                         |                               |   |   |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|----|-----|----|----|-------------------------|-------------------------------|---|---|
|               | 7. Кинетика размножения в подкритическом реакторе                                                                  | 2  | - | 4  | 0,5 | 6  | 3  | п.1 табл.10, стр. 68-80 | Лекция и практическое занятие |   |   |
|               | 8. Критический и надкритический реактор                                                                            | 1  | - | 4  | 0,5 | 6  | 3  | п.1 табл.10, стр. 81-90 | Лекция и практическое занятие |   |   |
|               | 9. Сравнение точечной и пространственно-зависимой кинетики в реакторе ВТГР                                         | 2  | - | 4  | 0,5 | 6  | 3  | п.1 табл.10, стр. 91-96 | Лекция и практическое занятие |   |   |
|               | 10. Программы расчета кинетики ВТГР                                                                                | 2  | - | 4  | 0,5 | 6  | 3  | п.1 табл.10, стр. 91-96 | Лекция и практическое занятие |   |   |
|               | 11. Факторы, определяющие необходимость использования пространственно-зависимой кинетики в проектах модульных ВТГР | 2  | - | 3  | 0,5 | 6  | 3  | п.1 табл.10, стр. 91-96 | Лекция и практическое занятие | - | - |
| <b>ИТОГО:</b> |                                                                                                                    | 17 | - | 34 | 6   | 60 | 27 | 144                     |                               |   |   |

## 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 | практических занятий |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1            | 1                    | <p>Назвать основные допущения при изучении нестационарных режимов работы ядерного реактора</p> <p>Дать определение избыточного коэффициента размножения реактора.</p> <p>Дать определение реактивности реактора.</p> <p>Указать физический смысл реактивности реактора.</p> <p>Дать определение полного избыточного коэффициента размножения реактора.</p> <p>Дать определение полного запаса реактивности реактора.</p> <p>Назвать процессы, определяющие среднее время жизни одного поколения нейтронов в реакторе.</p> <p>Записать элементарное уравнение кинетики реактора без учёта запаздывающих нейтронов.</p> <p>Назвать вид математической зависимости плотности нейтронов в реакторе от времени без учета запаздывающих нейтронов.</p> <p>Назвать вид математической зависимости натурального логарифма величины плотности нейтронов в реакторе от времени без учета запаздывающих нейтронов.</p> <p>Дать определение периода реактора.</p> <p>Записать математическое определение периода реактора.</p> <p>Записать математическое определение обратного периода реактора.</p> <p>Дать определение периода удвоения реактора.</p> <p>Показать связь периода реактора с периодом удвоения реактора.</p> <p>Записать формулу для периода реактора с учетом размножения только на мгновенных нейтронах деления.</p> <p>Рассчитать период реактора в коэффициентом размножения, равным 1,002, и среднем времени жизни поколения нейтронов, равном 0,001 с.</p> <p>Указать размерность мощности источника нейтронов.</p> <p>Указать размерность плотности нейтронов.</p> <p>Указать размерность плотности потока нейтронов.</p> <p>Указать размерность эффективного коэффициента размножения нейтронов.</p> <p>Указать размерность реактивности.</p> <p>Указать размерность периода реактора.</p> <p>Указать размерность флюенса нейтронов.</p> |

|   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | 2 | <p>Дать понятие точечной модели кинетики реактора.</p> <p>Записать уравнение диффузии тепловых нейтронов для нестационарного состояния реактора.</p> <p>Записать уравнение кинетики реактора без учёта запаздывающих нейтронов.</p> <p>Выполнить простейший вывод уравнений кинетики реактора без учёта запаздывающих нейтронов.</p> <p>Изобразить графически временной ход изменения потока нейтронов при скачкообразном увеличении реактивности реактора без учёта запаздывающих нейтронов.</p> <p>Чему равен тангенс угла наклона касательной к линии мощности реактора в зависимости от времени при скачкообразном увеличении реактивности?</p> <p>Чему равен тангенс угла наклона касательной к линии логарифма относительной мощности реактора в зависимости от времени при скачкообразном увеличении реактивности?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3 | 3 | <p>Чем определяется период испускания запаздывающих нейтронов?</p> <p>Назвать процессы в тепловом реакторе, предшествующие появлению запаздывающих нейтронов.</p> <p>Назвать процессы, происходящие с запаздывающими нейтронами в тепловом реакторе.</p> <p>Чему равна доля запаздывающих нейтронов в реакторе на тепловых нейтронах?</p> <p>Определить среднее время жизни поколения нейтронов в реакторе.</p> <p>Чем определяется эффективная доля запаздывающих нейтронов в реакторах разных типов?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4 | 4 | <p>Записать уравнения кинетики реактора с учётом запаздывающих нейтронов.</p> <p>Выполнить простейший вывод уравнений кинетики реактора с учётом запаздывающих нейтронов.</p> <p>Записать решение уравнений кинетики реактора с запаздывающими нейтронами при изменении коэффициента размножения единичным скачком.</p> <p>Изобразить графически связь реактивности с параметром характеристического уравнения для шести групп запаздывающих нейтронов.</p> <p>Какими характеристиками активной зоны реактора определяются значения корней характеристического уравнения в решении уравнений кинетики реактора с запаздывающими нейтронами при изменении коэффициента размножения единичным скачком?</p> <p>Изобразить графически временной ход изменения потока нейтронов при скачкообразном увеличении реактивности с учётом запаздывающих нейтронов.</p> <p>Дать математическое объяснение зависимости потока нейтронов от времени при скачкообразном увеличении реактивности с учётом запаздывающих нейтронов.</p> <p>Чему равен тангенс угла наклона касательной к линии мощности реактора в зависимости от времени при скачкообразном увеличении реактивности после установления постоянного периода ее изменения?</p> <p>Дать понятие установившегося периода реактора.</p> |

|   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | 5 | <p>Записать уравнение «обратных часов» для шести групп запаздывающих нейтронов.</p> <p>Дать характеристику уравнению «обратных часов».</p> <p>Назвать единицы измерения реактивности.</p> <p>Изобразить графически зависимость установившегося периода реактора от реактивности.</p> <p>Записать формулу для установившегося периода реактора при введении скачком малой положительной реактивности.</p> <p>Сравнить качественно значения установившегося периода реактора при введении малой положительной реактивности с учётом и без учёта запаздывающих нейтронов.</p> <p>Чем определяется установившийся период реактора при введении малой положительной реактивности?</p> <p>Записать формулу для установившегося периода реактора при введении скачком большой положительной реактивности.</p> <p>Сравнить качественно значения установившегося периода реактора при введении большой положительной реактивности с учётом и без учёта запаздывающих нейтронов.</p> <p>Чем определяется установившийся период реактора при введении большой положительной реактивности?</p> <p>Дать понятие мгновенной критичности реактора.</p> <p>Указать и обосновать безопасный предел введения положительной реактивности.</p> <p>Дать математическое объяснение зависимости потока нейтронов от времени при введении скачком отрицательной реактивности с учётом запаздывающих нейтронов.</p> <p>Чем определяется период реактора при введении отрицательной реактивности?</p> <p>Изобразить графически временной ход изменения потока нейтронов при введении скачком отрицательной реактивности с учётом запаздывающих нейтронов.</p> <p>Чему равен тангенс угла наклона касательной к линии мощности реактора в зависимости от времени при введении скачком отрицательной реактивности после установления постоянного периода ее изменения?</p> <p>Сравнить качественно и объяснить скорости изменения потока нейтронов при введении положительной и отрицательной реактивности, дать объяснение.</p> <p>Чему равен установившийся период реактора при введении скачком отрицательной реактивности?</p> |
|---|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | 6 | <p>Записать уравнение «обратных часов» для одной группы запаздывающих нейтронов.</p> <p>Изобразить графически связь реактивности с параметром характеристического уравнения для случая одной группы запаздывающих нейтронов.</p> <p>Записать решение уравнений кинетики реактора для случая одной группы запаздывающих нейтронов при малом изменении реактивности единичным скачком.</p> <p>Дать связь показателей экспонент в решении уравнений кинетики реактора с реактивностью для случая одной группы запаздывающих нейтронов при малом изменении коэффициента размножения единичным скачком.</p> <p>Записать формулу для установившегося периода реактора при введении скачком малой положительной реактивности для случая одной группы запаздывающих нейтронов.</p> <p>Изобразить графически временной ход изменения потока нейтронов при скачкообразном увеличении реактивности с учётом одной группы запаздывающих нейтронов.</p> <p>Дать математическое объяснение зависимости потока нейтронов от времени при скачкообразном увеличении реактивности с учётом одной группы запаздывающих нейтронов.</p> <p>Дать физическое объяснение зависимости потока нейтронов от времени при скачкообразном увеличении реактивности.</p> <p>Сравнить качественно зависимости потока нейтронов от времени при скачкообразном увеличении реактивности разной величины с учётом одной группы запаздывающих нейтронов</p> <p>При каких значениях реактивности приближение одной группы запаздывающих нейтронов становится менее точным, как ошибки зависят от времени?</p> <p>Изобразить графически временной ход изменения потока нейтронов при скачкообразном уменьшении реактивности с учётом одной группы запаздывающих нейтронов.</p> <p>Дать математическое объяснение зависимости потока нейтронов от времени при скачкообразном уменьшении реактивности с учётом одной группы запаздывающих нейтронов.</p> <p>Дать физическое объяснение зависимости потока нейтронов от времени при скачкообразном уменьшении реактивности.</p> <p>Сравнить качественно зависимости потока нейтронов от времени при скачкообразном увеличении и уменьшении реактивности с учётом одной группы запаздывающих нейтронов.</p> |
|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | 7 | <p>Дать понятие подкритического потока.</p> <p>Перечислить источники первичных нейтронов, создающих подкритический поток.</p> <p>Записать формулу для скорости рождения нейтронов в активной зоне за счет спонтанного деления.</p> <p>Записать формулу для плотности нейтронов в подкритическом реакторе.</p> <p>Записать формулу для подкритического потока в реакторе.</p> <p>Дать определение подкритическому коэффициенту умножения.</p> <p>Изобразить графически зависимость нейтронной плотности в подкритическом и критическом реакторе от времени после введения источника нейтронов при ряде значений эффективного коэффициента размножения.</p> <p>Дать математическое объяснение зависимости нейтронной плотности в подкритическом и критическом реакторе от времени после введения источника.</p> <p>Дать физическое объяснение зависимости нейтронной плотности в подкритическом и критическом реакторе от времени после введения источника.</p> <p>Записать формулу для времени установления нейтронного потока.</p> <p>Проанализировать время по мере роста эффективного коэффициента размножения.</p> <p>Перечислить условия для безопасного пуска подкритического реактора.</p> <p>Изобразить графически зависимость мощности реактора от его реактивности при бесконечно медленном повышении реактивности.</p> <p>Дать физическое объяснение зависимости мощности реактора от его реактивности при бесконечно медленном повышении реактивности.</p> |
|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8 | 8 | <p>Дать определение критическому реактору.</p> <p>Решение уравнения реактора с постоянным уровнем мощностью.</p> <p>Изобразить графически изменение нейтронного потока от времени при различных скоростях линейного введения реактивности.</p> <p>Дать физическое объяснение зависимости нейтронного потока от времени при различных скоростях линейного введения реактивности.</p> <p>Изобразить графически изменение нейтронного потока в зависимости от времени при различных значениях надкритичности малой величины.</p> <p>Дать физическое объяснение зависимости изменения нейтронного потока от времени при различных значениях надкритичности малой величины.</p> <p>Изобразить графически изменение нейтронного потока в зависимости от времени при различных значениях надкритичности большей величины.</p> <p>Дать физическое объяснение зависимости изменения нейтронного потока от времени при различных значениях надкритичности большей величины.</p> <p>Сравнить качественно зависимости изменения нейтронного потока от времени при различных значениях надкритичности малой и большей величины.</p> <p>Проанализировать качественный характер переходных процессов при различных значениях положительной реактивности.</p> <p>Проанализировать изменение нейтронного потока в зависимости от времени при различных значениях среднего времени жизни поколения нейтронов.</p> <p>Записать формулу для полного энерговыделения в реакторе за определенное время от момента скачкообразного увеличения реактивности.</p> |
| 9 | 9 | <p>Записать уравнение для модели точечной кинетики.</p> <p>Дать характеристику уравнению модели точечной кинетики.</p> <p>Назвать основные параметры, определяющие кинетику реактора.</p> <p>Записать условие допустимости для использования точечной модели нейтронной кинетики.</p> <p>Выполнить сравнение значений из условия допустимости для быстрых реакторов, реакторов типа ВВЭР и реакторов ВТГР.</p> <p>Сравнить качественно значения, полученные с помощью точечной модели и пространственно-зависимой модели кинетики.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

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

| № п/п | Контрольные вопросы для проведения экзамена                                                                     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Простейший вывод уравнений кинетики без учёта запаздывающих нейтронов                                           |
| 2     | Вывод уравнений кинетики без учёта запаздывающих нейтронов на основе уравнения диффузии                         |
| 3     | Источники и характеристики запаздывающих нейтронов                                                              |
| 4     | Влияние запаздывающих нейтронов на среднее время нейтронного цикла в реакторе                                   |
| 5     | Простейший вывод уравнений кинетики с запаздывающими нейтронами                                                 |
| 6     | Вывод уравнений кинетики с запаздывающими нейтронами на основе уравнения диффузии                               |
| 7     | Решение уравнений кинетики с запаздывающими нейтронами при изменении коэффициента размножения единичным скачком |
| 8     | Поведение реактора с учётом запаздывающих нейтронов при скачкообразном введении                                 |

|    |                                                                                                                                                                                                |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | положительной реактивности                                                                                                                                                                     |
| 9  | Уравнение «обратных часов», его характеристика, единицы измерения реактивности                                                                                                                 |
| 10 | Поведение реактора с учётом запаздывающих нейтронов при введении малой реактивности                                                                                                            |
| 11 | Поведение реактора с учётом запаздывающих нейтронов при введении большой реактивности                                                                                                          |
| 12 | Поведение реактора с учётом запаздывающих нейтронов при введении отрицательной реактивности. Кинетика реактора с учётом одной группы запаздывающих нейтронов при малых изменениях реактивности |
| 13 | Поведение реактора с учётом одной группы запаздывающих нейтронов при положительном скачке реактивности                                                                                         |
| 14 | Поведение реактора с учётом одной группы запаздывающих нейтронов при отрицательном скачке реактивности                                                                                         |
| 15 | Источники первичных нейтронов, создающие подкритический поток                                                                                                                                  |
| 16 | Процесс размножения нейтронов источника в подкритическом реакторе                                                                                                                              |
| 17 | Изменение уровня мощности при медленном выдвижении регулирующих стержней                                                                                                                       |
| 18 | Критический реактор                                                                                                                                                                            |
| 19 | Кинетика размножения в надкритическом реакторе                                                                                                                                                 |
| 20 | Приближение точечной кинетики, условия допустимости                                                                                                                                            |
| 21 | Пространственно-зависимая кинетика                                                                                                                                                             |

## 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»:

1. Положение о фонде оценочных средств для проведения текущего контроля, промежуточной аттестации и государственной итоговой аттестации обучающихся по программам высшего образования (НГТУ ПВД-11.4/158-23).

2. Положение о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.1/30-23).

В результате изучения дисциплины «Кинетика ядерных реакторов» обучающиеся должны приобрести знания, умения и навыки, сформулированные в дескрипторах достижения профессиональной компетенции ПК-2 и с которой они готовы выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2). Оценивание формируемой компетенции ПК-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        |                                    | Виды и номера тем занятий | Критерии оценивания компетенций                                                                  | Показатели оценивания компетенций                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| компетенции | индикаторов достижения компетенций |                           |                                                                                                  | «Отлично»                                                                                                                                                                                                               | «Хорошо»                                                                                                                                                                                                                                             | «Удовлетворительно»                                                                                                                                                                                                               | «Неудовлетворительно»                                                                                                                                                                                                                                   |
| ПК-2        | ИПК-2.2                            | Семинары по всем темам    | <u>Критерий 1</u><br>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                                                                  | Студент беспорядочно и неуверенно излагает в своем ответе на вопрос или докладе материал или излагает материал, абсолютно не соответствующий темам по плану семинара, а также отказывается от выступления или доклада                                   |
|             |                                    |                           | <u>Критерий 2</u><br>Степень понимания изученного материала                                      | Студент обнаруживает глубокое понимание излагаемого материала, может обосновать свои суждения, применить знания, полученные из рекомендованных и самостоятельно выявленных источников и самостоятельно допускает ошибок | 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 | Студент обнаруживает незнание большей части соответствующего материала ответа на вопрос или доклада по плану семинара, допускает грубые ошибки, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению дескрипторами достижения компетенции ПК-2 |

В соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и проведении промежуточной аттестации обучающихся Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ ПВД 11.1/30-23) 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» («не зачтено») 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 на практических семинарах, включая обязательное присутствие на коллоквиуме (при наличии).

Оценивание формируемых компетенций и по экзамену в целом осуществляется по критериям и шкале оценивания, представленным в таблицах 8,9.

Таблица 8 – Шкала оценивания формируемых компетенций в процессе промежуточной аттестации

| Компетенции             | Уровень освоения | Описание шкалы оценивания на экзамене                                                                            |
|-------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2                    | Достаточный      | По критерию 1 и 2 показатели минимизируются «Удовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос |
|                         | Недостаточный    | По критерию 1 и 2 показателем «Неудовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос             |
| ПК-2 (итоговый экзамен) | Достаточный      | «Удовлетворительно», если компетенция усвоена на достаточном уровне                                              |
|                         | Недостаточный    | «Неудовлетворительно», если компетенция усвоена на недостаточном уровне                                          |

Таблица 9 – Критерии оценивания

| Оценка                                        | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Высокий уровень «5» (отлично)                 | оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. |
| Средний уровень «4» (хорошо)                  | оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.                                                              |
| Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)     | оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.        |
| Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно) | оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.                                                                                                     |

## 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 10 – 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 |                                                                                                                 |                                     |

| № п/п                               | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)                                                                                                                                                                                                        | Количество экземпляров в библиотеке |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.                                  | Сухарев, Ю.П. Точечная и пространственная кинетика ядерного реактора: учеб. пособие/ Ю.П. Сухарев, Г.Н. Власичев; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. - Нижний Новгород, 2020. - 125 с.                                                                                                                     | 32                                  |
| 2.                                  | 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                                  |
| <b>2. Дополнительная литература</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                     |
| 3.                                  | Дементьев, Б.А. Кинетика и регулирование ядерных реакторов: учеб. пособие / Б.А. Дементьев. – М.: Атомиздат, 1973. – 292 с.                                                                                                                                                                                            | 3                                   |
| 4.                                  | Митенков, Ф.М. Нестационарные режимы судовых ядерных паропроизводящих установок / Ф.М. Митенков, Б.И. Моторов. – Л.: Судостроение, 1970.                                                                                                                                                                               | 12                                  |
| 5.                                  | Власичев, Г.Н. Физика ядерных реакторов: учеб. пособие/ Г.Н. Власичев; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. - Нижний Новгород, 2008. – 106 с.                                                                                                                                                                | 86                                  |
| 5.                                  | Алешин, В.С. Судовые ядерные реакторы / В.С. Алешин, Н.М. Кузнецов, А.А. Саркисов. – Л.: Судостроение, 1968.                                                                                                                                                                                                           | 17                                  |
| 6.                                  | Кипин, Дж.Р. Физические основы кинетики ядерных реакторов: [пер. с англ.] / Дж.Р. Кипин. – М.: Атомиздат, 1967.                                                                                                                                                                                                        | 4                                   |
| 7.                                  | Хетрик, Д. Динамика ядерных реакторов: [пер. с англ.] / Д. Хетрик. – М.: Атомиздат, 1975. – 400 с.                                                                                                                                                                                                                     | 5                                   |

## 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» <https://e.lanbook.com/>;
- «ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» - <http://www.studentlibrary.ru/>;
- «ЮРАЙТ – образовательная платформа» - <https://biblio-online.ru/>;
- Электронно-библиотечная система TNT-EBOOK - <https://www.tnt-ebook.ru/>.

Кроме того, со страницы «Ресурсы» сайта НТБ возможен доступ к информационно-аналитическим платформам с информацией о ведущих международных научных публикациях WebofScience 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 FreedomCollection);
- SpringerNature (журналы и коллекции электронных книг);
- Wiley (полнотекстовая коллекция журналов);
- Questel (база данных патентного поиска OrbitIntelligencePremium).

В свободном доступе находятся:

- научная электронная библиотека ELIBRARY.RU: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>;
- научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: <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 11 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.ntu.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 «Кинетика ядерных 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.    | № 5210 Аудитория для проведения лекционных и практических занятий      | Доска меловая;<br>Ноутбук HP Intel® Core™ i3-5005U CPU @ 2.00GHz 2.00 GHz 8 Gb;<br>Мультимедийный проектор стационарный потолочный<br>Epson EBX500;<br>Экран. | Программное обеспечение:<br>Microsoft Windows 10 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18)<br>Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024);<br>MS Office 2010 MS Open License, 60853088, Academic;<br>Adobe Acrobat Reader DC-Russian (Проприетарное ПО);<br>7-zip (Свободное ПО, GNU LGPL);<br>OpenOffice.org 2.3.0 Professional, Sun Microsystems Inc. (свободное ПО);<br>Google Chrome, версия 49.0.2623.87 (свободное 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 ПК-2.

Основными видами аудиторной работы студентов по данной дисциплине являются:

- работа на лекциях;
- выполнение практических заданий;

Формами выполнения видов аудиторной работы являются:

- лекции;
- практические семинары;
- консультации.

Результаты аудиторной работы представляются в следующих основных формах:

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

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

- на контрольном опросе по пройденному материалу (знать);
- по результатам выполнения заданий на практических семинарах 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 – семинары.

По итогам текущей успеваемости студент может быть аттестован на 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

### 11.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая:

- контроль по темам лекционных занятий,
- решение практических задач,
- отчет по лабораторным работам;
- решение индивидуальных практических заданий.

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен

#### **Перечень вопросов для подготовки к экзамену (ПК2: ИПК-2.2):**

1. Простейший вывод уравнений кинетики без учёта запаздывающих нейтронов
2. Вывод уравнений кинетики без учёта запаздывающих нейтронов на основе уравнения диффузии
3. Источники и характеристики запаздывающих нейтронов
4. Влияние запаздывающих нейтронов на среднее время нейтронного цикла в реакторе
5. Простейший вывод уравнений кинетики с запаздывающими нейтронами
6. Вывод уравнений кинетики с запаздывающими нейтронами на основе уравнения диффузии
7. Решение уравнений кинетики с запаздывающими нейтронами при изменении коэффициента размножения единичным скачком
8. Поведение реактора с учётом запаздывающих нейтронов при скачкообразном введении положительной реактивности
9. Уравнение «обратных часов», его характеристика, единицы измерения реактивности
10. Поведение реактора с учётом запаздывающих нейтронов при введении малой реактивности
11. Поведение реактора с учётом запаздывающих нейтронов при введении большой реактивности
12. Поведение реактора с учётом запаздывающих нейтронов при введении отрицательной реактивности. Кинетика реактора с учётом одной группы запаздывающих нейтронов при малых изменениях реактивности
13. Поведение реактора с учётом одной группы запаздывающих нейтронов при положительном скачке реактивности
14. Поведение реактора с учётом одной группы запаздывающих нейтронов при отрицательном скачке реактивности
15. Источники первичных нейтронов, создающие подкритический поток
16. Процесс размножения нейтронов источника в подкритическом реакторе
17. Изменение уровня мощности при медленном выдвижении регулирующих стержней
18. Критический реактор
19. Кинетика размножения в надкритическом реакторе
20. Приближение точечной кинетики, условия допустимости
21. Пространственно-зависимая кинетика

### Пример оформления экзаменационного билета

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

Передовая инженерная школа атомного машиностроения  
и систем высокой плотности энергии (ПИШ)

Кафедра Ядерные реакторы и энергетические установки

Дисциплина Кинетика ядерных реакторов

#### БИЛЕТ № 19

1. Источники и характеристики запаздывающих нейтронов.
2. Кинетика размножения в надкритическом реакторе.

*Зав. кафедрой ЯРиЭУ*

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

Весь комплект экзаменационных билетов по дисциплине «Кинетика ядерных реакторов» хранится на кафедре «Ядерные реакторы и энергетические установки» в соответствии с утвержденной номенклатурой дел.

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Кинетика ядерных реакторов», реализуемую по основной образовательной

программе высшего образования "Ядерное топливо и основное оборудование высокотемпературных газовых реакторов"

по направлению подготовки 14.04.02 "Ядерные физика и технологии"

(квалификация выпускника «магистр»), разработанную кафедрой «Ядерные реакторы и энергетические установки» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Учебная дисциплина «Кинетика ядерных реакторов» представляет собой курс, в ходе изучения которого у студентов формируется профессиональная компетенция ПК-2, прописанная в учебном плане по направлению подготовки 14.04.02 "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 14.04.02 "Ядерные физика и технологии". 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 «Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов», «Инженерные расчеты и проектирование ядерных энергетических установок», «Специальные методы измерения и контроля», «Методы и приборы физических измерений», «Нейтронно-физические характеристики ВТГР», «Специальные вопросы проектирования и эксплуатации биологической защиты ядерных реакторов», «Специальные вопросы проектирования, эксплуатации и утилизации ядерных энергетических установок», «Специальные главы конструирования ядерных установок».

В процессе изучения учебной дисциплины «Кинетика ядерных реакторов» студенты продолжают осваивать указанную профессиональную компетенцию, формирование которой начинается при изучении дисциплины «Специальные главы конструирования ядерных установок», а завершается на преддипломной практике.

Тематический план изучения дисциплины «Кинетика ядерных 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 «Кинетика ядерных реакторов» представлена на официальном сайте вуза, отвечает нормативным требованиям федерального и локального уровня и полностью соответствует компетентностно-квалификационной характеристике выпускника указанной ОП ВО.

Наибольшую значимость для студентов придаст привлечение к преподаванию данной учебной дисциплины представителей АО «ОКБМ Африкантов», являющимся крупным научно-производственным центром атомного машиностроения, располагающим многопрофильным конструкторским коллективом, собственной исследовательской, экспериментальной и производственной базой.

Рецензент: Семененко А.Н., начальник службы радиационной безопасности, НГТУ

(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

(подпись)

10 марта 2025 г.

