

**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.ОД.4 «Топливо и теплоносители газовых 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 программы магистратуры)

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

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

Выпускающая кафедра: \_\_\_\_\_ **ЯР и ЭУ** \_\_\_\_\_  
(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: \_\_\_\_\_ **ЯР и ЭУ** \_\_\_\_\_  
(аббревиатура кафедры)

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

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

Разработчик(и): \_\_\_\_\_ **Кодочигов Г.Н., к.т.н.** \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2025 год

Рецензент: Каратушина И.В., к.т.н., доцент кафедры АТС  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

(подпись)

10 марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины М1.В.ОД.4 «Топливо и теплоносители газовых 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 г. № 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 №14.04.02-в-12 \_\_\_\_\_  
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 ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ.....	17
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	17
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	19
РЕЦЕНЗИЯ .....	20

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

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

- приобретение студентами знаний в области современных разработок ВТГР.

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

- использование современных методик расчета для исследования свойств топлива и теплоносителей ВТГР;
- изучение конструкции и технологии производства топлива ВТГР;
- обеспечение ядерной и радиационной безопасности установок с ВТГР.

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

Учебная дисциплина (модуль) М1.В.ОД.4 «Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов» включена в перечень обязательных 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 во 2-м семестре. Кроме дисциплины «Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов» в формировании компетенций ПК-2, ПК-6 параллельно участвуют дисциплины: «Инженерные расчеты и проектирование ядерных энергетических установок», «Специальные вопросы проектирования, эксплуатации и утилизации ядерных энергетических установок», «Специальные вопросы проектирования и эксплуатации биологической защиты ядерных реакторов», «Специальные методы измерения и контроля», «Методы и приборы физических измерений», «Нейтронно-физические характеристики ВТГР», «Кинетика ядерных реакторов», «Специальные главы конструирования ядерных установок», «Инженерное проектирование», «Принципы и средства обеспечения безопасности ядерных реакторных установок», «Реакторные установки типа «Высокотемпературный газовый реактор», «Физическая теория ионизирующего излучения», «Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла».

Студенты в процессе изучения дисциплины «Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов» получают необходимые знания в области современных разработок ВТГР (топливо и теплоносители).

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 «Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов» у обучающегося частично формируются компетенции ПК-2, ПК-6, полное формирование которых последовательно осуществляется при изучении других дисциплин и в процессе практической подготовки (таблица 1).

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				
	Специальные методы измерения и контроля				
	Методы и приборы физических измерений				
	Нейтронно-физические характеристики ВТГР				
	Кинетика ядерных реакторов				
	Инженерные расчеты и проектирование ядерных энергетических установок				
	Специальные вопросы проектирования и эксплуатации биологической защиты ядерных реакторов				
	Специальные вопросы проектирования, эксплуатации и утилизации ядерных энергетических установок				
	Научно-исследовательская работа				
	Проектная практика				
	Научно-исследовательская работа				
	Преддипломная практика				
	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				
ПК-6	Принципы и средства обеспечения безопасности ядерных реакторных установок				
	Реакторные установки типа «Высокотемпературный газовый реактор»				
	Физическая теория ионизирующего излучения				

	Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов				
	Специальные вопросы проектирования и эксплуатации биологической защиты ядерных реакторов				
	Специальные вопросы проектирования, эксплуатации и утилизации ядерных энергетических установок				
	Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла				
	Научно-исследовательская работа				
	Проектная практика				
	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

Профессиональные компетенции ПК-2, ПК-6 формируются 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	Промежуточно й 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	Свойства топлива и теплоносителей ЯЭУ; особенности современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов	Разрабатывать новые методы расчета современных реакторных установок и физических устройств	Методами исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей	Планы лекций с перечнями обсуждаемых вопросов (оценка по критерию 1 и 2)	Перечень контрольных вопросов

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
		Знать	Уметь	Владеть	Текущего контроля	Промежуточно й аттестации
<b>ПК-6.</b> Способен анализировать и определять меры безопасности для новых установок и технологий, учитывать их соответствие требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам	<b>ИПК-6.1.</b> Проводит анализ и определяет меры безопасности для новых установок и технологий в соответствии с требованиями законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам.	Меры безопасности для топлива и теплоносителей ВТГР, методы уменьшения риска их возникновения.	Оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий ВТГР, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения.	Методами оценки риска и определения мер безопасности для новых установок и технологий ВТГР; сопоставления и анализа сценариев потенциально возможных аварий.	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»), ТФ А/04.7 «Выполнение расчетного обоснования проектных решений в части ядерной и радиационной безопасности ОИАЭ» (ПС 24.104 «Инженер-проектировщик систем ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии»), решает следующие профессиональные задачи:
- Разработка методов повышения безопасности ядерных установок, материалов и технологий.
- Разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта.



## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (з.е.) или 144 академических часа, в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем - 55 часов, самостоятельная работа обучающихся - 89 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:	72	72
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	4	4
Консультации по дисциплине	4	4
2. Самостоятельная работа студентов, в том числе:	89	89
Проработка источников информации (повторение пройденного материала, изучение и конспектирование рекомендованной литературы)	40	40
Подготовка к практическим занятиям	31	31
Подготовка к зачету	18	18

#### 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.

Планируемые (контролируемые) результаты освоения и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов и тем	Виды учебной работы, ч				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов				
		Лекции	Практические работы	Консультации по дисциплине					
ПК-2. ИПК-2.2. ПК-6. ИПК-6.1.	1. Физико-технические основы и характеристики ВТГР.	3	7	1	18	п.2 табл. 9 РПД, стр. 259 - 276	Семинар – отчет	-	-
	2. Выбор теплоносителя. Основные требования и условия работы	2	6	-	18	п.2 табл. 9 РПД, стр. 259 - 276	Семинар – отчет	-	-
	3. Топливо. Конструкция, основные требования и условия работы	4	7	1	17	п.4 табл. 9 РПД, стр. 5 – 61 п.2 табл. 9 РПД, стр. 259 - 276	Семинар – отчет	-	-
	4. Контроль герметичности и выгорания твэлов	4	7	1	18	п.4 табл. 9 РПД, стр. 67-73 п.2 табл. 9 РПД, стр. 259 - 276	Семинар – отчет	-	-
	5. Топливные циклы ВТГР. Обращение с отработавшим топливом	4	7	1	18	п.4 табл. 9 РПД, стр. 75 – 109 п.2 табл. 9 РПД, стр. 259 - 276	Семинар – отчет	-	-
ИТОГО:		17	34	4	89	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	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Физико-технические основы и характеристики ВТГР.»: Развитие газоохлаждаемых энергетических реакторов Высокотемпературные газографитовые реакторы малой и средней мощности
2	2	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Выбор теплоносителя»: Достоинства и недостатки различных видов теплоносителей. Характеристики теплоносителей ВТГР
3	3	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Топливо. Конструкция, основные требования и условия работы»: Определяющие факторы и проектные ограничения по выходу из топлива продуктов деления (ПД) Влияние геометрических характеристик керна и покрытий на работоспособность микротвэл (МТ) Влияние плотности компонентов топливной композиции на работоспособность МТ
4	4	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Контроль герметичности и выгорания твэлов»: Контроль герметичности Контроль выгорания по измерению гамма-излучения Cs-137 Контроль выгорания по изменению спектра резонансных нейтронов, прошедших через топливную сборку (шаровой твэл) Метод измерения выгорания на критической сборке
5	5	Вопросы для обсуждения на семинаре по теме «Топливные циклы ВТГР. Обращение с отработавшим топливом»: Особенности использования различных видов топлива в активной зоне ВТГР Уран-плутониевый цикл Смешанный уран-ториевый цикл Уран-ториевый цикл с использованием для первоначальной загрузки высокообогащенного урана Ториевый цикл Плутоний-ториевый цикл

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

№ п/п	Контрольные вопросы для проведения зачета
1	Нейтронно-физические характеристики ВТГР
2	Отличительные особенности и преимущества ВТГР
3	Обеспечение ядерной и радиационной безопасности
4	Режимы эксплуатации и перегрузки ядерного топлива
5	Отличие реактора с активной зоной с засыпкой из шаровых твэлов и из призматических
6	Свойства теплоносителей ВТГР, достоинства, недостатки
7	Особенности конструкции топлива ВТГР
8	Технологии производства топлива ВТГР
9	Работоспособность топливных частиц при высоких выгораниях, флюенсах и температурах
10	Критерии годности МТ при изготовлении и эксплуатации
11	Расчетно-экспериментальные исследования топлива.
12	Аналитические модели оценки повреждения МТ
13	Возможности использования ВТГР для диспозиции плутония. Сравнение с другими типами реакторов
14	Возможности использования ВТГР в замкнутом топливном цикле совместно с реакторами ВВР и БН

15	ВТГР как выжигатель минорных актинидов
16	Концепция обращения с топливом, выгружаемым из ВТГР
17	Особенности расчета остаточных тепловыделений
18	Программы для расчета остаточных тепловыделений
19	Расчетные оценки тепловыделения отработавшего топлива
20	Схема циркуляции гелия
21	Оценка работоспособности топлива

## 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 «Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов» обучающиеся должны приобрести знания, умения и навыки, сформулированные в дескрипторах достижения профессиональных компетенций ПК-2, ПК-6 и с которыми они готовы выполнять конкретные действия, прописанные в индикаторах достижения тех же компетенций (таблица 2). Оценивание формируемых компетенций ПК-2, ПК-6 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			
компетенций	индикаторов достижения компетенций			«Отлично»	«Хорошо»	«Удовлетворительно»	«Неудовлетворительно»
ПК-2, ПК-6.	ИПК-2.2, ИПК-6.1.	Семинары по всем темам	<u>Критерий 1</u> 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> Степень понимания изученного материала	Студент обнаруживает глубокое понимание излагаемого материала, может обосновать свои суждения, применить знания, полученные из рекомендованных и самостоятельно выявленных источников, но допускает 1–2 негрубые ошибки, которые сам же исправляет	Студент обнаруживает правильное понимание излагаемого материала, может обосновать свои суждения, применить знания, полученные из рекомендованных и самостоятельно выявленных источников, но допускает 1–2 негрубые ошибки, которые сам же исправляет	Студент обнаруживает поверхностное понимание излагаемого материала, имеет примитивные знания, полученные из рекомендованных и самостоятельно выявленных источников, допускает ряд негрубых ошибок, которые сам не может исправить	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, ПК-6

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 зачету в целом осуществляется по шкале оценивания, представленной в таблице 8.

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

Компетенции	Уровень усвоения	Описание шкалы оценивания на зачете
ПК-2 ПК-6	Достаточный	По критерию 1 и 2 с показателями не ниже «Удовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный вопрос (табл. 2.1)
	Недостаточный	По критерию 1 и 2 с показателем «Неудовлетворительно» в части, касающейся ответа на контрольный на вопрос (табл. 2.1)
ПК-2 ПК-6 (итог по зачету)	Достаточный	«Зачтено», если обе компетенции усвоены на достаточном уровне
	Недостаточный	«Не зачтено», если хотя бы одна компетенция усвоена на недостаточном уровне

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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

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

#### 9.1. Основная литература

№ п/п	Автор (ы)	Заглавие	Издательство, год издания, гриф	Количество экземпляров в библиотеке
1	Африкантов И.И.	Судовые атомные паропроизводительные установки (основы проектирования)	Под ред. Н. М. Синева. - Л. : Судостроение, 1965. - 376 с.	15
2	Сухарев Ю.П	Физика ядерных реакторов	Учебное пособие, Нижний Новгород, НГТУ, 2012.—323 с.	43
3	Сухарев Ю.П.	Нейтронно-физические характеристики ВТГР. Особенности, обоснование	Учебное пособие, Нижний Новгород, НГТУ, 2014, — 141 с.	9
4	Сухарев Ю.П	Топливо ВТГР. Обращение с топливом. Топливные циклы	Учебное пособие, Нижний Новгород, НГТУ, 2014, — 121 с.	9
5	С.А. Петрицкий, С.Н. Юртаев	Энергетические ресурсы и установки.	Учеб.пособие. НГТУ им.Р.Е.Алексеева. Н.Новгород. 2019	211

#### 9.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор (ы)	Заглавие	Издательство, год издания, гриф	Количество экземпляров
----------	-----------	----------	------------------------------------	---------------------------

				<i>в библиотеке</i>
1	Баскаков А.П.	Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии	Изд. Дом "Бастет", 2013. - 367 с	10
2	Эшби М.	Конструкционные материалы. Полный курс	Изд.дом "Интеллект", 2010. - 672 с..	14
3	Трухний А.Д.	Основы современной энергетики. Учебник: В 2-х т. Т.1 : Современная теплоэнергетика	Под ред. А. Д. Трухния. - 4-е изд. перераб. и доп. - М. : Изд. дом МЭИ, 2008. - 472 с	7

## 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);
- [Springer Nature \(журналы и коллекции электронных книг\)](#);
- [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 «Кибер Ленинка»: <https://cyberleninka.ru/journal>;
- электронно-библиотечная система издательства «Наука»: <https://www.libnauka.ru/>;
- информационная система доступа к каталогам библиотек сферы образования и науки ЭКБСОН: <http://www.vlibrary.ru/>.

## 7.2. Перечень программного обеспечения

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

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

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

Таблица 12 - 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 «Топливо и теплоносители газовых 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.	5232 Учебная аудитория для проведения лекций, семинаров, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	1. Доска меловая - 1 шт. 2. Ноутбук HP Intel® Core™ i3-5005U CPU @ 2.00GHz 2.00 GHz 8 Gb - 1 шт. 3. Мультимедийный проектор стационарный потолочный BENQ MW621ST - 1 шт. 4. Экран - 1 шт. 5. Рабочее место студента - 46.	1. Windows 10 Pro для учебных заведений (подписка DreamSparkPremium, договор № 0509/KMP от 15.10.18); 2. MS Office 2010 MS Open License, 60853088, Academic; 3. Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23 до 28.05.24) 4. Распространяемое по свободной лицензии: -OpenOffice.org 2.3.0 Professional, SunMicrosystemsInc. -GoogleChrome, версия 49.0.2623.87, бесплатное ПО. -Adobe Acrobat Reader DC-Russian.

## 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 компетенций ПК-2, ПК-6.

Основными видами аудиторной работы студентов по данной дисциплине являются:

- работа на лекциях;
- выполнение практических заданий;

Формами выполнения видов аудиторной работы являются:

- лекции;
- практические семинары;

Результаты аудиторной работы представляются в следующих основных формах:

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

Уровень развития компетенций ПК-2, ПК-6 в результате выполнения определенных видов работы оценивается:

- на контрольном опросе по пройденному материалу (знать);
- по результатам выполнения заданий на практических семинарах (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 12). 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: зачет

#### **Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету (ПК2: ИПК-2.2):**

1. Нейтронно-физические характеристики ВТГР
2. Отличительные особенности и преимущества ВТГР
3. Обеспечение ядерной и радиационной безопасности
4. Режимы эксплуатации и перегрузки ядерного топлива
5. Отличие реактора с активной зоной с засыпкой из шаровых ТВЭЛов и из призматических
6. Свойства теплоносителей ВТГР, достоинства, недостатки
7. Особенности конструкции топлива ВТГР
8. Технологии производства топлива ВТГР
9. Работоспособность топливных частиц при высоких выгораниях, флюенсах и температурах
10. Критерии годности МТ при изготовлении и эксплуатации

#### **Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету (ПК6: ИПК-6.1):**

1. Расчетно-экспериментальные исследования топлива.
2. Аналитические модели оценки повреждения МТ
3. Возможности использования ВТГР для диспозиции плутония. Сравнение с другими типами реакторов
4. Возможности использования ВТГР в замкнутом топливном цикле совместно с реакторами ВВР и БН
5. ВТГР как выжигатель минорных актинидов
6. Концепция обращения с топливом, выгружаемым из ВТГР
7. Особенности расчета остаточных тепловыделений
8. Расчетные оценки тепловыделения отработавшего топлива
9. Схема циркуляции гелия
10. Оценка работоспособности топлива

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

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Топливо и теплоносители газовых 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 «Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов» представляет собой курс, в ходе изучения которого у студентов формируются профессиональные компетенции ПК-2, ПК-6, прописанные 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 «Специальные главы конструирования ядерных установок», «Специальные методы измерения и контроля», «Методы и приборы физических измерений», «Нейтронно-физические характеристики ВТГР», «Кинетика ядерных реакторов», «Инженерные расчеты и проектирование ядерных энергетических установок», «Специальные вопросы проектирования и эксплуатации биологической защиты ядерных реакторов», «Специальные вопросы проектирования, эксплуатации и утилизации ядерных энергетических установок», «Принципы и средства обеспечения безопасности ядерных реакторных установок», «Реакторные установки типа «Высокотемпературный газовый реактор», «Физическая теория ионизирующего излучения», «Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла».

В процессе изучения учебной дисциплины «Топливо и теплоносители газовых ядерных реакторов» студенты продолжают осваивать указанные профессиональные компетенции, формирование которых начинается при изучении дисциплин «Специальные главы конструирования ядерных установок», «Принципы и средства обеспечения безопасности ядерных реакторных установок», «Реакторные установки типа «Высокотемпературный газовый реактор», «Физическая теория ионизирующего излучения», а завершается на преддипломной практике.

Тематический план изучения дисциплины «Топливо и теплоносители газовых 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 «Топливо и теплоносители газовых 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: Каратушина И.В., к.т.н., доцент кафедры АТС

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

(подпись)

10 марта 2025 г.