

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Димитровградский инженерно-технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ДИТИ НИЯУ МИФИ)**

**УТВЕРЖДАЮ:**

Декан физико-технического факультета

\_\_\_\_\_

(в состав, которого входит кафедра-составитель)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ОД.2.3 Твэлы и ТВС ядерных энергетических установок**

Направление подготовки \_\_\_\_\_ *03.04.02 Ядерные физика и технологии*

Квалификация выпускника \_\_\_\_\_ *Магистр*

Форма обучения \_\_\_\_\_ *очная*

Выпускающая кафедра \_\_\_\_\_ *Кафедра ядерных реакторов и материалов*

Кафедра-разработчик рабочей программы \_\_\_\_\_ *Кафедра ядерных реакторов и материалов*

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз., час./зачет)
4	144 (4)	18	18	0	108	зачет
<b>Итого</b>	144 (4)	18	18	0	108	зачет

Димитровград  
2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО .....	3
3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	12
6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ) .....	12
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	13
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	15
9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
Приложение 1 .....	18
Приложение 2 .....	19
Приложение 3 .....	20
Приложение 4 .....	22

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целями** освоения дисциплины «Твэлы и ТВС ядерных энергетических установок» являются рассмотрение на примерах результатов послереакторных исследований ТВС и твэлов ядерных реакторов ВВЭР, РБМК и БН показаны изменения основных параметров и характеристик ядерного топлива в результате эксплуатации в реакторе, рассмотрены основные физико-химические процессы, которые влияют на работоспособность, надежность и безопасность эксплуатации ТВС и твэлов.

Учебная дисциплина «Твэлы и ТВС ядерных энергетических установок» является обязательной общепрофессиональной дисциплиной, в которой соединена тематика безопасного взаимодействия человека со средой обитания и вопросы защиты от негативных факторов в чрезвычайных ситуациях.

### **Задачи дисциплины:**

- 1) Исследование типов ядерных реакторов, классификации ТВС и твэлов.
- 2) Рассмотрение конструкции и основных характеристик ТВС и твэлов ядерных реакторов АЭС России: ВВЭР-440; ВВЭР-1000; РБМК-1000 и БН-600.
- 3) Изучение основных физико-химических процессов, которые протекают в ТВС и твэлах при эксплуатации.
- 4) Рассмотрение на примере материаловедческого комплекса НИИАР методов и средств исследования облученных ТВС и твэлов в защитных камерах.
- 5) Исследование обобщенных основных результатов исследования облученных ТВС и твэлов ВВЭР, РБМК и БН соответственно.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина *Твэлы и ТВС ядерных энергетических установок* относится к *вариативной* части блока *1 профессионального* модуля учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

### знание

31. типы различных детекторов для обнаружения и распознавания ядерных излучений и планирование процедуры измерений;
32. виды технических средств для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;
33. способы наладки, настройки, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств;

### умения

- У1. самостоятельно оценить возможность использования детекторов различных типов для обнаружения и распознавания ядерных излучений и планирование процедуры измерений;
- У2. использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;
- У3. планировать мероприятия по наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств;

### владение

- В1. навыками самостоятельно оценить возможность использования детекторов различных типов для обнаружения и распознавания ядерных излучений и планирование процедуры измерений

В2. способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций

В3. способностью к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств.

Таблица 2.1 – Перечень предшествующих и последующих дисциплин, формирующих общекультурные и профессиональные компетенции

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
ПК-10	способностью формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов	Пакеты прикладных программ Действие облучения на материалы	Спецпрактикум Компьютерные технологии Государственная итоговая аттестация
ПК-11	способностью к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам	Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском Исследовательские ядерные установки Специальные проблемы экологии и безопасности	Основы ядерного нераспространения и безопасного обращения с ядерными материалами Инженерные вопросы реакторного материаловедения Безопасность ядерного топливного цикла Государственная итоговая аттестация

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов компетенций в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ОП ВО по данному направлению подготовки.

Таблица 3.1 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения ОПОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-10 способностью формулировать технические задания, использовать	<i>Знать:</i> типы различных детекторов для обнаружения и распознавания ядерных излучений и планирование процедуры измерений; <i>Уметь:</i>

	информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов	самостоятельно оценить возможность использования детекторов различных типов для обнаружения и распознавания ядерных излучений и планирование процедуры измерений; <i>Владеть:</i> навыками самостоятельно оценить возможность использования детекторов различных типов для обнаружения и распознавания ядерных излучений и планирование процедуры измерений
ПК-11	способностью к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам	<i>Знать:</i> Виды технических средств для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; <i>Уметь:</i> использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; <i>Владеть:</i> способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетных единиц (ЗЕТ), 144 академических часов.

Таблица 4.1 – Объем дисциплины по видам учебных занятий

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр
		4
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	144	144
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>		
занятия лекционного типа	9	9
занятия практического (семинарского) типа	18	18
в том числе: семинары		
практические занятия	18	18
практикум	-	-
лабораторные работы	-	-
другие виды контактной работы	-	-
в том числе: курсовое проектирование	-	-
групповые консультации	-	-
индивидуальные консультации	-	-
иные виды внеаудиторной контактной работы	-	-
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>81</b>	<b>81</b>
изучение теоретического курса	27	27
расчетно-графические задания, задачи	27	27

реферат, эссе	27	27
курсовое проектирование	-	-
<b>Вид промежуточной аттестации – экзамен</b>	<b>36</b>	<b>36</b>

Таблица 4.2 – Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

№ модуля образовательной программы*	№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, акад. часы					Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов	
Б1.В.ДВ.4.1	1	1. Типы ядерных реакторов и классификация ТВС и твэлов 1.1. Классификация ядерных реакторов 1.2. Классификация ТВС и твэлов 1.2.1. Классификация ТВС 1.2.2. Классификация твэлов	1	2	0	10	13	ПК-10
	2	2. Конструкция ТВС и твэлов реакторов АЭС России 2.1. Конструкция ТВС и твэлов реактора ВВЭР 2.1.1. ТВС и твэлы реактора ВВЭР-440 2.1.2. ТВС и твэлы реактора ВВЭР-1000 2.2. Ядерное топливо реактора РБМК-1000 2.3. Конструкция ТВС и твэлов реактора БН	1	2	0	10	13	ПК-10
	3	3. Основные физико-химические процессы в ТВС и твэлах, влияющие на их работоспособность 3.1. Изменение параметров и характеристик топливных таблеток твэлов при эксплуатации 3.2. Изменение параметров и характеристик конструкционных материалов ТВС и твэлов при эксплуатации 3.2.1. Циркониевые сплавы 3.2.2. Стали 3.3. Изменение параметров и характеристик твэлов при эксплуатации 3.4. Изменение параметров и характеристик дистанционирующих решеток при эксплуатации 3.5. Изменение параметров и характеристик ТВС при эксплуатации	1	2	0	10	13	ПК-11
	4	4. Методы и средства исследования облученных ТВС и твэлов 4.1. Первичные неразрушающие методы исследования облученного топлива 4.2. Материаловедческие разрушающие методы исследования облученного топлива 4.2.1. Участок металлографии 4.2.2. Участок сканирующей электронной микроскопии 4.2.3. Участок трансмиссионной электронной микроскопии 4.2.4. Участок механических испытаний 4.2.5. Комплекс установок для испытаний на	1	4	0	14	19	ПК-10

	ползучесть и длительную прочность 4.2.6. Внутрикамерное оборудование для коррозионных испытаний						
5	5. Состояние ТВС и ТВЭЛОВ ВВЭР после эксплуатации 5.1. Оценка коррозионного состояния элементов ТВС из циркониевых сплавов по внешнему виду 5.2. Состояние ТВС ВВЭР-1000 5.3. Состояние ТВЭЛОВ ВВЭР-1000 после эксплуатации 5.4. Причины разгерметизации и состояние негерметичных ТВЭЛОВ ВВЭР-1000 5.5. Структура высоковыгоревшего топлива ВВЭР 5.6. Состояние конструктивных элементов ТВС ВВЭР-1000 после эксплуатации 5.7. Состояние ТВС ВВЭР-440 после эксплуатации 5.8. Состояние ТВЭЛОВ ВВЭР-440 после эксплуатации	1	2	0	14	17	ПК-11
6	6. Состояние ТВС и ТВЭЛОВ РБМК после эксплуатации 6.1. Состояние ТВС РБМК-1000 после эксплуатации 6.2. Состояние ТВЭЛОВ РБМК-1000 после эксплуатации	2	2	0	12	16	ПК-10
7	7. Состояние ТВС и ТВЭЛОВ БН-реакторов после эксплуатации 7.1. Состояние ТВС БН-реакторов после эксплуатации 7.2. Состояние ТВЭЛОВ БН-реакторов после эксплуатации	2	4	0	11	17	ПК-11
<b>ИТОГО:</b>		<b>11</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>81</b>	<b>108</b>	<b>-</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины

Таблица 4.3 – Содержание дисциплины по разделам

№ раздела	Содержание дисциплины	Количество часов			
		Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	1.1. Классификация ядерных реакторов	1	2	0	10
	1.2. Классификация ТВС и ТВЭЛОВ				
	1.2.1. Классификация ТВС				
	1.2.2. Классификация ТВЭЛОВ				
2	2.1. Конструкция ТВС и ТВЭЛОВ реактора ВВЭР	1	2	0	10
	2.1.1. ТВС и ТВЭЛЫ реактора ВВЭР-440				
	2.1.2. ТВС и ТВЭЛЫ реактора ВВЭР-1000				
	2.2. Ядерное топливо реактора РБМК-1000				
2.3. Конструкция ТВС и ТВЭЛОВ реактора БН					
3	3.1. Изменение параметров и характеристик топливных таблеток ТВЭЛОВ при эксплуатации	1	2	0	10
	3.2. Изменение параметров и характеристик конструкционных материалов ТВС и ТВЭЛОВ при эксплуатации				
	3.2.1. Циркониевые сплавы				
	3.2.2. Стали				

	3.3. Изменение параметров и характеристик твэлов при эксплуатации				
	3.4. Изменение параметров и характеристик дистанционирующих решеток при эксплуатации				
	3.5. Изменение параметров и характеристик ТВС при эксплуатации				
4	4.1. Первичные неразрушающие методы исследования облученного топлива	1	4	0	11
	4.2. Материаловедческие разрушающие методы исследования облученного топлива				
	4.2.1. Участок металлографии				
	4.2.2. Участок сканирующей электронной микроскопии				
	4.2.3. Участок трансмиссионной электронной микроскопии				
	4.2.4. Участок механических испытаний				
	4.2.5. Комплекс установок для испытаний на ползучесть и длительную прочность				
	4.2.6. Внутрикамерное оборудование для коррозионных испытаний				
5	5.1. Оценка коррозионного состояния ЭЛЕМЕНТОВ ТВС из циркониевых сплавов по внешнему виду	1	4	0	12
	5.2. Состояние ТВС ВВЭР-1000				
	5.3. Состояние твэлов ВВЭР-1000 после эксплуатации				
	5.4. Причины разгерметизации и состояние негерметичных твэлов ВВЭР-1000				
	5.5. Структура высоковыгоревшего топлива ВВЭР				
	5.6. Состояние конструктивных элементов ТВС ВВЭР-1000 после эксплуатации				
	5.7. Состояние ТВС ВВЭР-440 после эксплуатации				
	5.8. Состояние твэлов ВВЭР-440 после эксплуатации				
6	6.1. Состояние ТВС РБМК-1000 после эксплуатации	2	2	0	14
	6.2. Состояние твэлов РБМК-1000 после эксплуатации				
7	7.1. Состояние ТВС БН-реакторов после эксплуатации	2	2	0	14
	7.2. Состояние ТВЭЛОВ БН-реакторов после эксплуатации				
<b>ИТОГО:</b>		9	18	0	81

Удельный вес проводимых в активных и интерактивных формах проведения аудиторных занятий по дисциплине составляет 8%.

Таблица 4.4 – Лекционный курс

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1.	1.	1.1. Классификация ядерных реакторов	1	
		1.2. Классификация ТВС и твэлов		
		1.2.1. Классификация ТВС		
		1.2.2. Классификация твэлов		
2.	2.	2.1. Конструкция ТВС и твэлов реактора ВВЭР	1	1
		2.1.1. ТВС и твэлы реактора ВВЭР-440		
		2.1.2. ТВС и твэлы реактора ВВЭР-1000		

3.		2.2. Ядерное топливо реактора РБМК-1000 2.3. Конструкция ТВС и твэлов реактора БН		
4.		3.1. Изменение параметров и характеристик топливных таблеток твэлов при эксплуатации	1	1
5.	3.	3.2. Изменение параметров и характеристик конструкционных материалов ТВС и твэлов при эксплуатации 3.2.1. Циркониевые сплавы 3.2.2. Стали		
6.		3.3. Изменение параметров и характеристик твэлов при эксплуатации 3.4. Изменение параметров и характеристик дистанционирующих решеток при эксплуатации 3.5. Изменение параметров и характеристик ТВС при эксплуатации		
7.		4.1. Первичные неразрушающие методы исследования облученного топлива		
8.	4.	4.2. Материаловедческие разрушающие методы исследования облученного топлива 4.2.1. Участок металлографии 4.2.2. Участок сканирующей электронной микроскопии 4.2.3. Участок трансмиссионной электронной микроскопии 4.2.4. Участок механических испытаний 4.2.5. Комплекс установок для испытаний на ползучесть и длительную прочность 4.2.6. Внутрикамерное оборудование для коррозионных испытаний		
9.	5.	5.1. Оценка коррозионного состояния элементов ТВС из циркониевых сплавов по внешнему виду	1	
10.		5.2. Состояние ТВС ВВЭР-1000		
11.		5.3. Состояние твэлов ВВЭР-1000 после эксплуатации		
12.		5.4. Причины разгерметизации и состояние негерметичных твэлов ВВЭР-1000		
13.		5.5. Структура высоковыгоревшего топлива ВВЭР		
14.		5.6. Состояние конструктивных элементов ТВС ВВЭР-1000 после эксплуатации		
15.		5.7. Состояние ТВС ВВЭР-440 после эксплуатации 5.8. Состояние твэлов ВВЭР-440 после эксплуатации		
16.		6.		6.1. Состояние ТВС РБМК-1000 после эксплуатации 6.2. Состояние твэлов РБМК-1000 после эксплуатации
17.	7.	7.1. Состояние ТВС БН-реакторов после эксплуатации 7.2. Состояние ТВЭЛОВ БН-реакторов после эксплуатации	2	
<b>ИТОГО:</b>			<b>9</b>	<b>2</b>

Таблица 4.5 – Практические (семинарские) занятия

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1.	1.	1.1. Классификация ядерных реакторов 1.2. Классификация ТВС и твэлов	2	

		1.2.1. Классификация ТВС 1.2.2. Классификация ТВЭЛОВ			
2.	2.	2.1. Конструкция ТВС и ТВЭЛОВ реактора ВВЭР 2.1.1. ТВС и ТВЭЛЫ реактора ВВЭР-440 2.1.2. ТВС и ТВЭЛЫ реактора ВВЭР-1000	2		
3.		2.2. Ядерное топливо реактора РБМК-1000 2.3. Конструкция ТВС и ТВЭЛОВ реактора БН			
4.	3.	3.1. Изменение параметров и характеристик топливных таблеток ТВЭЛОВ при эксплуатации	2		
5.		3.2. Изменение параметров и характеристик конструкционных материалов ТВС и ТВЭЛОВ при эксплуатации 3.2.1. Циркониевые сплавы 3.2.2. Стали			
6.		3.3. Изменение параметров и характеристик ТВЭЛОВ при эксплуатации 3.4. Изменение параметров и характеристик дистанционирующих решеток при эксплуатации 3.5. Изменение параметров и характеристик ТВС при эксплуатации			
7.		4.1. Первичные неразрушающие методы исследования облученного топлива			
8.	4.	4.2. Материаловедческие разрушающие методы исследования облученного топлива 4.2.1. Участок металлографии 4.2.2. Участок сканирующей электронной микроскопии 4.2.3. Участок трансмиссионной электронной микроскопии 4.2.4. Участок механических испытаний 4.2.5. Комплекс установок для испытаний на ползучесть и длительную прочность 4.2.6. Внутрикамерное оборудование для коррозионных испытаний	3		
9.		5.1. Оценка коррозионного состояния элементов ТВС из циркониевых сплавов по внешнему виду			
10.		5.2. Состояние ТВС ВВЭР-1000			
11.		5.3. Состояние ТВЭЛОВ ВВЭР-1000 после эксплуатации			
12.		5.4. Причины разгерметизации и состояние негерметичных ТВЭЛОВ ВВЭР-1000		4	
13.		5.5. Структура высоковыгоревшего топлива ВВЭР			
14.	5.6. Состояние конструктивных элементов ТВС ВВЭР-1000 после эксплуатации				
15.	5.7. Состояние ТВС ВВЭР-440 после эксплуатации 5.8. Состояние ТВЭЛОВ ВВЭР-440 после эксплуатации				
16.	6.	6.1. Состояние ТВС РБМК-1000 после эксплуатации 6.2. Состояние ТВЭЛОВ РБМК-1000 после эксплуатации	3		
17.		7.		7.1. Состояние ТВС БН-реакторов после эксплуатации 7.2. Состояние ТВЭЛОВ БН-реакторов после эксплуатации	2
<b>ИТОГО:</b>			<b>18</b>	<b>4</b>	

Таблица 4.6 – Лабораторные работы  
Не предусмотрены учебным планом.

Таблица 4.7- Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	1	Проработка конспектов лекций	10
		Выполнение индивидуального задания	
2	2-3	Проработка конспектов лекций	10
		Выполнение индивидуального задания	
3	4-6	Проработка конспектов лекций	10
		Выполнение индивидуального задания	
4	7-8	Проработка конспектов лекций	11
		Выполнение индивидуального задания	
5	9-15	Проработка конспектов лекций	14
		Выполнение индивидуального задания	
6	16	Проработка конспектов лекций	13
		Выполнение индивидуального задания	
7	17	Проработка конспектов лекций	13
		Выполнение индивидуального задания	
<b>ВСЕГО ЧАСОВ:</b>			<b>81</b>

Методические указания для самостоятельной работы обучающихся представлены в Приложении 2.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении лекционных занятий по дисциплине используются:

- мультимедийные презентации, отображаемые с помощью видеопроектора на специальном экране,
- проблемная лекция,
- лекция-дискуссия.

При проведении практических (семинарских) используются следующие методы:

- деловые игры,
- метод развивающейся кооперации (кейс-метод),
- ситуационные задачи.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем (-ями), ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- тестирование;
- письменные домашние задания;
- выполнение докладов, эссе;
- защита рефератов;

–дискуссии;

Промежуточный контроль студентов производится в следующих формах:

–тестирование;

–коллоквиумы.

Итоговый контроль студентов производится лектором (преподавателем, ведущим занятия в группах) и является оценкой знаний обучающегося. Зачет проводится в устно-письменной форме по вопросам.

Фонд оценочных средств представлен в Приложении 3.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

**Таблица 7.1 – Обеспечение дисциплины основной  
и дополнительной литературой по дисциплине**

№ п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Кол-во экземпляров
<b>Основная литература</b>						
1	Павлов С.В.	ТВС и твэлы ядерных энергетических установок: учебное пособие.	Дмитровград	ДИТИ НИЯУ МИФИ	2017	20
2	Павлов С.В.	Современные методы исследования ТВС и твэлов энергетических реакторов в обоснование эксплуатационной надежности: курс лекций [электронное сетевое издание] ISBN 978-5-7262-1943-1 Номер госрегистрации 0521800241 URL: <a href="http://www.nauch-misl.ru/pavlov">http://www.nauch-misl.ru/pavlov</a>	Дмитровград	ДИТИ НИЯУ МИФИ	2018	1
3	Павлов С.В., Сухих А.В., Сагалов С.С.	Неразрушающая диагностика состояния элементов активных зон ядерных реакторов.	Дмитровград	ДИТИ НИЯУ МИФИ	2015	20
4	Солонин В.И., Сотников А.С.	Материаловедческие аспекты проектирования и конструирования тепловыделяющих элементов энергетических ядерных реакторов: Учебное пособие	Москва	МГТУ им. Н.Э. Баумана	2015	1
<b>Дополнительная литература</b>						
1	Павлов С.В., Сухих А.В., Сагалов С.С.	Вихретоковые методы контроля в реакторном материаловедении.	Дмитровград	ОАО «ГНЦ НИИАР»	2010	1
2	Павлов С.В.	Неразрушающие ультразвуковые методы исследований облученного топлива ядерных реакторов	Дмитровград	ОАО «ГНЦ НИИАР»	2013	1
3	Павлов С.В., Сухих А.В., Сагалов С.С.	Топливо канальных кипящих реакторов большой мощности: проблемы и решения	Дмитровград	ДИТИ НИЯУ МИФИ	2016	20

4	Под общей ред. Б.А. Калина	Физическое материаловедение: Учебник для вузов: в 6 т.	Москва	НИЯУ МИФИ	2012	10
5	Решетников Ф.Г., Бибилашвили Ю.К., Головнин И.С. [и др.]	Разработка, производство и эксплуатация тепловыделяющих элементов энергетических реакторов	Москва	Энергоатомиздат	1995	1
6	Самойлов А.Г., Волков В.С., Солонин М.И.	Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов	Москва	Энергоатомиздат	1996	1
7	Абрамов М.И., Авдеев В.И., Адамов Е.О. [и др.]	Канальный ядерный энергетический реактор РБМК.	Москва	ГУП НИКИЭТ	2006	2
8	Фрост Б.	Твэлы ядерных реакторов	Москва	Энергоатомиздат	1986	1
9	Лихачев Ю.И., Пупко В.Я.	Прочность тепловыделяющих элементов ядерных реакторов	Москва	Атомиздат	1975	1
10	Колобашкин В.М.	Радиационные характеристики облученного ядерного топлива. Справочник	Москва	Энергоатомиздат	1983	1
11	Крюков Ф.Н., Голованов В.Н., Шамардин В.К.	Коррозия оболочек твэлов реакторов на быстрых нейтронах в результате физико-химического взаимодействия с топливом и продуктами деления	Дмитровград	ОАО «ГНЦ НИИАР»	2006	1
12	Звир Е.А., Ионов В.Б., Павлов С.В.	Послереакторное состояние твэлов и ТВС ВВЭР	Москва	Атлас	2013	1

## 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Научная электронная библиотека elibrary.ru
2. Фонд электронно-библиотечной системы образовательных и просветительских изданий IQlib, [www.IQlib.ru](http://www.IQlib.ru).
3. Электронная библиотечная система издательства Лань, [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com).
4. Электронное периодическое издание «KnigaFund.Ru», <http://www.knigafund.ru/books/149292/read>
5. Фонд статей журнала «Успехи физических наук» <http://www.ufn.ru/ru/articles/>
6. <http://fusedweb.pppl.gov/CPEP/chart.html>
7. <http://ncdo.levsha.ru/Pub/047D.files/main.htm>
8. <http://nuclphys.npi.msu.su/>

Методические указания для студентов по освоению дисциплины представлены в Приложении 4.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия:

- комплект электронных презентаций/слайдов,
- аудитории корп.3; оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, компьютер),
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,

Практические занятия (семинарского типа):

- презентационная техника (проектор, экран, компьютер) – корп.3
- пакеты ПО (общего назначения).

**Программное обеспечение - MSOffice: PowerPoint**

## 9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Структура текущего и промежуточного контроля: *тест (Т), коллоквиум (К), практические задания (ПЗ), Э - экзамен*

Таблица 9.1 – Структура текущего и промежуточного контроля

Информация о контрольных точках	Текущий контроль(<=25) (ТК)						Промежуточный контроль (<=30) (ПК)		Форма итогового контроля
	ТК <sub>1</sub>	ТК <sub>2</sub>	ТК <sub>3</sub>	ТК <sub>4</sub>	ТК <sub>5</sub>	ТК <sub>6</sub>	ПК <sub>1</sub>	ПК <sub>2</sub>	
Форма контроля	ПЗ, ДЗ	ПЗ, ДЗ	ПЗ, ДЗ	ПЗ, ДЗ	ПЗ, ДЗ	ПЗ, ДЗ	КР	КР	Экзамен
Неделя сдачи	3	6	9	12	15	17	7	16	
Максимальн. балл	3	3	6	3	5	5	15	15	

Таблица 9.2 - Структура баллов, начисляемых студентам по результатам текущего контроля (промежуточного контроля)

№ п/п	Наименование видов учебной работы и состояния учебной дисциплины студентов	Начисляемое количество баллов (долей баллов)	Максимальное количество баллов по данному виду учебной работы
<b>Текущий контроль</b>			
2	Выполнение заданий на практических занятиях	0,5 балл за решение 1 задачи	3
4	Выполнение домашних задач	0,5 балла за решение 1 задачи	12
<b>Максимальная сумма баллов по результатам текущего контроля</b>			<b>25</b>
<b>Промежуточный контроль</b>			
4	Оформление контрольной работы	15 баллов за 1 работу	30
<b>Максимальная сумма баллов по результатам промежуточного контроля</b>			<b>30</b>
<b>Активность</b>			
1	Посещение лекций и семинаров с аудиторным тестированием	0,25 балла за лекцию, 0,25 балла за практическое занятие	4,5
<b>Максимальная сумма баллов по результатам промежуточного контроля</b>			<b>5</b>



### Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Твэлы и ТВС ядерных реакторов» является частью профессионального модуля дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 03.04.02 Физика . Дисциплина преподается на физико-техническом факультете ДИТИ НИЯУ МИФИ кафедрой ядерных реакторов и материалов

Дисциплина нацелена на формирование дополнительных профессиональных и профессиональных компетенций (ПК-10, ПК-11) выпускника.

В содержании дисциплины рассмотрены основные типы ядерных реакторов и представлена классификация ТВС и твэлов. Описаны конструкции ТВС и твэлов реакторов ВВЭР-440, ВВЭР-1000, РБМК-1000, БН-600 и основные направления по совершенствованию ядерного топлива для АЭС России.

Рассмотрены физико-химические процессы, протекающие в ТВС и твэлах при их эксплуатации и влияющие на их работоспособность.

Приведены типовая программа и основные методы и средства материаловедческих исследований ТВС твэлов в защитных камерах.

В пособии представлены обобщенные результаты материаловедческих исследований ТВС и твэлов ВВЭР, РБМК и БН после их эксплуатации, проанализированы основные причины и процессы, приводящие к изменению параметров и характеристик ядерного топлива, и их влияние на эффективность и безопасность эксплуатации ТВС и твэлов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: (лекции, практические работы, контрольные работы, семинары, коллоквиумы, самостоятельная работа студента, консультации).

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме тестирования, письменных домашних заданий, выполнения докладов и эссе, защиты рефератов, устных опросов; промежуточный контроль в форме тестирования, контрольных работ, коллоквиумов и итоговый контроль в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (9 часов), практические (семинарские) (18 часов) и самостоятельной работы (81 часа) студента.

### Методические указания для самостоятельной работы обучающихся

На самостоятельную работу студентов по дисциплине «Твэлы и ТВС ядерных реакторов» отводится 81 академический час.

Под самостоятельной работой студентов понимается планируемая учебная, учебно-исследовательская, а также научно-исследовательская работа студентов, которая выполняется во внеаудиторное время по инициативе студента или по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студентов:

- овладение теоретическими (фундаментальными, догматическими) знаниями об историческом процессе безопасности жизнедеятельности, рисками и опасностями, возникающими при чрезвычайных ситуациях;
- формирование опыта собственной поисковой, творческой, научно-исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального (в том числе научного) уровня.

К основным (обязательным) видам самостоятельной работы студентов при изучении безопасности жизнедеятельности относятся:

- а) самостоятельное изучение теоретического материала,
- б) подготовка к практическим занятиям,
- в) выполнение письменных заданий к практическим занятиям,

Дополнительными видами самостоятельной работы являются:

- а) написание эссе, рефератов
- б) участие в ежегодной научной студенческой конференции, которая проводится в апреле каждого года.

## Приложение 3

к рабочей программе дисциплины  
«Твэлы и ТВС ядерных реакторов»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Дмитровградский инженерно-технологический институт** –  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(ДИТИ НИЯУ МИФИ)

**УТВЕРЖДАЮ:**

Декан физико-технического факультета  
\_\_\_\_\_ Варламова А.В..  
(в состав которого входит кафедра-составитель)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023г.

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### **Б1.В.ОД.2.3 Твэлы и ТВС ядерных энергетических установок**

(наименование дисциплины)

*03.04.02 Ядерные физика и технологии*

(код и наименование направления подготовки)

*Реакторное материаловедение*

(наименование профиля подготовки/специализации)

*магистр*

квалификация (степень) выпускника

Фонд оценочных средств  
разработан

\_\_\_\_\_ Павлов С.В. \_\_\_\_\_ профессор \_\_\_\_\_ Д.Т.Н. \_\_\_\_\_  
(подпись) Ф.И.О. должность ученая звание  
ученое звание

Рекомендован к  
утверждению на заседании  
кафедры

*Ядерных реакторов и материалов*

(название кафедры)

протокол заседания

от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Колесников А.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)

**Димитровград, 2023**

к рабочей программе дисциплины «Твэлы и ТВС ядерных реакторов»

**Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 часов, из них 63 часов аудиторных занятий и 81 часа, отведенных на самостоятельную работу студента.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Посещение лекций является обязательным. Если студент по любой причине пропустит лекцию, то он должен её отработать. Студент должен разобраться в материале, изложенном на лекции и должен быть готов ответить на несколько вопросов по существу лекции. Сама отработка пропущенной лекции проходит во время консультации, или, в крайнем случае, во время практических занятий. Семестр длится 18 недель, лекции читаются один раз в неделю. Однако на практике часть лекций пропадает по разным причинам. Материал пропавших лекций студенты изучают самостоятельно, пользуясь программой курса физики и рекомендованной литературой.</p>
Практические занятия	<p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с научно-публицистическим стилем текста. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.</p>
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.</p> <p>Самостоятельная работа студентов включает в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим) и выполнение соответствующих заданий;</li> <li>- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с программой;</li> <li>- подготовку к практическим занятиям и выполнение предусмотренных ими заданий;</li> <li>- выполнение письменных домашних работ;</li> <li>- подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе и к экзаменам и зачётам;</li> <li>- работу в студенческих научных обществах, кружках, семинарах и тому подобное;</li> <li>- участие в работе факультативов;</li> <li>- участие в научной и научно-методической работе кафедр и факультета;</li> <li>- участие в научных и научно-практических конференциях, семинарах, конгрессах и тому подобное;</li> <li>- другие виды деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, факультетом или кафедрой.</li> </ul> <p>Самостоятельная работа, выполняемая студентами, должна отвечать</p>

	<p>следующим требованиям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- быть проделанной лично студентом или являться самостоятельно выполненной частью коллективной работы;</li> <li>- представлять собой законченную разработку или законченный этап разработки, в которых раскрываются и анализируются актуальные проблемы изучаемой дисциплины и соответствующей сферы практической деятельности;</li> <li>- демонстрировать достаточную компетентность студента в раскрываемых вопросах;</li> <li>- иметь учебную, научную и/или практическую направленность и значимость;</li> <li>- содержать определенные элементы новизны.</li> </ul>
Консультации	Текущие консультации проводятся по заявке старост групп в согласованное с лектором время либо согласно расписанию консультаций, вывешенному на доске объявлений кафедры. Во время консультации студенты имеют возможность выяснять неясные вопросы по изучаемому материалу, отчитываться по пропущенным лекциям, сдавать домашние задачи.
Лабораторная работа	Следовать методическим указаниям по выполнению лабораторных работ.
Подготовка к экзамену	Экзамен является итоговой проверкой знаний студентов, полученных ими в течение семестра. К экзамену допускаются студенты, полностью выполнившие всю программу семестра. Это означает, что студенты должны отчитаться за все пропущенные лекции, лабораторные работы, сдать домашние задачи. При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.