

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Саровский физико-технический институт -**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

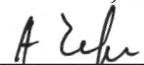
**(СарФТИ НИЯУ МИФИ)**

## **ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

*Кафедра «Технологии специального машиностроения»*

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан ФТФ, член корр. РАН, д.ф-м.н.

 А.К. Чернышев

« 30 » июня 2023 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Материалы атомной энергетики**

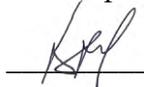
наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительного производства
Наименование образовательной программы	Конструирование и технология цифрового производства
Квалификация (степень) выпускника	магистр
Форма обучения	очная

Программа одобрена на заседании кафедры

протокол № 9 от 28.06.2023 г.

Зав. кафедрой ТСМ

 д.т.н. В.Н. Халдеев

« 30 » июня 2023 г.

Саров  
2023

Программа переутверждена на 202\_/202\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ТСМ на 202\_/202\_ учебный год  
Заведующий кафедрой ТСМ В.Н. Халдеев

Программа переутверждена на 202\_/202\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ТСМ на 202\_/202\_ учебный год  
Заведующий кафедрой ТСМ В.Н. Халдеев

Программа переутверждена на 202\_/202\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ТСМ на 202\_/202\_ учебный год  
Заведующий кафедрой ТСМ В.Н. Халдеев

Программа переутверждена на 202\_/202\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ТСМ на 202\_/202\_ учебный год  
Заведующий кафедрой ТСМ В.Н. Халдеев

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час	Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	СРС, час	КР/ КП	Форма контроля экз./зач./ЗсО	Интерактивные часы
3		4	144	16	32	-	60	-	ЭКЗ	16
ИТОГО		4	144	16	32	-	60	-	36	16

## АННОТАЦИЯ

В рамках данной учебной дисциплины предусмотрено изучение металлов и сплавов, применяемых в ядерном оружии и атомной энергетике. Рассматриваются строение, свойства и применение как энерговыделяющих, так и сопутствующих материалов.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

*Целью преподавания дисциплины «Материалы атомной энергетики» является формирование у студентов знаний в области строения и свойств металлов и сплавов, используемых в ядерном оружии и в атомной энергетике и необходимых для практического использования в дальнейшей профессиональной деятельности.*

Задачами освоения дисциплины являются: познать основные материалы, применяемые в ядерном оружии и атомной энергетике (плутоний, уран), их отличительные особенности, принципы работы с этими материалами. Выяснить назначение сопутствующих материалов (галлия, бериллия, циркония, бора), а также основных конструкционных материалов.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Материалы атомной энергетики» относится к обязательной части рабочего учебного плана.

Данная дисциплина необходима для подготовки инженеров-технологов и инженеров-конструкторов в области технологии специального машиностроения ядерно-оружейного комплекса (ЯОК). Материаловедческим вопросам как обычных инертных металлов и металлических сплавов, так и, особенно, делящихся материалов во ВНИИЭФ уделяется очень большое внимание, поскольку процесс конструирования элементов ядерного заряда или ядерного реактор начинается с выбора материала, обеспечивающего заданные эксплуатационные свойства. Последующий технологический процесс изготовления этих деталей в значительной мере определяется свойствами материала.

Для успешного освоения дисциплины «Материалы атомной энергетики» необходимы компетенции, формируемые в результате изучения таких дисциплин, как «Химия», «Физика», «Материаловедение».

Данная дисциплина является базовой для изучения последующих дисциплин специальности – «Технологии специальных материалов», «Основы конструирования ядерных зарядов», «Основы конструирования не ядерных боеприпасов». Ее изучение необходимо студенту, обучающемуся по магистерской программе и готовящемуся к производственной деятельности в РФЯЦ-ВНИИЭФ. Знание материалов, обладающих специальными свойствами, с возможностями применения их для конкретных изделий является важнейшим этапом становления специалиста.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Ожидается, что в результате освоения дисциплины студент приобретет следующие компетенции:

#### Общепрофессиональные компетенции (ОПК)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
-	-

#### Профессиональные компетенции выпускников (направленности/профиля/специализации) и индикаторы их достижения

Задача ПД	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задачи профессиональной деятельности: проектно-конструкторский			
выполнение проектно-конструкторских разработок с учетом требований действующих норм и правил безопасности на предприятиях ядерного оружейного комплекса с разработкой проектно-конструкторской документации на изготовление специальных изделий	опытное производство ядерного оружейного комплекса	ПК-10 Способен анализировать исходные данные и разрабатывать модель продукции на всех этапах ее жизненного цикла, устанавливать требования к продукции, процессам ее изготовления, качеству, транспортировке и утилизации; разрабатывать меры по повышению качества конструкторско-технологических решений и совершенствованию методик проектирования <b>Основание:</b> Профессиональный стандарт «40.081. Специалист по анализу и диагностике технологических комплексов механосборочного производства»	З-ПК-10 Знать: основные требования к продукции, процессам ее изготовления, качеству, транспортировке и утилизации. У-ПК-10 Уметь: анализировать исходные данные и разрабатывать модель продукции на всех этапах ее жизненного цикла. В-ПК-10 Владеть: основными приемами по повышению качества конструкторско-технологических решений и совершенствованию методик проектирования
Тип задачи профессиональной деятельности: специальный			
Проведение работ по конструкторско-технологическому обеспечению машиностроительных производств в соответствии с	опытное производство ядерного оружейного комплекса	ПК-15 Способен конструировать, разрабатывать технологию изготовления изделий специального назначения ЯОК с использованием эффективных материалов, оборудования и оснастки, контролировать каче-	З-ПК-15 Знать: особенности технологии изготовления изделий специального назначения ЯОК с использованием эффективных материалов, оборудования и оснастки. У-ПК-15 Уметь: конструировать и разрабатывать технологию изготовления изделий специально-

<p>требованиями и особенностями изготовления изделий специального назначения на предприятиях ГК "Росатом"</p>		<p>ство продукции, планировать экспериментальное использование средств и методов испытаний этих изделий, а также участвовать в проведении испытаний.  <b>Основание:</b>          Профессиональный стандарт «40.008. Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»</p>	<p>го назначения ЯОК.          В-ПК-15 Владеть: приемами планирования и экспериментального использования средств и методов испытаний изделий специального назначения ЯОК.</p>
---	--	--	---



## 4.2. Содержание дисциплины, структурирование по разделам (темам)

Лекционный курс		
№	Наименование темы	Содержание
1	Тема 1. Введение	Нерегулируемый и регулируемый процесс деления атомов. Появление ядерного оружия.
2	Тема 2. Физика процесса деления	Процесс деления. Влияние энергии нейтрона на процесс деления. Критическая масса. Энергия ядерного взрыва.
3	Тема 3. Основы радиоактивного распада	Характеристики радиоактивности. Разновидности радиоактивного распада. Влияние радиоактивного распада на превращение элементов.
4	Тема 4. Сущность работы ядерных устройств	Срабатывание ядерного заряда. Срабатывание термоядерного заряда. Принцип работы ядерного реактора.
5	Тема 5. Основные свойства и применение энерговыделяющих материалов	Энерговыделяющие материалы – делящиеся и радиоактивные. Энергетические параметры энерговыделяющих материалов. Применение энерговыделяющих материалов.
6	Тема 6. Уран, Плутоний	Изотопы природного урана. Полиморфные структуры урана. Сплавы на основе урана. Применение урана и его сплавов. Открытие плутония и схема его получения. Свойства плутония и его особенности. Применение плутония и его сплавов. Старение плутония.
7	Тема 7. Полоний, Дейтерий и Тритий	Свойства полония. Опасность обращения с полонием. Применение полония и его сплавов. Свойства дейтерия и трития.
8	Тема 8. Нептуний, Америций	Появление нептуния и америция при наработке плутония. Свойства нептуния и америция и применение их в атомной энергетике
9	Тема 9. Галлий	Свойства галлия. Особенности галлия. Применение галлия и его сплавов.
10	Тема 10. Цирконий, Бериллий	Свойства циркония. Сплавы циркония. Применение циркония и его сплавов в атомной промышленности. Бериллий и его свойства. Сплавы бериллия. Применение бериллия и его сплавов.
11	Тема 11. Бор, Литий	Бор и его свойства. Соединения бора. Применение бора и его соединений Литий и его свойства. Применение лития в термоядерных устройствах.
12	Тема 12. Церий, Кадмий	Церий и его свойства. Применение церия и его сплавов. Кадмий и его свойства. Применение кадмия в атомной энергетике.
13	Тема 13. Алюминий, Магний	Алюминий и его сплавы. Применение алюминия и его сплавов в атомной промышленности. Магний и его сплавы. Применение магния и его сплавов.
14	Тема 14. Титан, Сталь	Титан и его сплавы. Применение титана и его сплавов. Разновидности сталей, применяемых в ядерной энергетике.
15	Тема 15. Тугоплавкие металлы	Применение тугоплавких металлов в ядерной энергетике. Свойства тугоплавких металлов.
16	Тема 16. Керамические материалы	Целесообразность применения керамических материалов в ядерной энергетике. Оксидная керамика и ее свойства.

## 4.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов

1. Халдеев В.Н., Материалы атомной энергетики. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2022.
2. Горобец Б.С. Ядерный реванш Советского Союза. Об истории Атомного проекта СССР. – М.: КРАСАНД, 2014.
3. Баранов В.Г., Годин Ю.Г., Тенишев А.В. и др. Физическое материаловедение. Т. 7. Ядерные топливные материалы. – М.: НИЯУ «МИФИ», 2012.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

### 5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в таблице:

Раздел	Темы занятий	Компетенция	Индикаторы освоения	Текущий контроль, неделя
<b>Семестр 3</b>				
Раздел 1	Тема 1. Введение	ПК-15	3-ПК-15; У-ПК-15	УО, 1
	Тема 2. Физика процесса деления			УО, 2
	Тема 3. Основы радиоактивного распада			УО, 3
	Тема 4. Сущность работы ядерных устройств			УО, 4
Раздел 2	Тема 5. Основные свойства и применение энерговыделяющих материалов	ПК-10	3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	УО, 5
	Тема 6. Уран, Плутоний	ПК-15 ПК-10	3-ПК-15 У-ПК-15; 3-ПК-10; У-ПК-10;	ДЗ, 6
	Тема 7. Полоний, Дейтерий и Тритий			ДЗ, 7
	Тема 8. Нептуний, Америций			УО, 8
	<b>Рубежный контроль</b>	ПК-15 ПК-10	3-ПК-15 У-ПК-15; В-ПК-15 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	Тест, 8
Раздел 3	Тема 9. Галлий	ПК-15 ПК-10	3-ПК-15 У-ПК-15; 3-ПК-10; У-ПК-10;	УО, 9
	Тема 10. Цирконий, Бериллий			УО, 10
	Тема 11. Бор, Литий			УО, 11
	Тема 12. Церий, Кадмий			УО, 12
Раздел 4	Тема 13. Алюминий, Магний	ПК-15 ПК-10	3-ПК-15 У-ПК-15; 3-ПК-10; У-ПК-10;	УО, 13
	Тема 14. Титан, Сталь			УО, 14
	Тема 15. Тугоплавкие металлы			УО, 15
	Тема 16. Керамические материалы			УО, 16
	<b>Рубежный контроль</b>	ПК-15 ПК-10	3-ПК-15 У-ПК-15; В-ПК-15 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	Тест, 16
	<b>Промежуточная аттестация</b>	ПК-15 ПК-10	3-ПК-15 У-ПК-15; В-ПК-15 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	Экзамен

**5.2. Примерные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков или опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### 5.2.1. Оценочные средства для текущего контроля

#### 5.2.1.1. Примерные вопросы для устного опроса (УО)

1. Почему уран-235 является делящимся, а уран-238 не является делящимся?
2. Какова характерная особенность структуры урана?
3. Каким параметром характеризуется радиоактивный распад?
4. Каков принцип срабатывания атомной бомбы?

5. Каково назначение отражателей?
6. Назовите все полиморфные модификации плутония.
7. Является ли нептуний-237 делящимся материалом?
8. В чем состоит сходство галлия и плутония?
9. С какой целью сталь легируют цирконием?
10. При каких температурах могут работать детали из бериллия?
11. Каково применение карбида бора ( $B_4C$ )?

### **5.2.2. Оценочные средства для рубежного контроля**

#### **5.2.2.1. Примерные вопросы для тестового анализа**

1. Уран-238 является:
  - а – делящимся
  - б – делимым
2. Термоядерное оружие основано на:
  - а - делении атомов
  - б – синтезе атомов
3. Плутоний-238 является:
  - а – радиоактивным
  - б – ядерноопасным
4. Бериллий:
  - а – поглощает нейтроны
  - б – замедляет нейтроны

### **5.2.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **5.2.3.1. Примерные вопросы к экзамену**

1. Назовите основные разновидности радиоактивного излучения.
2. Что происходит с ураном-238 при захвате им медленного нейтрона?
3. Что происходит с ядром атома при  $\alpha$ -распаде?
4. Каков принцип работы ядерного реактора?
5. Каким требованиям должен отвечать материал замедлителя?
6. Почему наибольшее распространение получила  $\delta$ -фаза плутония?
7. Какие частицы излучает полоний в процессе радиоактивного распада?
8. Каковы механические свойства галлия?
9. Каковы температура плавления и плотность циркония?
10. С какой целью применяют в атомной энергетике бериллий?
11. Какова температура плавления карбида бора?

### **Пример экзаменационного билета**

#### **СарФТИ НИЯУ МИФИ**

Кафедра технологии специального машиностроения

#### **Экзаменационный билет № 15**

дисциплина “Материалы атомной энергетики”

1. Сплавы урана
2. Эвтектические соединения в плутонии
3. Какова стойкость титана в контакте с нагретым ураном?

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

### 5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от нуля до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90–100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
85–89	4 - «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе
75–84		C	
70–74		D	
65–69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
60–64			
Ниже 60	2-«неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает значительные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Халдеев В.Н., Материалы атомной энергетики. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2022.
2. Горобец Б.С. Ядерный реванш Советского Союза. Об истории Атомного проекта СССР. – М.: КРАСАНД, 2014.
3. Баранов В.Г., Годин Ю.Г., Тенишев А.В. и др. Физическое материаловедение. Т. 7. Ядерные топливные материалы. – М.: НИЯУ «МИФИ», 2012.

## **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Халдеев В.Н. Выбор материала и упрощенного технологического процесса изготовления деталей из ДМ: учебно-методическое пособие по выполнению домашнего задания по дисциплине «Материалы атомной энергетики». – Саров: СарФТИ, 2017
2. Ядерное нераспространение: учебное пособие для студентов вузов / И.А. Ахтамзян и др.; под общ. ред. В.А. Орлова, Н.Н. Соколова. – М.: ПИР-Центр, 2000

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Специальное программное обеспечение не требуется

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лабораторный практикум по учебной дисциплине «Материалы атомной энергетики» не предусмотрен.

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В библиотеке института и на сайте СарФТИ находится учебный, учебно-методический и справочный материал, необходимый для лекционных и практических занятий.

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебным планом кафедры на изучение дисциплины «Конструирование изделий специального назначения» отводится один семестр. В конце семестра проводится экзамен.

При изучении дисциплины методически целесообразно в каждом разделе выделять наиболее важные моменты и акцентировать на них внимание обучающихся.

Наиболее значимыми разделами дисциплины «Материалы атомной энергетики» являются:

- физические основы процессов деления и синтеза атомов;
- плутоний – важнейший элемент оружейной тематики;
- галлий, бериллий, бор – сопутствующие элементы;
- цветные металлы и конструкционные стали.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ (ФГОС) и учебным планом основной образовательной программы (программ).

**Автор(ы):** заведующий кафедрой ТСМ,  
доктор технических наук, доцент

В.Н. Халдеев

Рецензент(ы):