

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»

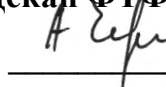
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра «Технологии специального машиностроения»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ, член корр. РАН, д.ф-м.н.



А.К. Чернышев

« 30 » июня 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Технологии специальных материалов**

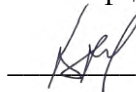
наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительного производства
Наименование образовательной программы	Технология машиностроения
Квалификация (степень) выпускника	магистр
Форма обучения	очная

Программа одобрена на заседании кафедры

протокол № 9 от 28.06.2021г.

Зав. кафедрой ТСМ



д.т.н. В.Н. Халдеев

« 30 » июня 2021г.

г. Саров, 2021 г.

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	32	3	108	16	32	-	60	-	зачет	16
<b>итого</b>	<b>32</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>16</b>

## АННОТАЦИЯ

В рамках учебной дисциплины «Технологии специальных материалов» предусмотрено изучение принципов и особенностей получения материалов, используемых в оружейной тематике и в атомной энергетике. Рассматриваются технологии получения как ядерных, так и некоторых неядерных материалов, необходимых как в ядерном заряде, так и в ядерном реакторе.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

*Целью преподавания дисциплины* «Технологии специальных материалов» является ознакомление студентов с материалами, применяемыми в ядерных зарядах и в ядерных реакторах, со способами получения этих материалов, а также с технологическими процессами обработки этих материалов.

Задачами освоения дисциплины являются: познать ядерные и сопутствующие им неядерные материалы; выяснить как осуществляется получение выше названных материалов; изучить технологии изготовления заданных деталей из этих материалов.

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

Дисциплина «Технологии специальных материалов» относится к части рабочего учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений, и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина «Технологии специальных материалов» относится к разряду дисциплин, необходимых для подготовки инженеров-технологов, которые по окончании института будут работать в технологических отделах РФЯЦ-ВНИИЭФ. Вопросы технологии изготовления деталей и узлов из ядерных и сопутствующих им материалов являются важными как во ВНИИЭФ, так и в Росатоме, поэтому изучение данной дисциплины необходимо для будущего сотрудника РФЯЦ-ВНИИЭФ. Дисциплина «Технологии специальных материалов» имеет значительную теоретическую основу. Наряду с вопросами теории в данной дисциплине рассматриваются также вопросы практического применения материалов специального назначения.

Главной задачей дисциплины «Технологии специальных материалов» является обучение студентов умению выбора материала в зависимости от конкретной ситуации. Для успешного освоения данной дисциплины студент должен иметь достаточные сведения по химии, физике, материаловедению, технологическим процессам. С другой стороны, дисциплина «Технологии специальных материалов» является необходимой при изучении одной из основных дисциплин специальности «Основы конструирования ядерных зарядов».

# 1. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИ

## Универсальные и общепрофессиональные компетенции:

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

## Обязательные профессиональные компетенции выпускников 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 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 <i>Основание:</i> 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.

## 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 безопас-	опытное производство ядерного оружейного комплекса	ПК-4.2 способен обобщать результаты проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью выработки предложений по разработке и усовершен-	З-ПК-4.2 знать метрологию, стандартизацию и сертификацию в атомной отрасли У-ПК-4.2 уметь использовать математические методы обработки ре-

ности на предприятиях ядерного оружейного комплекса с разработкой проектно-конструкторской документации на изготовление специальных изделий		<p>ствованию ядерно-оружейных технологий</p> <p><b>Основание:</b></p> <p>Профессиональный стандарт «24.078. Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий»</p>	<p>зультатов исследований и их обобщение, производить сравнительный анализ</p> <p>В-ПК-4.2 владеть навыками методами анализа и обобщения результатов выполненных научно-технических исследований и разработок</p>
---	--	--	---

## 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы						
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	Максимальный балл (см. п.5.3)	
			16	32	-	60			
<b>Семестр 3</b>									
1	Тема 1. Уран	1-2	2	4		5	УО	5	
2	Тема 2. Плутоний	3-4	2	4		5	УО	5	
3	Тема 3. Материалы, поглощающие нейтроны. Редкоземельные материалы	5-6	2	4		5	УО	5	
4	Тема 4. Бор	7-8	2	4		5	УО	5	
<b>Рубежный контроль</b>		8					Тест	5	
5	Тема 5. Гафний, Бериллий	9-10	2	4		5	УО	5	
6	Тема 6. Гидриды и дейтериды лития	11-12	2	4		5	ДЗ	5	
7	Тема 7. Тантал	13-14	2	4		5	ДЗ	5	
8	Тема 8. Аддитивные технологии	15-16	2	4		5	УО	5	
<b>Посещаемость</b>									<b>5</b>
			<b>Всего</b>						<b>50</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>			<b>Зачет</b>						<b>50</b>
<b>Итого:</b>								<b>100</b>	

\*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос; Тест – тестирование (письменный опрос); ДЗ – домашнее задание; Э/Зач/ЗсО – экзамен/зачет/зачет с оценкой и др.

## 4.2. Содержание дисциплины, структурирование по темам

### Лекционный курс

№	Наименование темы	Содержание
1	Тема 1. Уран	Место урана в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева. Основные свойства урана. История открытия урана, его применение. Руды и месторождения урана. Добыча и производство урана. Получение металлического урана. Изотопы урана. Физические свойства урана. Коррозия и защита урана. Урановое оксидное ядерное топливо. Процесс изготовления (фабрикации) ядерного топлива. Производство ядерного топлива в России. МОКС – топливо. Опасные и вредные факторы при работе с ураном.
2	Тема 2. Плутоний	Место плутония в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева. Основные свойства плутония. Химические свойства плутония. Классификация плутония. Изотопы плутония. Получение изотопов плутония. Разделение и очистка плутония: технологии осаждения, жидкостно-жидкостная экстракция, процессы ионного обмена, экстракция расплавами металлов, экстракция расплавами солей, возгонка фторидов. Процессы дальнейшей переработки плутония. Получение металлического плутония и его обработка. Сплавы плутония. Токсичность плутония.
3	Тема 3. Материалы, поглощающие нейтроны. Редкоземельные материалы	Нейтронно-поглощающие материалы. Их классификация. Критерии выбора. Использование поглощающих материалов в ядерных реакторах. Европий. Минералы, содержащие европий. Оксид европия: технология изготовления, дисперсионные композиции. Диспрозий. Изотопы диспрозия. Оксид диспрозия: технология изготовления. Гафнат диспрозия: технология получения таблеток. Гадолиний. Изотопы гадолиния. Оксид гадолиния: технология изготовления.
4	Тема 4. Бор	История открытия. Место бора в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева. Применение бора. Получение бора. Изотоп бор-10: применение бора-10. Разделение изотопов бора. Получение порошков бора-10. Технология перевода аморфного бора-10 в кристаллическую форму термообработкой. Технология изготовления деталей из композита полипропилен-бор. Технология нанесения покрытий плазменным способом. Карбид бора, его свойства. Получение порошков карбида бора: метод получения карбида бора синтезом из элементарного бора и углерода, способ восстановления борного ангидрида, восстановление борного ангидрида металлами, способ восстановления трихлорида бора водородом при наличии свободного углерода, процесс получения карбида бора из диборана и ацетилена. Карбид бора, технология горячего прессования деталей. Свойства горячепрессованного карбида бора.
5	Тема 5. Гафний, Бериллий	История открытия гафния. Добыча цирконов. Технология получения гафния: металлотермическое восста-



		<p>новление, электролиз расплава, дуговая плавка. Очистка от примесей: иодидное рафинирование, электронно-лучевой переплав. Физические и химические свойства гафния.</p> <p>Место бериллия в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева, его характеристика. Сырье для производства бериллия. Способы получения бериллия: металлотермические методы, магниитермическое восстановление фторида бериллия, электролитическое производство бериллия. Получение чистого бериллия. Сварка бериллия. Токсичность бериллия. Химические свойства. Сплавы на основе бериллия. Оксид бериллия.</p>
6	Тема 6. Гидриды и дейтериды лития	<p>Место лития в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева, его характеристика. Получение металлического лития, химические свойства. Гидрид лития, получение гидрида лития. Изотопный состав. Физические и химические свойства. Технология получения деталей. Вредные и опасные факторы при работе с гидридами лития.</p>
7	Тема 7. Тантал	<p>Характеристика тантала. Содержание в земной коре и способы получения. Промышленные способы получения: натриетермическое восстановление из комплексных фторидов, восстановление из хлоридов водородом, электролиз расплавленных сред, сернокислотный способ обработки лопаритовых концентратов. Свойства тантала. Сплавы тантала.</p>
8	Тема 8. Аддитивные технологии	<p>Исторические предпосылки появления аддитивных технологий. Категории, терминология. Металлическое аддитивное производство. Металлические материалы для аддитивного производства. Аддитивные технологии для изготовления металлических изделий: синтез на подложке, прямой подвод энергии и материала, струйное нанесение связующего, листовая ламинация. Технология селективного лазерного плавления. Оборудование для металлического аддитивного производства. Производство аддитивного оборудования в России. Возможности аддитивных технологий и примеры создания изделий.</p>

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

1. Халдеев В.Н. Материалы атомной энергетики. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2022.
2. Плутоний. Фундаментальные проблемы. В 2-х Т. Т.1. Пер. с англ. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2003.

### 3. 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>				
<b>1</b>	Тема 1. Уран	ПК-10 ПК-4.2	3-ПК-10; У-ПК-10 3-ПК-4.2	УО, 2
	Тема 2. Плутоний		3-ПК-10; У-ПК-10 3-ПК-4.2	УО, 4
	Тема 3. Материалы, поглощающие нейтроны. Редкоземельные материалы		3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10 3-ПК-4.2; У-ПК-4.2; В-ПК-4.2	УО, 6
	Тема 4. Бор		3-ПК-10; У-ПК-10 3-ПК-4.2	УО, 7
<b>Рубежный контроль</b>		ПК-10 ПК-4.2	3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10 3-ПК-4.2; У-ПК-4.2; В-ПК-4.2	<b>Тест, 8</b>
<b>2</b>	Тема 5. Гафний, Бериллий	ПК-10 ПК-4.2	3-ПК-10; У-ПК-10 3-ПК-4.2	УО, 10
	Тема 6. Гидриды и дейтериды лития		3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10 3-ПК-4.2; У-ПК-4.2; В-ПК-4.2	ДЗ, 12
	Тема 7. Тантал		3-ПК-10; У-ПК-10 3-ПК-4.2	ДЗ, 14
	Тема 8. Аддитивные технологии		3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	УО, 16
<b>Промежуточная аттестация</b>		ПК-10 ПК-4.2	3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10 3-ПК-4.2; У-ПК-4.2; В-ПК-4.2	<b>Зачет</b>

**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. Назовите основные свойства урана.
2. Каково влияние галлия на свойства плутония?
3. Какой из химических элементов наиболее интенсивно поглощает нейтроны?
4. Каково назначение бора в атомной бомбе?
5. Каково назначение бериллия в атомной бомбе?
6. Как испытывают газовый генератор?
7. Какими свойствами характеризуется тантал?

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

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

1. Сплав плутония с бериллием является:
  - а – источником  $\alpha$ -излучения
  - б – источником нейтронного излучения
2. Карбид бора в атомном реакторе предназначается для:
  - а - регулирования цепной реакции
  - б – размножения нейтронов
3. Дейтерид лития используется в:
  - а – термоядерном заряде
  - б – атомной бомбе
4. Тантал является:
  - а – сверхпроводником
  - б – тугоплавким металлом

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

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

1. Какова технология оксида европия?
2. Как осуществляется металлотермический метод получения бериллия?
3. Какой уран называется обогащенным ?
4. Как влияет молибден на свойства урана ?
5. Что представляет собой МОКС-топливо?
6. Какова сущность аддитивных технологий?
7. Назовите основные способы защиты урана от коррозии.
8. Какова технология получения гидрида лития?

### **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 бальной 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. Плутоний. Фундаментальные проблемы. В 2-х Т. Т.1. Пер. с англ. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2003.

### *Дополнительная литература:*

1. Баранов В.Г., Годин Ю.Г., Тенишев А.В. Физическое материаловедение. Ядерные топливные материалы. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012.
2. Малинов В.И. Технологии специальных материалов. Конспект лекций. 2022.

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Специальное программное обеспечение не требуется

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

Лабораторный практикум по учебной дисциплине “Технологии специальных материалов” 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 “Технологии специальных материалов” 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 обучаемых.

Наиболее значимыми разделами дисциплины “Технологии специальных материалов” являются:

- ядерные материалы, их разновидности и свойства;
- неядерные материалы специального назначения;
- процессы получения специальных материалов;
- технологии обработки специальных материалов.

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):