

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Баламирзоев Назим Лидинович  
Должность: И.о. ректора  
Дата подписания: 12.04.2023 11:37:14  
Уникальный программный ключ:  
2a04bb882d7edb7f479cb2666eb4aaacdebeea849

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

**И.о. проректора по научной  
и инновационной  
деятельности ФГБОУ ВО**

**«ДГТУ», к.т.н., доцент**



**Ирзаев Г.Х.  
2021г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине Б1.В.ОД.5 Полупроводниковые термоэлектрические преобразователи, приборы и комплексы

по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника

(направленность – Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники)

Всего учебных часов	72
Всего аудиторных часов	36
Всего часов на самостоятельную работу аспиранта	36
Аттестация (семестр)	4

**Махачкала 2021г.**

Рабочая программа по дисциплине «Полупроводниковые термоэлектрические преобразователи, приборы и комплексы» утверждена на заседании кафедры «Теоретической и общей электротехники».

Протокол № 2 от «15» 10 2021 г.

Зав. кафедрой ТиОЭ, к.т.н, доцент  М.А. Хазамова  
подпись

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью дисциплины является подготовка будущего аспиранта к решению практических задач, связанных с применением полупроводниковых термоэлектрических преобразователей на практике, формирование понимания роли термоэлектрического преобразования энергии на современном уровне развития техники.

Задачей дисциплины является получение теоретических знаний и практических навыков по основным вопросам генерирования новых знаний и прикладного использования термоэлектрического преобразования энергии.

Курс основан на дисциплинах «Высшая математика», «Физика», «Теоретические основы электротехники».

### **Требования к минимуму содержания по дисциплине «Полупроводниковые термоэлектрические преобразователи, приборы и комплексы» для направления подготовки 13.06.01 «Электро – и теплотехника»**

Эффект Зеебека, эффект Пельтье, эффект Томсона; полупроводниковые термоэлектрические материалы: низкотемпературные, среднетемпературные, высокотемпературные, термоэлектрические параметры полупроводниковых материалов; методы синтеза полупроводниковых термоэлектрических материалов; работа полупроводниковых термоэлектрических преобразователей в режиме охладителя, нагревателя, генератора электрической энергии, каскадирование термоэлектрических преобразователей, специальные режимы работы термоэлектрических преобразователей; типовая конструкция термоэлектрического модуля, технология изготовления термоэлектрических модулей; конструкции полупроводниковых термоэлектрических охлаждающих и нагревательных устройств, генераторов электрической энергии, термоэлектрических измерителей физических величин; области применения термоэлектрического охлаждения, нагрева и генерирования электрической энергии; термоэлектрические датчики температуры, теплового потока, калориметры, приемники излучения, термоэлектрические преобразователи для измерения электрических величин; перспективные направления развития термоэлектрической техники.

**Требования к уровню подготовки  
аспиранта по дисциплине  
«Полупроводниковые термоэлектрические преобразователи, приборы и комплексы»  
для направления подготовки  
13.06.01 «Электро – и теплотехника»**

**Аспирант должен  
иметь представление:**

- о перспективах термоэлектрического метода преобразования энергии;
- о различных конструкциях термоэлектрических преобразователей;
- об основных областях применения полупроводниковых термоэлектрических преобразователей;
- о перспективных термоэлектрических материалах;

**знать и уметь:**

- эффект Пельтье, Зеебека, Томсона;
- устройство и принцип работы полупроводниковых термоэлектрических преобразователей;
- режимы работы полупроводниковых термоэлектрических преобразователей;
- полупроводниковые термоэлектрические материалы;
- технологию изготовления типовых конструкций термоэлектрических модулей

**иметь навыки:**

- расчета полупроводниковых термоэлектрических преобразователей, используемых для охлаждения, нагрева и генерации электрической энергии;
- применения термоэлектрических преобразователей на практике.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№	План лекций	ЛК, час.	ПР, час.	ЛБ, час.	СРС, час.	Средства и методы обучения
1	2	3	4	5	6	8
1	Лекция 1 Тема: «Термоэлектрические эффекты» 1. Эффект Зеебека. 2. Эффект Пельтье. 3. Эффект Томсона.	2	4		3	Схемы, диаграммы
2	Лекция 2 Тема: «Термоэлектрические материалы» 1. Термоэлектрические свойства полупроводниковых материалов. Коэффициент термо-Э.Д.С., добротность. 2. Низкотемпературные термоэлектрические материалы. 3. Технология получения термоэлектрических материалов	2	4		2	Схемы, диаграммы, образцы термоэлектрических материалов
3	Лекция 3 Тема: «Работа термоэлектрического преобразователя в режиме охлаждения и нагрева» 1. Основные соотношения для единичного термоэлемента, работающего в режиме термоэлектрического охлаждения и нагрева. 2. Понятие о холодопроизводительности и холодильном коэффициенте термоэлектрического охладителя. 2. Понятие о теплопроизводительности и отопительном коэффициенте термоэлектрического нагревателя.	2	4		2	Схемы, типовые конструкции стандартных термоэлектрических модулей
4	Лекция 4 Тема: «Работа термоэлектрического преобразователя в режиме термоэлектрического генератора энергии». 1. Основные соотношения для единичного термоэлемента, работающего в режиме термоэлектрического генерирования энергии. 2. Режимы работы термоэлектрического генератора электрической энергии.	2	4		3	Схемы, типовые конструкции стандартных термоэлектрических модулей
5	Лекция 5 Тема «Конструкции термоэлектрических охлаждающих и нагревательных устройств. Стабилизация температуры с помощью термоэлектрических преобразователей».	2	4		3	Нагурные образцы термоэлектрических охлаждающих устройств различного назначения

	<p>1. Термоэлектрические охладители и нагреватели контактного типа.</p> <p>2. Термоэлектрические охладители и нагреватели проточного типа.</p> <p>3. Термоэлектрические охладители и нагреватели замкнутого объема.</p> <p>4. Термоэлектрические интенсификаторы теплопередачи.</p>					Натурные образцы термоэлектрических генераторов электрической энергии	
6	<p>Лекция 6</p> <p>Тема «Конструкции термоэлектрических генераторов электрической энергии».</p> <p>1. Общая конструктивная схема термоэлектрического генератора электрической энергии.</p> <p>2. Термоэлектрические генераторы на химическом топливе.</p> <p>3. Солнечные термоэлектрические генераторы.</p> <p>4. Термоэлектрические генераторы с изотопными источниками тепла.</p>	2	4		2	Схемы, диаграммы	
7	<p>Лекция 7</p> <p>Тема «Применение термоэлектрического охлаждения и нагрева».</p> <p>1. Термоэлектрические охладители радиоэлектронной аппаратуры.</p> <p>2. Термоэлектрические охладители в приборостроении и измерительной технике.</p> <p>3. Термоэлектрические холодильники на транспорте.</p> <p>4. Термоэлектрические охладители в медицине и биологии.</p> <p>5. Термоэлектрические кондиционеры.</p> <p>6. Бытовые охлаждающие устройства.</p>	2	4		2	Схемы, диаграммы	
8	<p>Лекция 8</p> <p>Тема «Применение термоэлектрической генерации энергии»</p> <p>1. Термоэлектрическое генераторы для питания радиоэлектронной аппаратуры.</p> <p>2. Термоэлектрические генераторы для нужд сельского хозяйства.</p> <p>3. Портативные термоэлектрические генераторы для транспорта.</p> <p>4. Автономные термоэлектрические генераторы для труднодоступных областей.</p> <p>5. Термоэлектрические генераторы для космической техники.</p>	2	4		2	Схемы, диаграммы	
9	<p>Лекция 9</p> <p>Тема «Применение термоэлектрических преобразователей для измерения физических величин».</p> <p>1. Термомпары для измерения температуры.</p> <p>2. Термоэлектрические датчики теплового потока.</p> <p>3. Термоэлектрические калориметры.</p> <p>4. Термоэлектрические преобразователи для измерения других неэлектрических величин.</p>	1	2		2	Схемы, диаграммы	
					17	34	21

Итого

## Содержание практических занятий

№	№ лекции	Наименование и содержание практического занятия	Литература	Кол. часов
1	4	Расчет термоэлектрического охладителя, работающего в режиме максимального холодильного коэффициента.	1	4
2	4	Расчет термоэлектрического охладителя, работающего в режиме максимальной холодопроизводительности	1	4
3	7	Расчет термоэлектрического генератора электрической энергии	7	4
4	4	Расчет каскадного термоэлектрического модуля.	1	4
5	6	Расчет термоэлектрического нагревателя	6	4
6	9	Расчет воздушной системы съема тепла с горячих спаев термоэлектрических модулей.	4	4
7	9	Расчет жидкостной системы съема тепла с горячих спаев термоэлектрических модулей.	4	4
7	9	Расчет термоэлектрического интенсификатора теплопередачи	1	4
8	4	Расчет термоэлектрической охлаждающей системы в ППП ENGINEERING & PRODUCTION FIRM «KRYOTHERM»: подбор термоэлектрических модулей, расчет систем сопряжения с холодными и горячими спаями термоэлектрических модулей, определение нагрузочных характеристик термоэлектрических модулей	1	6

**Итого**

**34**

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

№	Содержание дисциплины, самостоятельно изучаемое студентами	Количество часов	Литература	Формы контроля
1	Термоэлектрические эффекты: эффект Зеебека, эффект Пельтье, эффект Томсона	3	Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства. Киев: Наукова думка, 1979	КР, ПЗ
2	Методы определения параметров термоэлектрических материалов.	1	Исмаилов Т.А., Вердиев М.Г., Юсуфов Б.С. Изучение термоэлектрических эффектов в полупроводниках. Махачкала: РИО ДГТУ, 2003	КР, ПЗ

3	Технологические методы контроля параметров термоэлектрических материалов	1	Исмаилов Т.А., Вердиев М.Г., Юсуфов Б.С. Изучение термоэлектрических эффектов в полупроводниках. Махачкала: РИО ДГТУ, 2003	КР
4	Режимы работы термоэлектрического охладителя	5	Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства. Киев: Наукова думка, 1979	КР, ПЗ
5	Специальные режимы работы термоэлектрического генератора электрической энергии	3	Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства. Киев: Наукова думка, 1979	КР
6	Конструкции термоэлектрических охлаждающих и нагревательных устройств	2	Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства. Киев: Наукова думка, 1979	КР, ПЗ
7	Конструкции термоэлектрических генераторов и устройства для теплоотвода и термостатирования радиоэлектронных систем	2	Исмаилов Т.А., Аминов М.С., Гаджиев Х.М. Термоэлектрические устройства для теплоотвода и термостатирования радиоэлектронных систем. Махачкала: РИО ДГТУ, 2000	КР, ПЗ
8	Специальные области применения термоэлектрического охлаждения	2	Лукишкер Э.М., Вайнер А.Л., Сомкин М.Н., Володагин В.Ю. Термоэлектрические охладители. М.: Радио и связь, 1986	КР, ПЗ
9	Термоэлектрические датчики влажности	2	Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства. Киев: Наукова думка, 1979	КР, ПЗ

**Итого**

**21**



## Вопросы на зачет

1. Эффект Зеебека.
2. Эффект Пельтье.
3. Эффект Томсона.
4. Основные параметры, определяющие термоэлектрические свойства полупроводников.
5. Основные низкотемпературные термоэлектрические материалы.
6. Основные среднетемпературные термоэлектрические материалы.
7. Основные высокотемпературные термоэлектрические материалы.
8. Методы определения параметров термоэлектрических материалов.
9. Получение термоэлектрических материалов на основе метода зонной плавки.
10. Получение термоэлектрических материалов на основе метода Чохральского.
11. Экструзивный метод получения термоэлектрических материалов.
12. Основные соотношения для единичного термоэлемента, работающего в режиме термоэлектрического охлаждения.
13. Холодопроизводительность и холодильный коэффициент термоэлектрического преобразователя
14. Работа термоэлемента в режиме максимальной холодопроизводительности.
15. Работа термоэлемента в режиме максимального холодильного коэффициента.
16. Каскадирование охлаждающих термоэлектрических преобразователей.
17. Основные соотношения для единичного термоэлемента, работающего в режиме термоэлектрического нагрева.
18. Теплопроизводительность и отопительный коэффициент термоэлектрического преобразователя.
19. Основные соотношения для единичного термоэлемента, работающего в режиме термоэлектрического генерирования электрической энергии.
20. Коэффициент полезного действия термоэлектрического преобразователя энергии.
21. Конструкция типового термоэлектрического модуля.
22. Изготовление ветвей термоэлектрического модуля.
23. Коммутация ветвей термоэлектрического модуля.
24. Изготовление теплопереходов для термоэлектрического модуля.
25. Термоэлектрические охладители и нагреватели контактного типа.
26. Термоэлектрические охладители и нагреватели проточного типа.
27. Термоэлектрические нагреватели и охладители замкнутого объема.
28. Термоэлектрические интенсификаторы теплопередачи.
29. Термоэлектрические устройства для стабилизации температуры.
30. Конструкции термоэлектрических генераторов электрической энергии на химическом топливе.
31. Солнечные термоэлектрические генераторы электрической энергии.
32. Термоэлектрические генераторы с изотопными источниками тепла.
33. Применение термоэлектрического охлаждения для обеспечения тепловых режимов радиоэлектронной аппаратуры.
34. Термоэлектрические охладители в приборостроении и измерительной техники.
35. Термоэлектрические охладители в медицине и биологии.
36. Термоэлектрические кондиционеры.
37. Термоэлектрические генераторы для питания радиоэлектронной аппаратуры.
38. Термоэлектрические генераторы электрической энергии для космической техники.
39. Термоэлектрические измерители температуры и теплового потока.
40. Термоэлектрические калориметры.

## ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРОЙ

№	Виды занятий	Комплект необходимой литературы	Автор	Издат. и год издания	Количество пособий и прочей литературы	
					в библиот.	на кафедре
Основная						
1	ЛК, ПР	Термоэлектрические устройства для теплоотвода и термостатирования радиоэлектронных систем.	Исмаилов Т.А., Аминов М.С., Гаджиев Х.М.	Махачкала, РИО ДГТУ, 2000	50	50
2	ЛК, ПР	Термоэлектрические полупроводниковые преобразователи в медицине	Исмаилов Т.А., Магомедов К.А., Хадимов А.И., Алиев А.-Г.Д.	Махачкала, РИО ДГТУ, 2000	50	50
3	ЛБ	Изучение термоэлектрических эффектов в полупроводниках. Махачкала	Исмаилов Т.А., Вердиев М.Г., Юсуфов Б.С.	Махачкала, РИО ДГТУ, 2003	15	20
4	ЛК	Термоэлектрические охлаждающие приборы	Коленко Е.А.	Л., Наука, 1967	2	1
5	ЛК	Термоэлектрические холодильники и генераторы	Зорин И.В., Зорина З.Л.	Л., Энергия, 1973	2	1
6	ЛК, ЛБ	Термоэлементы и термоэлектрические устройства	Анатычук Л.И.	Киев: Наукова думка, 1979	2	1
Дополнительная						
7	ЛК, ЛБ	Расчет и конструирование термоэлектрических генераторов и тепловых насосов	Котырло Г.К., Лобунец Ю.Н.	Киев: Наукова думка, 1980	-	1
8	ЛК, ЛБ, ПР	Термоэлектрические охладители	Лукишкер Э.М., Вайнер А.Л., Сомкин М.Н., Володагин В.Ю.	М.: Радио и связь	-	1