

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета РГЭ В.А. Небольсин  
«29» июня 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Технология термоэлектрических генераторов»

Направление подготовки 16.03.01 ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Профиль Физическая электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2018

Автор программы

 / Сергеев А.В. /

Заведующий кафедрой  
Физики твердого тела

 / Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП

 / Янченко Л.И. /

Воронеж 2018

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

формирование у обучающегося компетенций в области термоэлектрических генераторных устройств и материалов

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Изучить основные термоэлектрические эффекты и материалы;

Изучить основные инженерные методы расчета термоэлектрических генераторных устройств, алгоритмы расчета по приведенным формулам и справочным таблицам с параметрами термоэлектрических материалов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Технология термоэлектрических генераторов» относится к дисциплинам вариативной части блока ФТД.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Технология термоэлектрических генераторов» направлен на формирование следующих компетенций:

ДПК-3 - способностью использовать фундаментальные законы основных профессиональных дисциплин выбранного профиля в профессиональной деятельности

ДПК-5 - способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок физической электроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ДПК-3	Знать фундаментальные законы термоэлектрических явлений
	Уметь применять фундаментальные законы термоэлектрических явлений
	Владеть технологиями поиска информации о современных знаниях в области термоэлектриков
ДПК-5	Знать простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок на основе термоэлектрических преобразователей
	Уметь строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок на основе термоэлектрических преобразователей
	Владеть стандартными программными средствами компьютерного моделирования

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Технология термоэлектрических генераторов» составляет 2 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	36	36
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	72	72
зач.ед.	2	2

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Основные термоэлектрические эффекты. Термоэлектрические материалы.	Основные термоэлектрические эффекты. Взаимосвязь термоэлектрических эффектов. Условия максимальной эффективности термоэлектрических материалов. Основные требования к термоэлектрическим материалам. Теллурид висмута. Твердые растворы на основе теллурида висмута. Оксидные термоэлектрики. Низкоразмерные термоэлектрические структуры. Структуры типа «фононное стекло – электронный кристалл».	4	2	6	12
2	Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов.	Каскадирование. Метод твердых растворов. Выбор легирующей примеси. Рассеяние фононов на границах зерен. Многослойные пленочные гетероструктуры. Действие гидростатического сжатия. Повышение микрооднородности. Наноструктурированные материалы. Сверхрешетки и системы с квантовыми ямами. Квантовые проволоки. Нанокompозиты. Сверхрешетки квантовых точек.	4	2	6	12
3	Технология термоэлектрических	Синтез. Кристаллизация. Прессование. Горячее прессование.	4	2	6	12

	материалов	Экструзия.				
4	Технология коммутации ветвей. Производство термоэлектрических модулей	Коммутационные переходы. Совместное прессование. Контактная электросварка. Газо-термическое напыление. Электрохимическая металлизация. Стимулированное осаждение. Пайка. Термоэлектрические модули. Методы исследования и контроля. Технология производства ветвей. Сборка термоэлектрических модулей.	2	4	6	12
5	Термоэлектрические устройства. Применение термоэлектрических генераторов	Термоэлектрические генераторы. Перспективы развития термоэлектрического преобразования энергии.	2	4	6	12
6	Основы инженерного расчета электрических и теплофизических характеристик термоэлемента. Методы расчета термоэлектрических генераторов	Расчет термоэлементов с учетом температурной зависимости термоэлектрических свойств полупроводникового материала методом средних параметров. Тепловые сопротивления слоев конструкции. Электрическое сопротивление поперечной коммутации термоэлементов. Расчет однокаскадной термоэлектрической батареи. Расчет двухкаскадной термоэлектрической батареи. Расчет однокаскадной кольцевой термоэлектрической батареи. Расчет кольцевой двухкаскадной термоэлектрической батареи.	2	4	6	12
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>72</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ДПК-3	Знать фундаментальные законы термоэлектрических явлений	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь применять фундаментальные законы термоэлектрических явлений	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть технологиями поиска информации о современных знаниях в области термоэлектриков	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ДПК-5	Знать простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок на основе термоэлектрических преобразователей	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок на основе термоэлектрических преобразователей	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть стандартными программными средствами компьютерного моделирования	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ДПК-3	Знать фундаментальные законы термоэлектрических явлений	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь применять фундаментальные законы	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	термоэлектрических явлений			
	Владеть технологиями поиска информации о современных знаниях в области термоэлектриков	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ДПК-5	Знать простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок на основе термоэлектрических преобразователей	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок на основе термоэлектрических преобразователей	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть стандартными программными средствами компьютерного моделирования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

1. Расположите три этапа развития науки в истории термоэлектричества в правильном порядке:

- а) Открытие термоэлектрических эффектов
- б) Теория Альтенкирха
- в) Работы А.Ф. Иоффе

2. Выберите из предложенных вариантов правильное окончание фразы "Физические процессы, обусловленные термоэлектрическими эффектами, являются ...":

- а) обратимыми
- б) необратимыми
- в) метастабильными
- г) случайными

3. Зависит ли тепло Джоуля от направления тока? Выберите правильный вариант ответа:

- а) Не зависит

- б) Зависит от материала
- в) Зависит от внешнего электрического поля

4. В каких случаях наблюдается эффект Томсона? Выберите правильный вариант ответа:

- а) При наличии тока и градиента температуры
- б) В неоднородных проводниках
- в) Всегда при протекании тока
- г) При наличии собственных колебаний образца

5. Существует ли взаимосвязь между термоэлектрическими эффектами? Выберите правильный вариант ответа:

- а) Существует
- б) Не существует
- в) Существует только в некоторых полярных кристаллах
- г) Существует только в изотермических условиях

6. От каких параметров зависит эффективность термоэлектрического материала  $Z$  по Альтенкирху? Выберите один или несколько правильных ответов:

- а) термоэдс
- б) электропроводность
- в) теплопроводность
- г) коэффициент Пельтье

7. В каких материалах величина  $Z$  имеет большее значение? Выберите правильный вариант ответа:

- а) полупроводники
- б) металлы
- в) диэлектрики
- г) во всех материалах имеет одинаковый порядок величины

8. Чем характеризуется работа термоэлектрических устройств? Выберите один или несколько правильных ответов:

- а) холодильный коэффициент
- б) КПД генераторной термоэлектрической батареи
- в) теплота Джоуля
- г) отопительный коэффициент

9. Как изменяются характеристики термоэлемента при увеличении параметра  $Z$  материала? Выберите правильный вариант ответа:

- а) улучшаются

- б) ухудшаются
- в) не изменяются
- г) зависимость имеет сложный характер

10. Как изменяется значение  $Z$ , если термоэлектрический материал работает в области примесной проводимости обоих знаков? Выберите правильный вариант ответа:

- а) ухудшается
- б) улучшается
- в) не изменяется
- г) зависимость имеет сложный характер

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Какое прямое превращение энергии происходит в термоэлектрических генераторах? Выберите правильный вариант ответа:

- а) преобразование тепловой энергии в электрическую
- б) преобразование световой энергии в электрическую
- в) преобразование механической энергии в электрическую
- г) преобразование энергии химических превращений в электрическую

2. Какие источники тепловой энергии могут использоваться для работы термоэлектрического генератора? Выберите один или несколько правильных ответов:

- а) солнечная энергия
- б) радиоактивные изотопы
- в) ядерные реакторы
- г) тепловая энергия, запасенная в земной коре

3. Как изменяется эффективность термоэлектрических материалов под действием гидростатического сжатия? Выберите правильный вариант ответа:

- а) увеличивается
- б) уменьшается
- в) не изменяется
- г) проходит через минимум

4. Как изменяется термоэлектрическая эффективность, когда параметр разориентации зерен в прессованных материалах возрастает? Выберите правильный вариант ответа:

- а) уменьшается
- б) увеличивается
- в) не изменяется
- г) проходит через максимум

5. Закончите фразу "Для получения термоэлектрика с большим значением

термоэлектрической добротности по методу твердых растворов необходимо подобрать материал с высоким ..." Выберите правильный вариант ответа:

- а)  $\frac{\mu}{k_{реш}}$
- б)  $\mu \cdot k_{реш}$
- в)  $\frac{k_{реш}}{\mu}$
- г)  $k_{реш}^{\mu}$

6. Как изменится  $Z$  материала, если повысить их микрооднородность? Выберите правильный вариант ответа:

- а) увеличится
- б) уменьшится
- в) не изменится
- г) зависимость будет иметь сложный характер

7. Какие вещества относятся к материалам типа «электронный кристалл – фононное стекло»? Выберите один или несколько правильных ответов:

- а) полупроводниковые клатраты
- б) наполненные скруттерудиты
- в) нанокompозиты
- г) сверхрешетки

8. Какая из схем термобатареи обеспечивает наибольшую разность температур между спаями? Выберите правильный вариант ответа:

- а) четырехкаскадная
- б) трехкаскадная
- в) двухкаскадная
- г) однокаскадная

9. Какие объекты относятся к наноструктурированным материалам? Выберите один или несколько правильных ответов:

- а) квантовые проволоки
- б) сверхрешетки
- в) нанокompозиты
- г) разупорядоченные полупроводники

10. Закончите фразу "Нанопроволоки имеют наибольшую  $Z$ , если их диаметр ..." Выберите правильный вариант ответа:

- а) меньше дебройлевской длины волны электрона
- б) больше дебройлевской длины волны электрона
- в) равен дебройлевской длине волны электрона
- г) не зависит от дебройлевской длине волны электрона

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Какую величину мощности обычно вырабатывают термоэлектрические генераторы? Выберите правильный вариант ответа:

- а) от  $10^{-8}$  до  $10^6$  Вт
- б) от  $10^7$  до  $10^{11}$  Вт
- в) от  $10^{12}$  до  $10^{24}$  Вт
- г) от  $10^{-24}$  до  $10^{-9}$  Вт

2. Какие основные направления практического применения термоэлектрических эффектов? Выберите один или несколько правильных ответов:

- а) Генераторы
- б) Охлаждающие устройства
- в) Устройства комбинированного типа
- г) Нагревательные устройства

3. Чем характеризуется эффективность термоэлектрического нагрева? Выберите один или несколько правильных ответов:

- а) Отопительным коэффициентом
- б) Коэффициентом полезного действия
- в) Температурой радиатора
- г) Убылью внешней энергии

4. Как определяется КПД термоэлектрического генератора, если  $Q_1$  – тепло, подводимое при  $T_1$ , а  $Q_2$  – отводимое тепло? Выберите правильный вариант ответа:

а)  $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

б)  $\eta = \frac{Q_2}{Q_1}$

в)  $\eta = \frac{Q_1}{Q_2}$

г)  $\eta = \frac{Q_1}{Q_2 - Q_1}$

5. Какие величины КПД имеют реально действующие конструкции термогенераторов? Выберите правильный вариант ответа:

- а) 1-10%
- б) 10-50%

- в) 50-100%
- г) 100 %

6. Как определяется холодильный коэффициент  $\varepsilon$ , если осуществляется перенос тепла  $Q_0$  от тела с температурой  $T_0$  к резервуару, а  $Q_1$  – тепло, передаваемое резервуару? Выберите правильный вариант ответа:

а)  $\varepsilon = \frac{Q_0}{Q_1 - Q_0}$

б)  $\varepsilon = \frac{Q_0}{T_0}$

в)  $\varepsilon = Q_0 \cdot T_0^2$

г)  $\varepsilon = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_0}$

7. Как определяется отопительный коэффициент  $K$ , если осуществляется перенос тепла  $Q_0$  от резервуара к телу с температурой  $T_1$ ? Выберите правильный вариант ответа:

а)  $K = \frac{Q_1}{Q_1 - Q_0}$

б)  $K = i^2 \cdot R \cdot t$

в)  $K = \frac{Q_0}{Q_1 - Q_0}$

г)  $K = Q_0 \cdot T_0$

8. От чего зависит максимально возможный ток через термоэлемент, при котором достигается  $\Delta T_{max}$ ? Выберите один или несколько правильных ответов:

- а) От термоэдс
- б) От электрического сопротивления
- в) От геометрии ветвей
- г) От температуры контакта

9. Как определяется напряжение, которое дает термоэлектрический генератор, состоящий из  $N$  элементов? Выберите правильный вариант ответа:

а)  $U = \sum_N a \cdot (T_{Г} - T_{Х})$

б)  $U = N \cdot a$

в)  $U = N \cdot a \cdot T_{Х}$

г)  $U = I_{max} \cdot Z \cdot T_{Х}$

10. Закончите фразу "Для увеличения параметра  $Z$  необходимо ..." Выберите правильный вариант ответа:

- а) увеличивать проводимость и уменьшать теплопроводность
- б) увеличивать проводимость и теплопроводность
- в) уменьшать проводимость и теплопроводность
- г) уменьшать проводимость и увеличивать теплопроводность

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Какие имеются три этапа развития науки в истории термоэлектричества?
2. Перечислить основные термоэлектрические эффекты в металлических и полупроводниковых материалах.
3. Какие тепловые процессы являются обратимыми, а какие – необратимыми?
4. При каких условиях возникает эффект Зеебека?
5. Физические явления, приводящие к появлению термо-электрической ЭДС.
6. Что можно определить по знаку термоэдс?
7. В чем заключается эффект Пельтье и какова его физическая природа?
8. Как зависит тепло Пельтье от величины и направления тока?
9. Чем отличается тепло Пельтье от тепла Ленца-Джоуля?
10. В каких случаях наблюдается эффект Томсона и какова его природа?
11. Дифференциальная и интегральная формы законов для теплоты Томсона.
12. Какая взаимосвязь существует между термоэлектрическими эффектами?
13. Какой вид имеют первое и второе термодинамические соотношения Томсона?
14. Назвать три основных направления практического применения термоэлектрических эффектов.
15. В результате каких процессов возникает ЭДС в термоэлектрических генераторах?
16. Как определяется КПД термоэлектрического генератора? Какие величины КПД имеют реально действующие конструкции термогенераторов?
17. Чем характеризуется эффективность работы термоэлектрического нагревателя?
18. Принцип работы термоэлектрического теплового насоса.
19. Каким параметром характеризуется термоэлектрическая эффективность термоэлемента?
20. С какими фундаментальными свойствами полупроводника связан параметр  $Z$ ?
21. Структура и свойства теллурида висмута. Почему он до сих пор

является наиболее востребованным термоэлектриком?

22. Для какой области температур лучше всего подходят оксидные термоэлектрики и почему?

23. В чем преимущества низкоразмерных термоэлектрических структур?

24. Какие предлагаются идеи для существенного понижения решеточной теплопроводности?

25. Основные свойства скуттерудитов.

26. Что такое клатраты? Чем объясняется интерес к ним?

27. Почему в термобатареях редко бывает количество каскадов более трех?

28. В чем суть метода твердых растворов, и какие предельные значения термоэлектрической добротности были получены с его помощью?

29. Как выбором легирующей примеси можно изменять добротность  $Z$  в термоэлектрических материалах?

30. К чему приводит рассеяние фононов на границах зерен поликристаллического материала?

31. Объяснить причину увеличения  $ZT$  в многослойных пленочных гетероструктурах.

32. Как влияет упругая деформация на эффективность термоэлектрических материалов?

33. Почему нужно повышать микрооднородность термоэлектрических материалов на микроскопическом уровне?

34. Какие объекты относятся к наноструктурированным материалам?

35. Что представляют собой сверхрешетки, и какова причина возрастания термоэлектрической добротности в них?

36. Что изменяет фононные свойства систем с квантовыми проволоками и их массивами?

37. Зависит ли теплопроводность нанокompозитов от их конкретной структуры и типа упорядочения включений?

38. Какие вещества относятся к материалам типа «электронный кристалл – фононное стекло»?

39. Чем отличаются друг от друга наполненные и ненаполненные скуттерудиты?

40. Какова причина существенного понижения решеточной теплопроводности в клатратах?

41. В чем причина значительного возрастания термоэдс и термоэлектрической добротности в сверхрешетках с квантовыми точками?

42. В каких областях науки и техники применяются термоэлектрические генераторы?

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

Не предусмотрено учебным планом

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

(Например: Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 10 баллов.

2. Оценка «зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 10 до 20 баллов

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные термоэлектрические эффекты. Термоэлектрические материалы.	ДПК-3, ДПК-5	Тест
2	Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов.	ДПК-3, ДПК-5	Тест
3	Технология термоэлектрических материалов	ДПК-3, ДПК-5	Тест, коллоквиум
4	Технология коммутации ветвей. Производство термоэлектрических модулей	ДПК-3, ДПК-5	Тест
5	Термоэлектрические устройства. Применение термоэлектрических генераторов	ДПК-3, ДПК-5	Тест
6	Основы инженерного расчета электрических и теплофизических характеристик термоэлемента. Методы расчета термоэлектрических генераторов	ДПК-3, ДПК-5	Тест, защита реферата

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется

проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Гриднев С.А. Расчет термоэлектрических устройств. ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 114 с.
2. Гриднев С.А. Термоэлектрические материалы. ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 131 с.
3. Самойлович А.Г. Термоэлектрические и термомагнитные методы превращения энергии. М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 224 с.

Дополнительные источники:

1. Rowe D.M. Thermoelectrics Handbook - Macro to Nano. Taylor & Francis, 2006. – 954 p.
2. Rowe D.M. Handbook of Thermoelectrics. CRC Press, 1995. – 683 p.
3. Goupil C. Continuum Theory of Modeling Thermoelectric Elements. Wiley-VCH, 2016. – 363 p.
4. Lee H.S. Thermoelectrics - Design and Materials. Wiley, 2017. – 430 p.
5. Pineda D.D., Rezaniakolaei A. Thermoelectric Energy Conversion - Basic Concepts and Device Applications. Wiley-VCH, 2017. – 325 p.
6. Гудилин В. Е., Слабкий Л.И. Ядерные ракетные двигатели // Ракетно-космические системы (История. Развитие. Перспективы). - М., 1996. - 326 с.
7. Каминский В. В. Высокоэффективный термоэлектрический преобразователь (ТЭП) на основе новых эффектов генерации ЭДС в полупроводниках SmS. // Физика твердого тела. - 2014. т. 56. в. 9. с. 131-142.
8. Термоэлектрохимические генераторы для космических энергоустановок. // Инженер, №5, 2008, с. 6-7

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**  
Вычислительная среда MathCad или аналог, Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оснащенная доской.

### 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

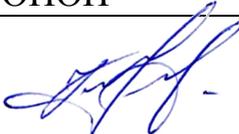
По дисциплине «Технология термоэлектрических генераторов» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета термоэлектрических генераторных устройств. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"><li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li><li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li><li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li><li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li><li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li></ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

### 10 Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого программного обеспечения, современных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого программного обеспечения, современных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	