

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

радиотехники и электроники

Небольсин В.А.

«31» августа 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Твердотельные преобразователи энергии»

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Интегральные системы и устройства в микро- и наноэлектронике

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года/2 года 3 месяца

Форма обучения очная/заочная

Год начала подготовки 2020

Автор программы

Винокуров А.А. Винокуров А.А.

Заведующий кафедрой
полупроводниковой электроники
и наноэлектроники

Рембеза С.И. Рембеза С.И.

Руководитель ОПОП

Рембеза С.И. Рембеза С.И.

Воронеж 2020

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины – формирование у обучающихся навыков проектирования и моделирования преобразователей энергии различных типов и систем на их основе с использованием перспективных материалов, технологических процессов и методов исследования.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- изучение физических принципов работы фотоэлектрических, термоэлектрических, электромеханических преобразователей;
- изучение технологических процессов формирования перспективных материалов для их применения в фотоэлектрических преобразователях;
- изучение методов исследования материалов и структур, использующихся при разработке твердотельных преобразователей энергии;
- получение навыков разработки пользовательских моделей для новых материалов и структур, анализа их характеристик для различных режимов работы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина ФТД.02 «Твердотельные преобразователи энергии» относится к дисциплинам блока ФТД учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Твердотельные преобразователи энергии» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-8: способность самостоятельно разрабатывать новые материалы, элементы, приборы и устройства микро- и нанoeлектроники, работающие на новых физических принципах.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-8	знать физические принципы работ и технологические о фотоэлектрических, термоэлектрических, электромеханических преобразователей;
	уметь проводить моделирование работы твердотельных преобразователей энергии в САПР конечно-элементного анализа;
	владеть методами расчета твердотельных моделей методом конечных элементов; навыками настройки и редактирования параметров решателей САПР конечно-элементного анализа.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Твердотельные преобразователи энергии» составляет 2 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
Аудиторные занятия (всего)	34	34
В том числе:		
Лекции	34	34
Самостоятельная работа	38	38
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость академические часы	72	72
з.е.	2	2

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
Аудиторные занятия (всего)	8	8
В том числе:		
Лекции	8	8
Самостоятельная работа	60	60
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость академические часы	72	72
з.е.	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	СРС	Всего, час
1	Проблемы и направления разработки твердотельных преобразователей энергии	Направления развития преобразователей энергии. Фотоэлектрические преобразователи. Термоэлектрические преобразователи. Перспективные направления разработки фотоэлектрических преобразователей.	4	2	6
2	Физические основы фотоэнергетики	Физические основы работы фотоэлектрических преобразователей. Солнечные элементы на гетеропереходах	4	4	8
3	Технологические основы фотоэнергетики	Солнечные элементы. Основные характеристики солнечных элементов. Солнечные батареи. Построение энергосистем на основе солнечных батарей. Конструктивные особенности солнечных энергетических установок. Накопители энергии.	4	4	8
4	Преобразователи микросистемной техники	Электромеханические преобразователи; сенсорные и актюаторные элементы микросистемной техники.	4	4	8
5	Конструктивные особенности твердотельных преобразователей энергии	Технологические процессы производства фотоэлектрических, термоэлектрических, электромеханических преобразователей.	4	4	8
6	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 1.	Разработка пользовательских моделей для новых материалов. Разработка структур и анализ их характеристик для различных режимов работы	4	4	8
7	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей	САПР конечно-элементного анализа. Моделирование термоэлектрического модуля Пельтье в режиме генерации электроэнергии и в режиме потребления.	4	4	8

	энергии. Часть 2.				
8	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 3.	Моделирование микроэлектромеханического пьезоэлектрического преобразователя. Моделирование сенсорного и актюаторного элементов.	2	4	6
9	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 4.	Моделирование микроэлектромеханического емкостного преобразователя. Моделирование сенсорного и актюаторного элементов.	2	4	6
10	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 5.	Моделирование электрических характеристик солнечного элемента.	2	4	6
Итого			34	38	72

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	СРС	Всего, час
1	Проблемы и направления разработки твердотельных преобразователей энергии	Направления развития преобразователей энергии. Фотоэлектрические преобразователи. Термоэлектрические преобразователи. Перспективные направления разработки фотоэлектрических преобразователей.	2	6	8
2	Физические основы фотоэнергетики	Физические основы работы фотоэлектрических преобразователей. Солнечные элементы на гетеропереходах	2	6	8
3	Технологические основы фотоэнергетики	Солнечные элементы. Основные характеристики солнечных элементов. Солнечные батареи. Построение энергосистем на основе солнечных батарей. Конструктивные особенности солнечных энергетических установок. Накопители энергии.	2	6	8
4	Преобразователи микросистемной техники	Электромеханические преобразователи; сенсорные и актюаторные элементы микросистемной техники.	2	6	8
5	Конструктивные особенности твердотельных преобразователей энергии	Технологические процессы производства фотоэлектрических, термоэлектрических, электромеханических преобразователей.	-	6	6
6	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 1.	Разработка пользовательских моделей для новых материалов. Разработка структур и анализ их характеристик для различных режимов работы	-	6	6
7	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 2.	САПР конечно-элементного анализа. Моделирование термоэлектрического модуля Пельтье в режиме генерации электроэнергии и в режиме потребления.	-	6	6
8	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 3.	Моделирование микроэлектромеханического пьезоэлектрического преобразователя. Моделирование сенсорного и актюаторного элементов.	-	6	6
9	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 4.	Моделирование микроэлектромеханического емкостного преобразователя. Моделирование сенсорного и актюаторного элементов.	-	6	6
10	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 5.	Моделирование электрических характеристик солнечного элемента.	-	6	6
Всего			8	60	68
Контроль					4
Итого					72

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 «Твердотельные преобразователи энергии» 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
ПК-8	знать физические принципы работ и технологические о фотоэлектрических, термоэлектрических, электромеханических преобразователей;	ответы на контрольные вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь проводить моделирование работы твердотельных преобразователей энергии в САПР конечно-элементного анализа;	выполнение практического задания	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами расчета твердотельных моделей методом конечных элементов; навыками настройки и редактирования параметров решателей САПР конечно-элементного анализа.	выполнение практического задания	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 во 2 семестре для очной формы обучения, во 2 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»;

«не зачтено».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-8	знать физические принципы работ и технологические о фотоэлектрических, термоэлектрических, электромеханических преобразователей;	Тест	Выполнение теста на 70 – 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь проводить моделирование работы твердотельных преобразователей энергии в САПР конечно-элементного анализа;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами расчета твердотельных моделей методом конечных элементов; навыками настройки и редактирования параметров решателей САПР конечно-элементного анализа.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	лиза.			
--	-------	--	--	--

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. Коэффициент заполнения вольт-амперной характеристики солнечного элемента (fill factor) – это отношение:
 1. напряжения холостого хода к току короткого замыкания;
 2. произведения тока короткого замыкания на напряжение холостого хода к максимальной мощности;
 3. максимальной мощности к площади поверхности солнечного элемента;
 4. максимальной мощности к произведению тока короткого замыкания на напряжение холостого хода.

2. Предел КПД фотоэлектрического преобразования однопереходного солнечного элемента (предел Шокли-Квиссера) равен:
 1. 10 %;
 2. 34 %;
 3. 50 %;
 4. 82 %.

3. При проектировании солнечного элемента предел Шокли-Квиссера не позволяет превысить использование:
 1. многопереходного элемента;
 2. материала с большей шириной запрещенной зоны;
 3. слоев, переизлучающих падающее излучение в другом спектре;
 4. термоэлементов.

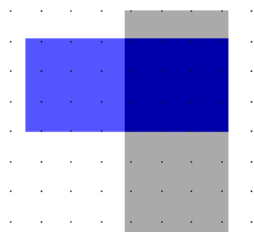
4. При моделировании формой конечного элемента не является:
 1. сфера;
 2. параллелепипед;
 3. тетраэдр;
 4. прямоугольник.

5. Из нагрузок механического анализа к инерционным относится:
 1. скорость вращения;
 2. давление;
 3. сила;
 4. натяжение.

6. При термоэлектрическом анализе обязательно должен быть задан параметр материала:
 1. коэффициент Зеебека;
 2. коэффициент Пуассона;
 3. температура;
 4. теплоемкость.

7. При моделировании механических свойств граничным условием не является:
 1. жесткое закрепление (Fixed Support);
 2. момент (Moment);

3. скорость (Velocity);
 4. связывание (Coupling).
8. Стандартная топологическая ячейка должна обязательно содержать:
1. активную область, входные и выходные порты, порты питания и земли;
 2. опорный порт, порты питания и земли;
 3. области контактных площадок, активную область;
 4. опорный порт, входные и выходные порты, области контактных площадок.
9. У всех стандартных ячеек в библиотеке должен быть одинаковыми:
1. высота;
 2. высота и ширина;
 3. количество и имена портов;
 4. занимаемая площадь.
10. Какая ошибка допущена в приведенном фрагменте топологии, если считать, что это место электрического соединения двух слоев металлизации?
(Синяя область – металл 1; серая область – металл 2).



1. Металл 2 не должен выходить за границы металла 1.
2. Граница металла 2 должна либо совпадать с границей металла 1, либо выходить за границы металла 1 на величину, превышающую минимальную.
3. Пропущен слой Active.
4. Пропущен слой Via.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Создать проект в Ansys Workbench, содержащий модуль термоэлектрического анализа.
2. Создать проект в Ansys Workbench, содержащий модули для связанного анализа.
3. Создать двумерный эскиз геометрической модели в DesignModeler по заданному варианту.
4. Создать трехмерную геометрическую модель в DesignModeler по заданному варианту.
5. Создать геометрическую модель в SpaceClaim по заданному варианту.
6. Создать конечно-элементную сетку для геометрической модели с заданными формой и размером конечного элемента.
7. Создать конечно-элементную сетку для геометрической модели в автоматическом режиме.
8. Задать нагрузки, начальные и граничные условия для термоэлектрического анализа.
9. Сравнить результаты моделирования, полученные при использовании разных решателей.
10. Создать в Workbench пользовательский материал с параметрами, достаточными для термоэлектрического анализа.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Провести моделирование термоэлектрического преобразователя с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов в режиме потребления электрической энергии.
2. Провести моделирование термоэлектрического преобразователя с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов в режиме генерации электрической энергии.
3. Провести моделирование пьезоэлектрического преобразователя с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов в режиме сенсора.
4. Провести моделирование пьезоэлектрического преобразователя с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов в режиме актюатора.
5. Провести моделирование емкостного преобразователя с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов.
6. Провести моделирование чувствительного элемента конденсатора переменной емкости с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов.
7. Провести моделирование чувствительного элемента осевого микроакселерометра с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов.
8. Провести моделирование тензорезистора с заданными геометрическими размерами и свойствами материалов в режиме актюатора.
9. Провести моделирование пьезоэлектрического преобразователя с учетом воздействием температуры.
10. Провести моделирование фотоэлектрического преобразователя на основе гетероперехода с учетом воздействия температуры.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Системный подход к проектированию.
2. Иерархическая структура проектных спецификаций и иерархические уровни проектирования.
3. Классификация моделей и параметров, используемых при автоматизированном проектировании.
4. Математический аппарат в моделях разных иерархических уровней, требования к моделям и численным методам в САПР.
5. Математические модели в процедурах анализа на макроуровне. Исходные уравнения моделей (топологические и компонентные).
6. Примеры компонентных моделей.
7. Математические модели на микроуровне, методы анализа на микроуровне.
8. Метод конечных элементов.

9. Конечные элементы. Типы, степени свободы, порядок конечных элементов.
10. Особенности реализации МКЭ в программе ANSYS.
11. Состав программного комплекса ANSYS.
12. Интерфейс модуля ANSYS Mechanical APDL.
13. Интерфейс модуля ANSYS Workbench.
14. Общие сведения об этапе препроцессинга в программном комплексе ANSYS.
15. Этапы моделирования в программном комплексе ANSYS.
16. Процедура задания типа конечного элемента.
17. Процедура задания свойств материала элемента.
18. Построение геометрической модели исследуемого объекта методом снизу-вверх.
19. Построение геометрической модели исследуемого объекта методом сверху-вниз.
20. Маршрут моделирования в программном комплексе ANSYS.
21. Создание конечно-элементной модели с помощью команды MeshTool.
22. Наложение граничных условий на сеточную модель.
23. Виды анализа в программном комплексе ANSYS. Виды решателей в программном комплексе ANSYS.
24. Двумерный статический анализ в САПР ANSYS.
25. Трехмерный статический анализ в САПР ANSYS.
26. Анализ тепловых процессов в САПР ANSYS.
27. Методы решения связанных задач в программном комплексе ANSYS.
28. Общие сведения об этапе постпроцессинга в программном комплексе ANSYS.
29. Отображение результатов моделирования в растровом, векторном, текстовом форматах.
30. Пьезоэлектрические преобразователи. Конструкции.
31. Пьезоэлектрические преобразователи. Технологии изготовления.
32. Емкостные преобразователи.
33. Термоэлектрические преобразователи на основе эффекта Пельтье. Конструкция. Материалы.
34. Гомопереходные кремниевые солнечные элементы.
35. Гетеропереходные солнечные элементы на основе оксидов металлов.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по билетам, каждый из которых содержит 5 вопросов. Каждый правильный ответ оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 5.

1. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал 3 и более баллов.

2. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 3 баллов.

При получении оценки «Зачтено» требуемые в рабочей программе знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на промежуточном этапе считаются достигнутыми.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Проблемы и направления разработки твердотельных преобразователей энергии	ПК-8	Ответы на контрольные вопросы, решение задач по моделированию.
2	Физические основы фотоэнергетики	ПК-8	Ответы на контрольные вопросы, решение задач по моделированию.
3	Технологические основы фотоэнергетики	ПК-8	Ответы на контрольные вопросы, решение задач по моделированию.
4	Преобразователи микросистемной техники	ПК-8	Ответы на контрольные вопросы, решение задач по моделированию.
5	Конструктивные особенности твердотельных преобразователей энергии	ПК-8	Ответы на контрольные вопросы, решение задач по моделированию.
6	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 1.	ПК-8	Ответы на контрольные вопросы, решение задач по моделированию.
7	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 2.	ПК-8	Ответы на контрольные вопросы, решение задач по моделированию.
8	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 3.	ПК-8	Ответы на контрольные вопросы, решение задач по моделированию.
9	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 4.	ПК-8	Ответы на контрольные вопросы, решение задач по моделированию.
10	Моделирование материалов и структур твердотельных преобразователей энергии. Часть 5.	ПК-8	Ответы на контрольные вопросы, решение задач по моделированию.

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. Бруйка В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: учебное пособие в 2 ч. Ч. 1 / В.А. Бруйка, Ф.Г. Фокин, Е.А. Солдусова и др. – Самара: САМГТУ, 2010. – 271 с.

2. Бруйка В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: учебное пособие в 2 ч. Ч. 2 / В.А. Бруйка, Ф.Г. Фокин, Я.В. Кураева и др. – Самара: САМГТУ, 2010. – 146 с.

3. Физика полупроводниковых преобразователей: монография / под ред. А.Н. Саурова, С.В. Булярского. – М.: РАН, 2018 – 280 с.

4. Мартинес-Дуарт Д.М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Д.М. Мартинес-Дуарт, Р.Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло-Руеда; пер. с англ. А. В. Хачояна под ред. Е. Б. Якимова. – М.: Техносфера, 2009. – 368 с.

5. Зеленцов В.И. Полупроводниковые преобразователи энергии: учеб. пособие / В.И. Зеленцов, О.С. Сусенко. – Екатеринбург: РГППУ, 2005. – 59 с.

6. Васильев А.Ф. Фотоэлектрические приемники излучения: учеб. пособие / А.Ф. Васильев, А.М. Чмутин. – 2-е изд., перераб. – Волгоград: ВолГУ, 2010. – 80 с.,

6. Голенищев-Кутузов В.А. Перспективные материалы и приемники излучения фотоэлектроники и фотоэнергетики: монография / В.А. Голенищев-Кутузов, А.В. Голенищев-Кутузов, И.М. Несмелова. – Казань: КГЭУ, 2013 – 171 с.

8. Смирнов В.И. Наноэлектроника, нанофотоника и микросистемная техника: учеб. пособие / В.И. Смирнов. – Ульяновск: УлГТУ, 2017 – 280 с.

9. Афанасьев В.П. Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния: монография / В.П. Афанасьев, Е.И. Торуков, А.А. Шерченков. – 2-е изд. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. – 168 с.

10. Вавилов В.Д. Микросистемные датчики физических величин / В.Д. Вавилов, С.П. Тимошенко, А.С. Тимошенко. – М.: Техносфера, 2018. –

550 с.

11. Гуртов В.А. Микроэлектромеханические системы: учеб. пособие / В.А. Гуртов, М.А. Беляев, А.Г. Бакшеева. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2016 – 171 с.

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:

Системные программные средства: Microsoft Windows, Microsoft Vista.

Прикладные программные средства: Microsoft Office.

Электронная библиотека eLibrary.ru.

Образовательный портал ВГТУ: <https://old.education.cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

2. Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для выполнения расчетов, и рабочими местами для проведения лабораторных работ и самостоятельной подготовки обучающихся с выходом в «Интернет».

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на лекциях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится путем тестирования и решением стандартных и прикладных задач. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

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

	<p>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.</p>
<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>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.</p>

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата вне- сения из- менений	Подпись заведую- щего кафедрой, от- ветственной за реа- лизацию ОПОП
1			
2			
3			
4			
5			