

**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.
«19» июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины**

«Сквозное проектирование функциональных узлов приборов и систем»

Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение

Профиль Приборостроение

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2020

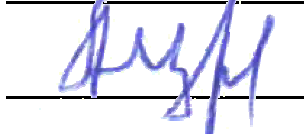
Автор программы

 /Пирогов А.А./

Заведующий кафедрой
Конструирования и
производства
радиоаппаратуры

 /Башкиров А.В./

Руководитель ОПОП

 /Муратов А.В./

Воронеж 2020

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

приобретение теоретических знаний в области проектирования и технологии печатных плат и конструкций РЭС.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- приобретение знаний о современных технологиях производства печатных узлов и конструкций РЭС;
- ознакомление с современной элементной базой и существующими типами корпусов элементов;
- получение практических навыков проектирования топологии печатных плат.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Сквозное проектирование функциональных узлов приборов и систем» относится к дисциплинам факультативов.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Сквозное проектирование функциональных узлов приборов и систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Готовность проектировать и конструировать типовые детали и узлы с использованием стандартных средств компьютерного проектирования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	Знать основные принципы конструирования электронных средств, классификацию и технологии производства печатных плат
	Уметь проектировать топологию печатных узлов электронных устройств различного назначения с использованием средств автоматизированного проектирования
	Владеть методами трассировки и размещения элементов на печатной плате

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Сквозное проектирование функциональных узлов приборов и систем» составляет 2 з.е.

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

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические работы	18	18
Самостоятельная работа	36	36
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	72	72
зач.ед.	2	2

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	4	4
В том числе:		
Лекции	2	2
Практические работы	2	2
Самостоятельная работа	64	64
Часы на контроль	4	4
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	Конструкции и методы изготовления печатных плат	1 Односторонние печатные платы (ОПП) ОПП на фольгированном основании. Субтрактивный метод. ОПП на нефольгированном основании. Аддитивный метод. 2. Двусторонние печатные платы (ДПП) ДПП на фольгированном основании. Комбинированный позитивный метод (SMOTL, SMOBS). Тентинг-метод. Метод фрезерования. ДПП на нефольгированном основании. Полуаддитивный метод. Аддитивный метод. 3. Многослойные печатные платы (МПП) МПП на фольгированном основании. Метод металлизации сквозных отверстий. Метод открытых контактных площадок. Метод попарного прессования. Метод послойного наращивания. МПП на нефольгированном	8	8	18	34

		основании. Метод ПАФОС. 4. Гибкие печатные платы (ГПП), гибкие печатные кабели (ГПК) ДПП на гибком фольгированном основании. ДПП на гибком нефольгированном основании. Гибкие ДПП на нефротгированном полиимиде, изготовленные по тонкопленочной технологии. Многослойные ГПП. Конструктивные особенности ГПК. Проектирование ГПК. Процессы изготовления ГПК				
2	Этапы изготовления печатных плат	1. Изготовление рисунков фотошаблонов (ФШ) печатных плат Изготовление эталонных ФШ. Изготовление рабочих ФШ. Экспонирование ФШ 2. Получение заготовок печатных плат (ПП) Получение заготовок ПП на роликовых ножницах. Получение заготовок ПП на дисковой пиле. Получение заготовок ПП на гильотинных ножницах. Получение заготовок ПП штамповкой с пробивкой базовых технологических отверстий. 3. Получение монтажных и переходных отверстий Сверление монтажных и переходных отверстий 4. Подготовка поверхности печатной платы 5. Металлизация печатных плат Химическое меднение. Гальваническая металлизация. 6. Нанесение защитного рельефа и паяльной маски печатной платы Фотохимический способ. Сеткографический способ. Офсетная печать. Паяльная маска. 7. Травление меди с пробельных участков 2.8. Маркировка печатной платы 2.9. Испытания, контроль Программа и методика испытаний. Методы испытаний. Оптический контроль. Электрический контроль. Механические испытания. Контроль металлизации ПП. Испытания на тепловой удар.	10	10	18	38
Итого			18	18	36	72

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак. зан.	СРС	Всего, час
1	Конструкции и методы изготовления печатных плат	1 Односторонние печатные платы (ОПП) ОПП на фольгированном основании. Субтрактивный метод. ОПП на нефольгированном основании. Аддитивный метод. 2. Двусторонние печатные платы (ДПП) ДПП на фольгированном основании. Комбинированный позитивный метод (SMOTL, SMOBS). Тентинг-метод. Метод фрезерования. ДПП на нефольгированном основании. Полуаддитивный метод. Аддитивный метод. 3. Многослойные печатные платы (МПП) МПП на фольгированном основании. Метод металлизации сквозных отверстий. Метод открытых контактных площадок. Метод попарного прессования. Метод послойного наращивания. МПП на нефольгированном основании. Метод ПАФОС. 4. Гибкие печатные платы (ГПП), гибкие печатные кабели (ГПК) ДПП на гибком фольгированном основании. ДПП на гибком нефольгированном основании. Гибкие ДПП на нефротгированном полиимиде, изготовленные по тонкопленочной технологии. Многослойные ГПП.	2	2	32	36

		Конструктивные особенности ГПК. Проектирование ГПК. Процессы изготовления ГПК				
2	Этапы изготовления печатных плат	1. Изготовление рисунков фотошаблонов (ФШ) печатных плат Изготовление эталонных ФШ. Изготовление рабочих ФШ. Экспонирование ФШ 2. Получение заготовок печатных плат (ПП) Получение заготовок ПП на роликовых ножницах. Получение заготовок ПП на дисковой пиле. Получение заготовок ПП на гильотинных ножницах. Получение заготовок ПП штамповкой с пробивкой базовых технологических отверстий. 3. Получение монтажных и переходных отверстий Сверление монтажных и переходных отверстий 4. Подготовка поверхности печатной платы 5. Металлизация печатных плат Химическое меднение. Гальваническая металлизация. 6. Нанесение защитного рельефа и паяльной маски печатной платы Фотохимический способ. Сеткографический способ. Офсетная печать. Паяльная маска. 7. Травление меди с пробельных участков 2.8. Маркировка печатной платы 2.9. Испытания, контроль Программа и методика испытаний. Методы испытаний. Оптический контроль. Электрический контроль. Механические испытания. Контроль металлизации ПП. Испытания на тепловой удар.	2	2	32	36
Итого			4	4	64	72

5.2 Перечень лабораторных работ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение лабораторных работ.

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
ПК-2	Знать основные принципы конструирования электронных средств,	Активная работа на практических занятиях, ответ не менее чем на половину заданных в процессе	Выполнение работ в срок, предусмотренный	Невыполнение работ в срок, предусмотренный

	классификацию и технологии производства печатных плат	опроса вопросов	в рабочих программах	в рабочих программах
	Уметь проектировать топологию печатных узлов электронных устройств различного назначения с использованием средств автоматизированного проектирования	Решение не менее половины стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами трассировки и размещения элементов на печатной плате	Решение не менее половины прикладных задач в конкретной предметной области	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 5 семестре для очной формы обучения, 5 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-2	Знать основные принципы конструирования электронных средств, классификацию и технологии производства печатных плат	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь проектировать топологию печатных узлов электронных устройств различного назначения с использованием средств автоматизированного проектирования	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть методами трассировки и размещения элементов на печатной плате	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

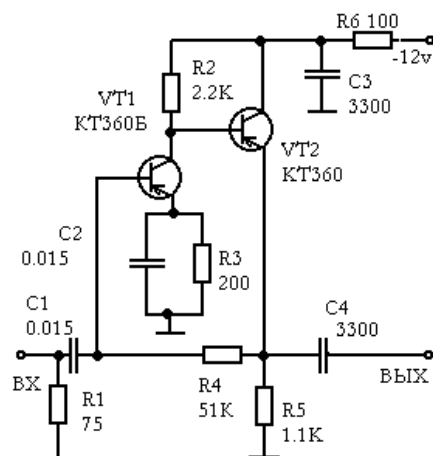
1. Стадии и этапы разработки РЭС.
2. Понятие конструкции и конструирования. Эволюция конструкций РЭС.
3. Структура конструкций РЭС. Основные задачи конструирования.
4. Основные требования, предъявляемые к РЭС. Кодификация климатических исполнений и объекта установки.

5. Классификация РЭС по категориям, классам и группам. Особенности на земных РЭС.
6. Особенности морских РЭС.
7. Особенности бортовых РЭС.
8. Понятие конструкторской документации. Роль стандартизации в проектировании и производстве РЭС.
9. Классификация и комплектность конструкторской документации.
10. Назначение и структура спецификации.

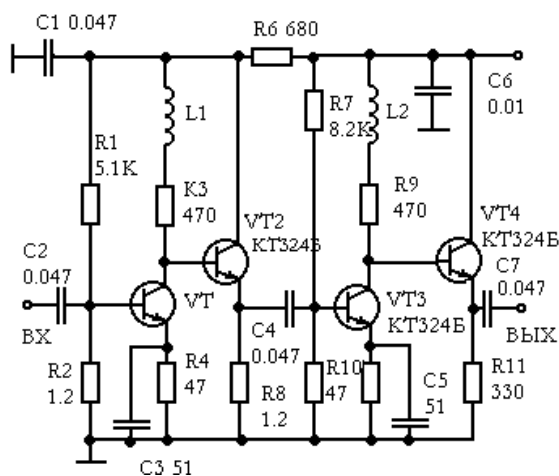
7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Получить топологию печатной платы на основе заданной схемы:

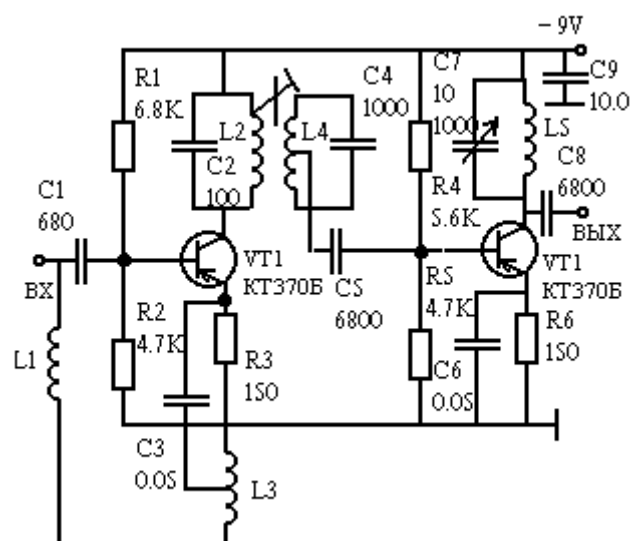
Вариант №1



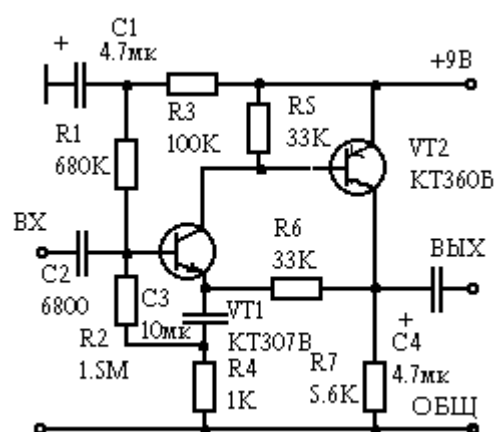
Вариант №2



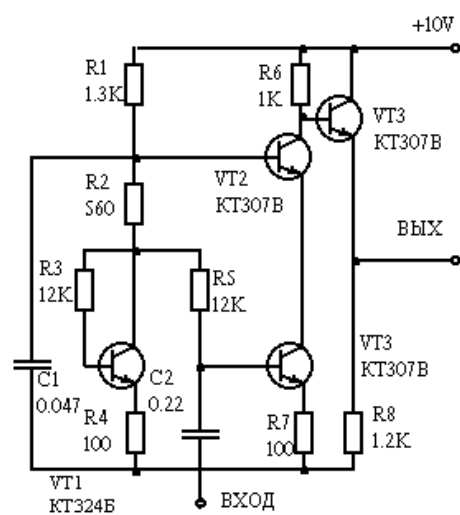
Вариант №3



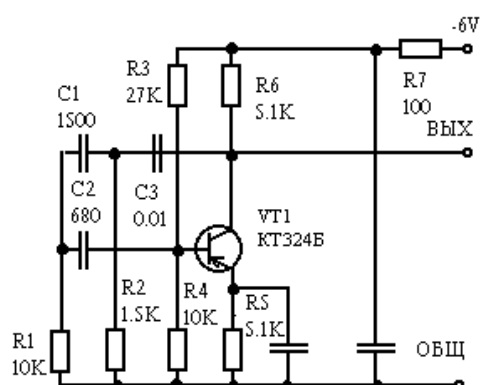
Вариант №4



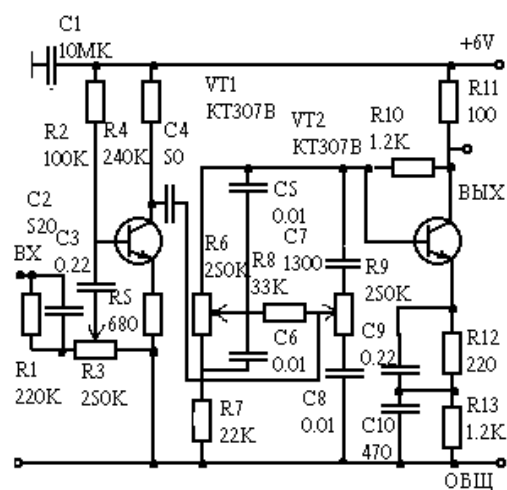
Вариант №5



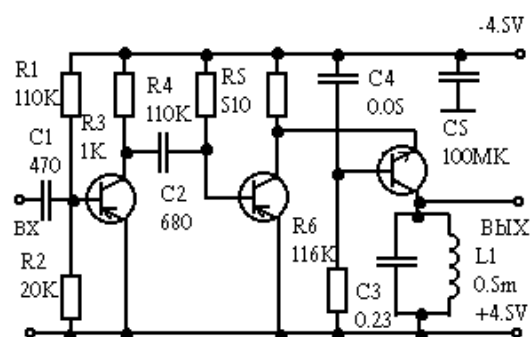
Вариант №6



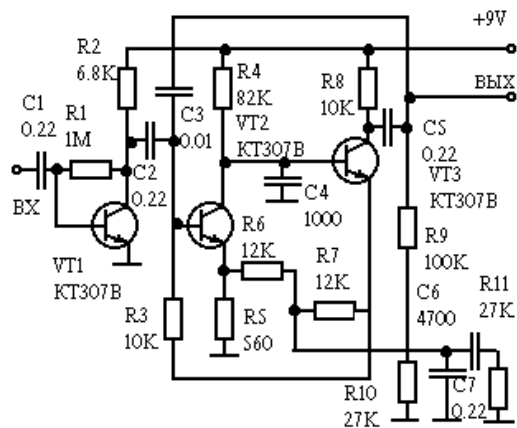
Вариант №7



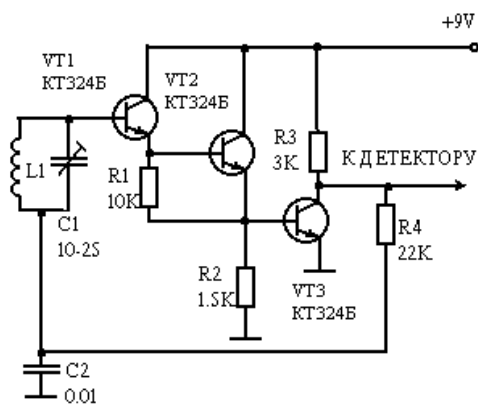
Вариант №8



Вариант №9



Вариант №10



7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Создать элементы новой интегральной библиотеки компонентов
2. Создать библиотеку посадочных мест, сформировать топологического посадочного места, размещение контактных площадок, корпуса компонентов
2. Настройка конфигурации редакторов Altium Designer
3. Сформировать электрическую схему согласно заданию.
4. Импортировать схему в среду проектирования печатной платы
5. Провести стандартную интерактивную трассировку топологии печатной платы
6. Провести разводку групповых трасс платы
7. Провести автоматическую трассировку печатного монтажа
8. Провести экспорт модели платы
9. Провести экспорт схемы электрической принципиальной

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Разработка технического задания
2. Анализ электрической принципиальной схемы РЭА по элементной базе
3. Требования к оформлению документации
4. Электрические структурные, функциональные и принципиальные схемы.
5. Чертежи печатных плат, сборочные чертежи плат с монтажом; чертежи общего вида
6. Оценка надежности и расчет установочных характеристик РЭС
7. Выбор типов комплектующих изделий.
8. Компоновка электронного блока
9. Конструирование печатных узлов
10. Разработка термической модели для транзистора на радиаторе

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 20 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 8 баллов.
2. Оценка «зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 9 до 20 баллов

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Конструкции и методы изготовления печатных плат	ПК-2	Тест
2	Этапы изготовления печатных плат	ПК-2	Тест

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.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. СТП ВГТУ 004-2007. Стандарт предприятия дипломное проектирование. Оформление расчетно-пояснительной записки и графической части – Воронеж: Изд.-во ВГТУ, 2007. – 34 с.

2. Методические указания к выполнению всех видов практик для бакалавров направления 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж.

3. Сквозное проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах в САПР Altium Designer 6. Часть 1. Суходольский В.Ю.: Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. 148 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:

1. Программный комплекс проектирования печатных плат «Altium Designer»

2. Программный комплекс «Компас 3D»

3. Документация «Altium Designer»

<https://www.altium.com/ru/documentation/altium-designer>

4. Обучающие материалы «Компас 3D»

<https://kompas.ru/publications/video/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Учебная аудитория укомплектованное специализированной мебелью,

оборудованное техническими средствами обучения: персональными компьютерами с лицензионным программным обеспечением с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

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

По дисциплине «Сквозное проектирование функциональных узлов приборов и систем» читаются лекции, проводятся лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

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

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

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.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения;

	- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
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 экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.