

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
В.А. Небольсин
«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины**

«Технология производства электронных средств»

Направление подготовки 11.03.03 Конструирование и технология
электронных средств

Профиль Проектирование и технология радиоэлектронных средств

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года /4 года 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2021 г.

Автор программы

А.Б. Антиликаторов

Заведующий кафедрой
конструирования и
производства
радиоаппаратуры

А.В. Башкиров

Руководитель ОПОП

А.А. Пирогов

Воронеж 2021

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели дисциплины:

- формирование базовых знаний в области технологии производства электронных средств (ЭС);
- формирование практических навыков, необходимых для решения технологических задач, возникающих при изготовлении, эксплуатации и ремонте ЭС, включая разработку необходимой технологической документации;
- формирование навыков проектирования технологических процессов изготовления ЭС различного функционального назначения.

1.2 Задачи освоения дисциплины:

- дать сведения о современных технологических процессах, обеспечивающих высокий уровень технических и эксплуатационных характеристик и технологичности ЭС в зависимости от типа производства;
 - обучить студентов современным технологическим операциям, позволяющим проводить целенаправленный технологический процесс изготовления ЭС и систем;
 - обучить основным принципам проектирования технологических процессов и разработки конструкторско-технологической документации;
 - сформировать представления о принципах организации сборки и монтажа, способах регулировки и настройки, проведении испытаний ЭС;
 - дать представление о системах технологической подготовки производства и порядке проектирования технологических процессов;
 - освоить информационные и информационно-коммуникационные технологии в области производства ЭС.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Технология производства электронных средств» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 учебного плана.

3 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Технология производства электронных средств» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен обеспечивать технологическую подготовку производства

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать основные этапы технологического процесса изготовления ЭС; систему технологической подготовки производства ЭС; виды, структуру и правила разработки технологических процессов; современный уровень технологии и современное оборудование для производства ЭС; уровни конструктивной иерархии, методы расчета параметров и характеристик конструкций ЭС, технологические процессы производства ЭС и тенденции их развития; порядок отработки изделий на тех-

	нологичность; методы и средства формообразования деталей; методы монтажа электронных компонент ЭС.
	уметь разрабатывать технологические процессы изготовления, сборки и монтажа ЭС; использовать методы и инструменты разработки конструкций и технологий электронных средств, разрабатывать конструкторско-технологическую документацию; выбирать оборудование и оснастку необходимые для реализации разработанных техпроцессов, с учётом особенностей производства; рассчитывать количество рабочих мест, оборудования, оснастки, инструмента и материалов, необходимых для реализации планируемых объёмов выпуска изделий; выбирать и рассчитывать технологические режимы работы оборудования; осуществлять выбор оборудования для реализации спроектированного технологического процесса
	владеть методами системного подхода при проектировании технологических процессов; методами составления технологической документации; методами оценки технологичности конструкции ЭС; современными аппаратно - программными средствами автоматизации разработки конструкций и технологий производства электронных средств, методикой оценки технологичности конструкций изделий.

4 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Технология производства электронных средств» составляет 9 зачётных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		6	7
Аудиторные занятия (всего)	180	90	90
В том числе:			
Лекции	72	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	72	36	36
Самостоятельная работа	117	90	27
Курсовой проект	+		+
Контрольная работа			
Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой, экзамен	27	-	27
Общая трудоемкость час зач. ед.	324	180	144
	9	5	4

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		8	9
Аудиторные занятия (всего)	46	20	26
В том числе:			
Лекции	16	8	8
Практические занятия (ПЗ)	12	4	8
Лабораторные работы (ЛР)	18	8	10
Самостоятельная работа	265	156	109
Курсовой проект	+		+
Контрольная работа			
Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой, экзамен	13	4	9
Общая трудоемкость час зач. ед.	324	180	144
	9	5	4

5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Принципы проектирования технологических процессов (ТП)	Конструктивно-технологические особенности электронной аппаратуры. Системный подход к технологии и иерархические уровни производства. Структура и задачи технологической подготовки производства. Система технологической подготовки производства и порядок проектирования технологических процессов. Выбор оптимального варианта ТП. Технологичность конструкций блоков электронной аппаратуры. Методы оптимизации ТП. Принципы исследования и моделирования ТП. Математическое моделирование ТП. Моделирование систем массового обслуживания. Статистическое моделирование производственных процессов	10	6	10	25	51
2	Точность и надежность технологических процессов	Производственные погрешности и законы их распределения. Методы анализа производственных погрешностей. Анализ точности и стабильности ТП. Надежность ТП.	10	6/	10	26	52
3	Технология печатных плат (ПП)	Конструктивно-технологические требования, предъявляемые к платам и печатному монтажу. Классификация плат и методов их изготовления. Технология изготовления ПП: материалы для изготовления плат, механическая обработка, получение отверстий в ПП, подготовительные операции, технология металлизации, формирование рисунка, травление меди с пробельных мест. Особенности технологии изготовления многослойных ПП. Метод изготовления ПАФОС. Коммутационные платы, Технология проводных плат. Платы микроэлектронной аппаратуры. Контроль и испытания печатных плат. Виды контроля ПП. Контроль параметров ПП.	10	6	10	26	52
4	Технология, мате-	Классификация методов выполнения элек-	10	6	10	18	52

	риалы и оборудова- ние для электриче- ских соединений	трических соединений. Физико-химическое ос- новы пайки элементов ЭС. Материалы, приме- няемые для пайки (припой, флюсы, пасты). Тех- нология выполнения сварных монтажных соеди- нений. Монтажная микросварка. Электрическое соединение методом накрутки. Групповые методы пайки. Подготовительные операции при групповой пайке. Классификация способов групповой пайки: групповым инстру- ментом, погружением, волновая пайка, летучим теплоносителем, концентрированным потоком энергии. Технология выполнения пайки. Пай- ка SMD компонентов. Оборудование. Соедине- ние токопроводящими клеями. Оценка качества соединения. Перспективные методы пайки электрических соединений. Оборудование и оснастка для ТП пайки и сварки. Техническое обслуживание оборудования.					
5	Сущность и особен- ности сборки элек- тронных средств	Структура ТП сборки. Разработка ТП сборки узлов и блоков ЭС. Схемы сборки. Схема сборки веерного типа. Технологическая схема сборки. Технология монтажа в отверстия. Сборка узлов на ПП. ТНТ монтаж. Технология поверхностного монтажа. Основные операции технологии поверхностного монтажа. Дефекты поверхностного монтажа. Оборудование для SMD сборки. Очистка и контроль печатных узлов после сборки и монтажа. Виды загрязнений. Типы моющих жидкостей. Методы очистки. Технологический контроль и диагностика ЭС. Виды контроля. Испытания ЭС. Технологическое оборудование и оснастка для сборочного производства. Техническое обслужи- вание оборудования.	10	4	10	8	50
6	Технология изготов- ления деталей ЭС	Виды защитных покрытий. Металлические по- крытия. Технология получения покрытий. Кон- троль покрытий. Обозначение покрытий. Герметизация ЭВС. Назначение и методы герме- тизации. Классификация методов герметизации. Физико-технологические основы процессов по- кровной герметизации. Материалы, применяемые для герметизации ЭС. Структура процесса герме- тизации ЭС. Материалы для герметизации и их технологические свойства.	10	4	10	8	50
7	Основы автоматиза- ции производствен- ных процессов	Автоматизированные системы управления и про- ектирования ТП. Этапы и пути автоматизации. Производительность труда и выбор направления автоматизации. Автоматические линии и их ос- нащение. Принципы и модели управления. АСУТП и основные функции подсистем.	12	4	12	6	53
Итого			72	36	72	117	297

Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Принципы проекти- рования технологи- ческих процессов (ТП)	Конструктивно-технологические особенности электронной аппаратуры. Системный подход к технологии и иерархические уровни производства. Структура и задачи технологической подготовки производства. Система технологической подго- товки производства и порядок проектирования технологических процессов. Выбор оптимального варианта ТП. Технологичность конструкций бло- ков электронной аппаратуры. Методы оптимизации ТП. Принципы исследова- ния и моделирования ТП. Математическое моде- лирование ТП. Моделирование систем массового обслуживания. Статистическое моделирование	2	1	2	48	53

		производственных процессов					
2	Точность и надежность технологических процессов	Производственные погрешности и законы их распределения. Методы анализа производственных погрешностей. Анализ точности и стабильности ТП. Надежность ТП.	2	1	2	48	53
3	Технология печатных плат (ПП)	Конструктивно-технологические требования, предъявляемые к платам и печатному монтажу. Классификация плат и методов их изготовления. Технология изготовления ПП: материалы для изготовления плат, механическая обработка, получение отверстий в ПП, подготовительные операции, технология металлизации, формирование рисунка, травление меди с пробельных мест. Особенности технологии изготовления многослойных ПП. Метод изготовления ПАФОС. Коммутационные платы, Технология проводных плат. Платы микроэлектронной аппаратуры. Контроль и испытания печатных плат. Виды контроля ПП. Контроль параметров ПП.	2	2	2	48	54
4	Технология, материалы и оборудование для электрических соединений	Классификация методов выполнения электрических соединений. Физико-химическое основы пайки элементов ЭС. Материалы, применяемые для пайки (припой, флюсы, пасты). Технология выполнения сварных монтажных соединений. Монтажная микросварка. Электрическое соединение методом накрутки. Групповые методы пайки. Подготовительные операции при групповой пайке. Классификация способов групповой пайки: групповым инструментом, погружением, волновая пайка, летучим теплоносителем, концентрированным потоком энергии. Технология выполнения пайки. Пайка SMD компонентов. Оборудование. Соединение токопроводящими клеями. Оценка качества соединения. Перспективные методы пайки электрических соединений. Оборудование и оснастка для ТП пайки и сварки. Техническое обслуживание оборудования.	2	2	4	38	46
5	Сущность и особенности сборки электронных средств	Структура ТП сборки. Разработка ТП сборки узлов и блоков ЭС. Схемы сборки. Схема сборки всерного типа. Технологическая схема сборки. Технология монтажа в отверстия. Сборка узлов на ПП. ТНТ монтаж. Технология поверхностного монтажа. Основные операции технологии поверхностного монтажа. Дефекты поверхностного монтажа. Оборудование для SMD сборки. Очистка и контроль печатных узлов после сборки и монтажа. Виды загрязнений. Типы моющих жидкостей. Методы очистки. Технологический контроль и диагностика ЭС. Виды контроля. Испытания ЭС. Технологическое оборудование и оснастка для сборочного производства. Техническое обслуживание оборудования.	2	2	4	28	36
6	Технология изготовления деталей ЭС	Виды защитных покрытий. Металлические покрытия. Технология получения покрытий. Контроль покрытий. Обозначение покрытий. Герметизация ЭВС. Назначение и методы герметизации. Классификация методов герметизации. Физико-технологические основы процессов покровной герметизации. Материалы, применяемые для герметизации ЭС. Структура процесса герметизации ЭС. Материалы для герметизации и их технологические свойства.	4	2	2	27	35
7	Основы автоматизации производственных процессов	Автоматизированные системы управления и проектирования ТП. Этапы и пути автоматизации. Производительность труда и выбор направления автоматизации. Автоматические линии и их ос-	2	2	2	28	34

		нашение. Принципы и модели управления. АСУТП и основные функции подсистем.					
Итого			16	12	18	265	311

Практическая подготовка при освоении дисциплины учебным планом не предусмотрена.

5.2 Перечень лабораторных работ

Инструктаж по технике безопасности.

Проектирование технологического процесса сборки радиоэлектронного модуля

Проектирование технологических процессов изготовления печатных плат

Оценка геометрических параметров печатного монтажа с учетом технологических ограничений

Статистическое моделирование технологических процессов сборки узлов РЭС

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 7 семестре для очной формы обучения и в 9 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсовых проектов:

1. Разработка технологического процесса изготовления и сборки печатной платы.

2. Разработка и исследование технологического оборудования и оснастки для технологических процессов изготовления новых изделий.

3. Теоретические исследования радиотехнического производства с целью модернизации и разработки новых технологических процессов изготовления изделий РЭС.

4. Разработка технологических процессов изготовления детали и сборки блока ЭС;

5. Разработка технологических процессов монтажа, сборки и контроля блоков ЭС;

6. Разработка технологической документации при изготовлении продукции радиотехнических производств с применением САПР

Курсовой проект включают в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

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-1	знать основные этапы технологического процесса изготовления ЭС; систему технологической подготовки производства ЭС; виды, структуру и правила разработки технологических процессов; современный уровень технологии и современное оборудование для производства ЭС; уровни конструктивной иерархии, методы расчета параметров и характеристик конструкций ЭС, технологические процессы производства ЭС и тенденции их развития; порядок отработки изделий на технологичность; методы и средства формообразования деталей; методы монтажа электронных компонент ЭС.	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь разрабатывать технологические процессы изготовления, сборки и монтажа ЭС; использовать методы и инструменты разработки конструкций и технологий электронных средств, разрабатывать конструкторско-технологическую документацию; выбирать оборудование и оснастку необходимые для реализации разработанных техпроцессов, с учётом особенностей производства; рассчитывать количество рабочих мест, оборудования, оснастки, инструмента и материалов, необходимых для реализации планируемых объёмов выпуска изделий; выбирать и рассчитывать технологические режимы работы оборудования; осуществлять выбор оборудования для реализации спроектированного технологического процесса	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами системного подхода при проектировании технологических процессов; методами составления технологической документации; методами оценки технологичности конструкции ЭС; современными аппаратно - программными средствами автоматизации разработки конструкций и технологий производства электронных средств, методикой оценки технологичности конструкций изделий.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	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 6, 7 семестрах для очной формы обучения и в 8, 9 семестрах для заочной формы обучения по системе:

«отлично»;
«хорошо»;
«удовлетворительно»;
«неудовлетворительно».

Ком- пе- тен- ция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	знать основные этапы технологического процесса изготовления ЭС; систему технологической подготовки производства ЭС; виды, структуру и правила разработки технологических процессов; современный уровень технологии и современное оборудование для производства ЭС; уровни конструктивной иерархии, методы расчета параметров и характеристик конструкций ЭС, технологические процессы производства ЭС и тенденции их развития; порядок отработки изделий на технологичность; методы и средства формообразования деталей; методы монтажа электронных компонент ЭС.	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь разрабатывать технологические процессы изготовления, сборки и монтажа ЭС; использовать методы и инструменты разработки конструкций и технологий электронных средств, разрабатывать конструкторско-технологическую документацию; выбирать оборудование и оснастку необходимые для реализации разработанных техпроцессов, с учётом особенностей производства; рассчитывать количество рабочих мест, оборудования, оснастки, инструмента и материалов, необходимых для реализации планируемых объёмов выпуска изделий; выбирать и рассчитывать технологические режимы работы оборудования; осуществлять выбор оборудования для реализации спроектированного технологического процесса	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами системного подхода при проектировании технологических процессов; методами составления технологи-	Решение прикладных задач в конкретной	Задачи решены в полном объеме и	Продемонстрирован верный ход решения всех, но	Продемонстрирован верный ход решения в	Задачи не решены

	ческой документации; методами оценки технологичности конструкции ЭС; современными аппаратно - программными средствами автоматизации разработки конструкций и технологий производства электронных средств, методикой оценки технологичности конструкций изделий.	предметной области	получены верные ответы	не получен верный ответ во всех задачах	большинство задач	
--	---	--------------------	------------------------	---	-------------------	--

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

На выполнение 20 тестовых заданий отводится 60 минут. По структуре формирования ответа блоки заданий сгруппированы в 3 части.

1 часть: тесты единственного выбора предусматривают выбор одного правильного ответа из нескольких предложенных вариантов; включает задания 4 блоков, с 1 по 4. К каждому заданию предлагается 3 варианта ответа, из которых правильным является только один вариант.

2 часть: тесты единственного выбора предусматривают выбор одного правильного ответа из нескольких предложенных вариантов тесты множественного выбора предполагают выбор нескольких правильных ответов из ряда предложенных; состоит из заданий 5–18 блоков, где необходимо выбрать несколько правильных ответов из предложенных вариантов.

3 часть: тесты открытого типа предусматривают ввод текстовых данных; включает задания 19 и 20 блоков, в которых нужно самостоятельно дописать ответ в виде слова или выражения.

Выполнять задания можно в любой последовательности.

Тестовые задания оцениваются в баллах. Все вопросы имеют свое балльное значение, что определяется, в первую очередь, сложностью самого вопроса. По завершении тестирования баллы суммируются. В результате студент получает оценку в баллах. При правильном выполнении 20 тестовых заданий максимально можно набрать 42 балла.

1. Выберите правильный ответ из числа предложенных вариантов (2 балла).

1. Какие из перечисленных признаков характеризуют технологическую систему?

Варианты ответа один или несколько правильных:

а) возможность разбиения на множество подсистем, объединенных общей целью

функционирования;

б) взаимодействие системы и внешней среды;

в) функционирование в условиях воздействия случайных факторов;

г) сложные информационные связи между элементами и подсистемами;

д) все ответы правильные

2. От чего зависит длительность производственного цикла.

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) сочетания операций;
- б) трудоемкости изготовления изделия
- в) универсальности выполняемых операций;
- г) минимум затрат.

3. Технологический цикл это:

Варианты ответа один или несколько правильных:

а) суммарное время, необходимое для прохождения одной партии изделия от первой операции, до последней;

б) фактическое время изготовления изделия

4. Оптимальным считается, если производственный цикл равен технологическим:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

5. Тип производства характеризуется:

Варианты ответа один или несколько правильных:

- а) объемом партии;
- б) номенклатурой изделий;
- в) степенью детализации производства;
- г) все ответы правильные.

6. При массовом производстве степень детализации является:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) маршрутной;
- б) маршрутно-операционной;
- в) операционной;

7. Исходными данными для разработки технологического процесса являются:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) технические условия, программа выпуска, сроки освоения производства, каталоги оборудования и оснащения, материальные и трудовые нормативы;
- б)) технические условия, условия эксплуатации, сроки освоения производства, материальные и трудовые нормативы;
- в) технические условия, технические требования, сроки освоения производства, материальные и трудовые нормативы;

8. Трассировку рисунка схемы осуществляют с шагом:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) 0,625 мм;
- б) 1,25 мм;
- в) 2,5

9. В субтрактивных методах проводящий рисунок образуется путем:

Варианты ответа один или несколько правильных:

а) удаления фольги с незащищенных участков поверхности. Для этого на медную фольгу диэлектрика наносится рисунок схемы, а незащищенные участки фольги стравливаются;

б) осуществляется избирательное осаждение химической меди на не фольгированный диэлектрик.

10. Метод последовательного наращивания применяется при изготовлении

Варианты ответа один или несколько правильных:

- а) односторонних плат;
- б) многослойных печатных плат;
- в) керамических плат;
- г) плат на алюминиевом основании.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Что называется гигроскопичностью?

- а) Способность материала поглощать водяные пары из воздуха
- б) Способность материала выделять водяные пары
- с) 1 + 2

2. Отношение количества паров воды в воздухе к его критическому значению – это:

- а) абсолютная влажность
- б) влажность
- с) относительная влажность

3. Нормальной относительной влажностью считается влажность, равная

- а) 60-70 %
- б) 70-80 %
- с) 80-90 %

4. Процесс поглощения влаги поверхностью материала называется:

- а) абсорбция
- б) адсорбция
- с) сорбция

5. Гидрофобные – это материалы, поверхность которых:

- а) не смачивается водой
- б) смачивается водой
- с) отталкивает воду

6. Пленка воды, образующаяся на поверхности диэлектрика:

- а) улучшает его электрические параметры
- б) ухудшает его электрические параметры
- с) не влияет на его электрические параметры

Ответ 2

7. Основные материалы для изготовления оснований ПП

- а) гетинакс
- б) стеклотекстолит
- с) оба материала

8. Шаг координатной сетки при трассировке
- a) 0,25
 - b) 0,625
 - c) Оба варианта
9. С какой целью проводятся операции сенсibilизации и активации?
- a) придание диэлектрику способности к металлизации
 - b) повышение качества емкости элементов
 - c) повышение качества трассировки печатного монтажа
10. Наибольшее изменение температуры происходит при переходе от изотермы к изотерме:
- a) по нормали
 - b) по касательной
 - c) изменение температуры вообще не происходит

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Темы индивидуальных заданий

1. Структура технологического процесса.
2. Виды и типы технологических процессов
3. Порядок проектирования технологических процессов. Выбор оптимального варианта
4. Математическое моделирование технологических процессов
5. Классификация плат и методов их изготовления
6. Методы формирования рисунка схемы на печатной плате
7. Материалы для изготовления печатных плат
8. Технология травления меди с пробельных мест
9. Технология химической и электрохимической металлизации
10. Технология изготовления многослойных печатных плат
11. Технология изготовления проводных печатных плат
12. Платы микроэлектронной аппаратуры
13. Физико-технологическое содержание пайки
14. Физико-технологическое содержание сварки
15. Припой, пасты, флюсы: назначение классификация, применение
16. Структура сборки печатных плат
17. Классификация способов групповой пайки печатных плат
18. Внутри и межблочный монтаж: технологические требования, технология жгутового монтажа
19. Герметизация блоков и изделий ЭА: классификация методов, физико-технологические основы процессов герметизации
20. Технология диагностики и контроля: виды контроля, диагностика неисправностей
21. Технологическое оборудование и оснастка: правила его выбора, связь с типом производства

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету с оцен-

кой

1. Содержание и порядок проектирования технологических процессов. Основные понятия и определения. Производственный процесс. Технологический процесс.
2. Технологическая операция. Установ. Переход. Вспомогательный переход. Позиция.
3. Классификация производств по назначению производства (основное, вспомогательное, опытное). Коэффициент заполнения операции.
4. Порядок проектирования технологических процессов. Виды технологических процессов (единичный, типовой, групповой).
5. Технологическая документация. Виды ТД общего назначения. Виды технологической документации специального назначения. Система обозначения технологической документации.
6. Технологическая документация. ЕСТД.
7. Стадии разработки технологической документации. Маршрутная карта. Операционная карта. Технологическая инструкция. Правила оформления.
8. Физическое и математическое моделирование ТП.
9. Последовательность построения модели ТП.
10. Понятие оптимизации ТП.
11. Понятия качество и технологичность ЭС.
12. Общее представление о методе дисперсионного анализа; последовательность выполняемых операций.
13. Сущность факторного анализа.
14. Полный факторный эксперимент.
15. Понятия точности, допуска, погрешности и стабильности ТП.
16. Функциональная и технологическая точность.
17. Печатные платы. Термины и определения.
18. Типы ПП по ГОСТ 23751–86.
19. Типовые операции изготовления ПП.
20. Материалы для ПП.
21. Подготовка поверхности заготовок печатных плат перед операциями технологического процесса.
22. Химическая металлизация поверхностей заготовок ПП.
23. Гальваническая металлизация в производстве ПП.
24. Методы изготовления печатных плат (субтрактивный, аддитивный)
25. ТП изготовления ОПП.
26. ТП изготовления ДПП.
27. ТП изготовления МПП методом «ПАФОС».
28. ТП изготовления МПП методом послойного наращивания.
29. ТП изготовления МПП методом попарного прессования.
30. Прессование слоев МПП.
31. Подготовка отверстий МПП под металлизацию.
32. ТП изготовления ГПП.
33. Фотоспособ получения рисунка на поверхности заготовки печатной платы.

34. Получение печатных проводников способом фотоформирования.
35. Офсетный способ получения рисунка на печатной плате.
36. Оплавление металлорезиста и горячее облуживание рисунка печатной платы.
37. Обработка заготовки печатной платы по контуру, финишная подготовка, хранение.
38. Фотошаблоны для получения рисунка печатной платы.
39. Виды тестирования ПП на производстве.
40. Общие принципы и технологии испытаний.
41. Контроль механических и электрических свойств ПП.
42. Методика и технология проведения испытаний ЭС на климатические воздействия.
43. Методика и технология проведения испытаний ЭС на механические воздействия

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Классификация и сравнительная характеристика способов групповой пайки.
2. Волновые способы групповой пайки и применяемое оборудование.
3. Методы и оборудование для пайки элементов с планарными выводами.
4. Технология пайки поверхностно-монтируемых элементов.
5. Применение концентрированных потоков энергии для групповой пайки.
6. Вспомогательные операции при групповой пайке.
7. Общая характеристика припоев.
8. Припойные пасты и флюсы.
9. Отмывка модулей.
10. Материалы для производства радиоэлектронных модулей на печатных платах.
11. Бессвинцовая пайка. Материалы для пайки.
12. Классификация методов электрического монтажа и основные требования к нему.
13. Способы подготовки проводов к монтажу.
14. Жгутовой монтаж РЭА.
15. Монтаж плоскими ленточными кабелями.
16. Основные методы регулировки и оценка их погрешности.
17. Методика регулировки параметров приемников.
18. Регулировка параметров телевизионных приемников.
19. Методика технологической тренировки и способы ее ускорения.
20. Оценка экономической эффективности регулировки в зависимости от типа производства.
21. Классификация методов герметизации и их применение в производстве РЭУ.
22. Технология пропитки намоточных изделий.

23. Способы пропитки намоточных изделий и оценка их эффективности.
24. Процессы заливки, обволакивания и гидрофобизации.
25. Технология герметизации в вакуумно-плотные корпуса.
26. Классификация видов контроля и оценка их эффективности.
27. Методы электрического контроля ПП.
28. Автоматизация визуального контроля и технические средства.
29. Автоматизация электрического контроля блоков РЭУ.
30. Методика диагностики неисправностей РЭС.
31. Средства технической диагностики.
32. Методы электронной микроскопии и их применение для контроля микрообъектов.
33. Правила выбора технологического оснащения.
34. Основные системы технологической оснастки и их применение.
35. Методика поверочного расчета технологической оснастки.
36. Оборудование для мелкосерийного производства РЭУ.
37. Автоматизированное оборудование для серийного производства.
38. Этапы и стадии автоматизации производства.
39. Критерии автоматизации.
40. Основные тенденции в автоматизации производства.
41. Виды автоматических линий и их основные параметры.
42. Проектирование поточной линии сборки.
43. Основные критерии автоматизации производства.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

При выявлении уровня знаний, умений, навыков, опыта деятельности по дисциплине применяется рейтинговая технология:

- по виду деятельности студента – учебный рейтинг;
- по периоду – семестровый рейтинг;
- по объёму учебной информации – рейтинг освоения ОП по учебной дисциплине;
- по способу расчёта – накопительный рейтинг.

Оценка знаний студентов производится по следующим критериям.

- участие в лекциях и практических занятиях 36 баллов
- текущие оценки по опросам и контрольным работам, 72 балла
- своевременная сдача лабораторных работ, 8 баллов
- прохождение тестирования, 12 баллов

Всего: 108 баллов

Минимальная оценка по «Экзамену» выставляется студенту, если он показал знание теории, видение логической структуры и закономерностей науки, хорошее осмысление основных вопросов проблемы, умеет при этом раскрывать педагогические понятия на различных примерах. Ответ по форме относительно логичен, содержателен.

Общее количество баллов по дисциплине = 108 баллов: посещение ауди-

торных занятий – 36 баллов + самостоятельная работа – 72 балла. Общее количество баллов по самостоятельной работе должно быть не менее 36 баллов (36–72 баллов).

«Экзамен» считается не сданным, если студент не владеет (или владеет в незначительной степени) основным программным материалом в объеме, необходимом для профессиональной деятельности. Общее количество баллов по самостоятельной работе менее 36 баллов (0–35 баллов).

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Принципы проектирования технологических процессов (ТП)	ПК-1	Тест, индивидуальные задания, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
2	Точность и надежность технологических процессов	ПК-1	Тест, индивидуальные задания, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
3	Технология печатных плат (ПП)	ПК-1	Тест, индивидуальные задания, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
4	Технология, материалы и оборудование для электрических соединений	ПК-1	Тест, индивидуальные задания, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
5	Сущность и особенности сборки электронных средств	ПК-1	Тест, индивидуальные задания, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
6	Технология изготовления деталей ЭС	ПК-1	Тест, индивидуальные задания, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
7	Основы автоматизации производственных процессов	ПК-1	Тест, индивидуальные задания, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту

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 бу-

мажном 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. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств [Электронный ресурс] / Юрков Н. К. - 2-е изд., испр., доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 480 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1552-6. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168617>
2. Селиванова, З. М. Технология производства электронных средств : учебное пособие / З.М. Селиванова; Министерство образования и науки Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2017. - 81 с. : ил. - Библиогр.: с. 57. - ISBN 978-5-8265-1734-5. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499048>
3. Донец, А.М. Проектирование конструкций и технологическая подготовка производства радиоэлектронных модулей : Учеб. пособие. - Воронеж : ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2007. - 221 с.
4. Антиликаторов, А.Б. Технология производства радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие / А.Б. Антиликаторов. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015. – 250 с.
5. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплинам «Технология приборов и систем», «Технология производства электронных средств» для студентов направлений 12.03.01 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения/ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А.Б. Антиликаторов-Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 59 с.
6. Методические указания по организации и контролю самостоятельной работы студентов по дисциплине «Технология производства электронных

- средств» направления «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной формы обучения [Электронный ресурс] / Каф. конструирования и производства радиоаппаратуры; Сост. А. Б. Антиликаторов. – Электрон. текстовые, граф. дан. (86 Кб). – Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. – Режим доступа: [СР_РК](#).
7. Методические указания к лабораторной работе «Статистическое моделирование технологических процессов сборки узлов РЭС» по дисциплине «Технология приборов и систем» «Технология производства электронных средств» для студентов направлений «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.Б. Антиликаторов. Воронеж, 2015. 15 с. – Режим доступа: [Антиликаторов_ЛР_Стат](#)
 8. Методические указания к лабораторной работе «Оценка геометрических параметров печатного монтажа с учетом технологических ограничений» по дисциплине «Технология приборов и систем» «Технология производства электронных средств» для студентов направлений «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной и заочной форм обучения/ ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.Б. Антиликаторов. Воронеж, 2009. 16 с. – Режим доступа: [Антиликаторов_ЛР_ОГП](#)
 9. Методические указания к лабораторной работе «Оценка технологичности конструкции изделия» по дисциплине «Технология приборов и систем» «Технология производства электронных средств» для студентов направлений «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной и заочной форм обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.Б. Антиликаторов. Воронеж, 2015. – 26 с. – Режим доступа: [Антиликаторов_ЛР-ОТК](#)
 10. Проектирование технологических процессов изготовления печатных плат : Методические указания к практическим занятиям «Проектирование технологических процессов изготовления печатных плат» по дисциплине «Технология приборов и систем», «Технология производства электронных средств» для студентов направлений «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной формы обучения / Каф. конструирования и производства радиоаппаратуры; Сост. А. Б. Антиликаторов. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015. – 64–2015. – Режим доступа: [Антиликаторов_ПЗ_ПП](#)

11. Проектирование технологического процесса сборки радиоэлектронного модуля : Методические указания к лабораторной работе «Проектирование технологического процесса сборки радиоэлектронного модуля» по дисциплине «Технология приборов и систем», «Технология производства электронных средств» для студентов направлений «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной и заочной форм обучения / Каф. конструирования и производства радиоаппаратуры; Сост. А. Б. Антиликаторов. - Воронеж : ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015. – 60-2015. – Режим доступа: [Антиликаторов ЛР ПТП](#)

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:

Перечень ПО, включая перечень лицензионного программного обеспечения:

ОС Windows 7 Pro;
Google Chrome;
Microsoft Office 64-bit
Компас 3D;
DesignSpark PCB;
Altium Designer;
EasyEDA

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

<http://window.edu.ru> – единое окно доступа к информационным ресурсам;

<http://www.edu.ru/> – федеральный портал «Российское образование»;

Образовательный портал ВГТУ;

<http://www.iprbookshop.ru/> – электронная библиотечная система IPRbooks;

www.elibrary.ru – научная электронная библиотека

Профессиональные базы данных, информационные справочные системы:

<https://docplan.ru/> – бесплатная база ГОСТ

<http://www.mathnet.ru/> – общероссийский портал Math-Net.ru

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, оснащенная следующим оборудованием:

- персональный компьютер с установленным ПО, подключенный к сети интернет;
- доска магнитно-маркерная;
- мультимедийный проектор,

- экран переносной

Учебная аудитория (компьютерный класс) для проведения практических занятий, оснащенная следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 11 шт.;
- принтер цветной лазерный;
- 3D принтер «Альфа-2»;
- доска магнитно-маркерная поворотная

Учебная аудитория (лаборатория) для проведения практических занятий, оснащенная следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, эмуляторами KP580 и EMURK286, подключенные к сети Интернет — 14 шт.;
- источник питания HY3020E- 9350 – 6 шт.;
- источник питания Б5-49 – 3 шт.;
- осциллограф GDS – 5 шт.;
- осциллограф цифровой запоминающий ОЦ3С02;
- универсальный генератор сигналов DG1022 – 4 шт.;
- цифровой осциллограф MSO2072A;
- электронная программируемая нагрузка AEL-8320 – 4 шт.;
- вольтметр В7-16А;
- частотомер MS6100;
- частотомер ЧЗ-35А

Помещение (Читальный зал) для самостоятельной работы с выходом в сеть «Интернет» и доступом в электронно-библиотечные системы и электронно-информационную среду, укомплектованное следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 10 шт.;
 - принтер;
 - магнитно-маркерная доска;
 - переносные колонки;
- переносной микрофон.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

По дисциплине «Технология производства электронных средств» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе. Лекции представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. Это – одна из важнейших форм учебного процесса и один из основных методов преподавания в вузе. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в

эго тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. В качестве ценного совета рекомендуется записывать не каждое слово лектора (иначе можно потерять мысль и начать писать автоматически, не вникая в смысл), а постараться понять основную мысль лектора, а затем записать, используя понятные сокращения.

Практические занятия позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий 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.

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

Лабораторные работы важны тем, что деятельность студентов приближается к деятельности инженера, способствуя приобретению навыков исследовательской работы, освоению методики экспериментальной работы, ознакомлению с радиоэлектронным оборудованием, обучению правилам безопасной работы с оборудованием.

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 типовых расчетов;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к зачетам и экзаменам.

Кроме базовых учебников рекомендуется самостоятельно использовать имеющиеся в библиотеке учебно-методические пособия. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

При ознакомлении с каким-либо разделом рекомендуется прочитать его целиком, стараясь уловить общую логику изложения темы. При повторном чтении хорошо акцентировать внимание на ключевых вопросах и основных теоремах (формулах). Можно составить их краткий конспект.

Степень усвоения материала проверяется следующими видами контроля:

- текущий (опрос, контрольные работы, типовые расчеты);
- промежуточный (курсовая проект, зачет с оценкой, экзамен).

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

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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.
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 начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			