

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 23

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

В.А. Ненашев

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«25» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физическо-химические основы технологии ЭС»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.03.03
Наименование направления подготовки/ специальности	Конструирование и технология электронных средств
Наименование направленности/ специализации	Проектирование и технология электронно- вычислительных средств
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

ст. преподаватель

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

С.И. Ян

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 23

«16» февраля 2026 г, протокол №7/26

Заведующий кафедрой № 23

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)

(подпись, дата)

А.Р. Бестугин

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Н.В. Марковская

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Физическо-химические основы технологии ЭС» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств » направленности/специализации «Проектирование и технология электронно-вычислительных средств». Дисциплина реализуется кафедрой «№23».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-7 «Способен выполнять работы по технологической подготовке производства электронных средств»

ПК-8 «Способен разрабатывать технологические процессы сборки и монтажа при производстве электронных средств»

ПК-9 «Способен налаживать, испытывать, проверять работоспособность измерительного, диагностического, технологического оборудования, используемого при решении различных технологических и производственных задач для электронных средств»

ПК-10 «Способен осуществлять монтаж, испытания и сдачу в эксплуатацию опытных образцов изделий электронной техники»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением общих физико-химических закономерностей, лежащих в основе технологических процессов электроники и микроэлектроники.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена (5 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины «Физико-химические основы технологии электронных средств» являются формирование у студентов представлений об общих физико-химических закономерностях, отражающих взаимосвязь между составом, структурой, свойствами и условиями получения полупроводниковых материалов и структур, формирование теоретического фундамента по технологии изделий микроэлектроники и технологии производства электронных приборов, развитие современного физико-химического мышления, помогающего в освоении последующих технологических дисциплин.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-7 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства электронных средств	ПК-7.3.1 знает принципы учета видов и объемов производственных работ ПК-7.3.2 знает методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства ПК-7.У.1 умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования ПК-7.У.2 умеет осуществлять поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры
Профессиональные компетенции	ПК-8 Способен разрабатывать технологические процессы сборки и монтажа при производстве электронных средств	ПК-8.3.1 знает основные технологические процессы сборки и монтажа, используемые при производстве электронных средств ПК-8.У.1 умеет выполнять разработку оптимального маршрута изготовления узлов и сборочных единиц изделий ракетно-космической техники, изготавливаемых с помощью технологии автоматизированного электромонтажа ПК-8.В.1 владеет навыками разработки технологической документации на процессы сборки и монтажа приборов и кабелей
Профессиональные компетенции	ПК-9 Способен наладивать, испытывать, проверять работоспособность измерительного, диагностического, технологического оборудования,	ПК-9.3.1 знает методы наладки измерительного, диагностического и технологического оборудования

	используемого при решении различных технологических и производственных задач для электронных средств	
Профессиональные компетенции	ПК-10 Способен осуществлять монтаж, испытания и сдачу в эксплуатацию опытных образцов изделий электронной техники	ПК-10.3.1 знает правила и нормы монтажа и испытаний сложного электронного оборудования ПК-10.У.1 умеет подготавливать локальную нормативную документацию для обслуживания приборов электроники ПК-10.В.1 владеет навыками сдачи в эксплуатацию опытных образцов изделий электронной техники

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Физика»,
- «Химия»,
- «Материаловедение»,
- «Технология конструкционных материалов»,
- «Электроника».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Интегральные устройства микроэлектроники»,
- «Конструирование модулей электронных средств»,
- «Технология производства электронных средств»,
- «Конструирование и технология устройств МСТ»,
- «Технология сборки и монтажа».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№5
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки	34	34
Аудиторные занятия, всего час.	68	68
в том числе:		
лекции (Л), (час)	34	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34

курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	45	45
Самостоятельная работа , всего (час)	31	31
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5					
Раздел 1. Термодинамический и молекулярно-атомарный подход к описанию технологических процессов.	2	-	-	-	3
Раздел 2. Физико-химические основы процессов удаления пленок с поверхности твердого тела	4	-	-	-	4
Раздел 3. Физико-химические основы процессов образования новой фазы на поверхности твердого тела	8	-	-	-	5
Раздел 4. Физико-химические основы процессов введения примесей	4	-	10	-	5
Раздел 5. Физико-химические основы процессов <u>литографии</u>	6	-	12	-	4
Раздел 6. Физико-химические основы процессов лазерной, фотонной и электронно-лучевой обработки.	4	-	-	-	5
Раздел 7. Физико-химические основы получения неразъемных соединений	6	-	12	-	5
Итого в семестре:	34		34		31
Итого	34	0	34	0	31

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<i>Тема 1.1 - Технологический процесс как термодинамическая система. Внутренняя энергия системы. Параметры состояния системы. Описание параметров, их взаимосвязь и взаимозависимость</i> <i>Тема 1.2 - Молекулярно-атомарный подход к описанию технологических процессов. Кинетика технологических процессов. Поток, как основная кинетическая характеристика системы. Характеристики потока. Константа скорости</i>

	<i>реакции. Энергия активации.</i>
2	Тема 2.1 Физико-химические основы поверхностных процессов. Термодинамика чистой поверхности. Поверхностное натяжение. Смачивание. Методы определения поверхностного натяжения. Поверхностно-активные вещества. Закономерности и природа адгезии. Адгезионные структуры. Тема 2.2 Закономерности травления. Скорость травления. Энергия активации. Анизотропное травление, селективное травление, локальное травление. Термодинамика анизотропного травления. Возможности анизотропного травления. Тема 2.3 Физическое, ионное, плазмохимическое травление.
3	Тема 3.1 Термодинамика образования зародышевой пленки. Критический радиус и критическая энергия зародыша. Способы образования критических и закритических зародышей. Теория Гиббса. Теория Френкеля. Тема 3.2 Понятие эпитаксии. Гомоэпитаксия и гетероэпитаксия. Эпитаксия из паровой, газовой и жидкой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Механизм формирования гетероэпитаксиальных структур методом МЛЭ. Тема 3.3 Эпитаксия из газовой фазы. Хлоридный и силановый методы. Тема 3.4 Эпитаксия из жидкой фазы бинарных полупроводников. Тема 3.5 Физико-химические основы термовакuumного испарения и осаждения материалов. Испарение чистых металлов в вакууме. Механизм испарения. Температура испарения, скорость испарения. Испарение сплавов и химических соединений. Электронно-лучевые и лазерные методы испарения. Кинетика и механизм осаждения. Тема 3.6 Физико-химические основы ионных, ионно-плазменных, плазмохимических методов нанесения пленок. Аномальный тлеющий разряд. Элементы импульсной теории ионного распыления. Коэффициент ионного распыления и его зависимость от материала мишени. Катодное распыление. Плазмохимическое и магнетронное осаждение. Кинетика и механизм осаждения.
4	Тема 4. 1 Физико-математические основы процессов диффузии. Поток, как основная кинетическая характеристика системы. Характеристики потока. Источники и стоки системы, основы кинетики процессов. Законы Фика. Механизмы диффузии. Кинетика диффузии. Решения уравнения диффузии. Диффузия из ограниченного и неограниченного источников. Тема 4.2 Физические основы ионной имплантации. Распределение примесей и пробегов ионов при внедрении в аморфную мишень. Распределение пробегов ионов в монокристаллических подложках. Эффект каналирования. Аморфизация и рекристаллизация кремния после имплантации.
5	Тема 5.1 Фотохимическое воздействие на вещество. Основные законы фотохимии. Основные типы фотохимических реакций. Квантовый выход. Воздействие актиничного излучения на чувствительные материалы. Фоторезисты, рентгенорезисты, электронорезисты, ионорезисты. Тема 5.2 Фотохимические и физико-химические процессы получения скрытого и видимого изображения. Свойства фоторезистов. Светочувствительность, разрешающая способность фоторезистов. Тема 5.3 Негативные фоторезисты. Позитивные фоторезисты. Физико-химическая сущность процессов нанесения, экспонирования, проявления. Растворители, проявители.

	Контрастность, стойкость к последующим технологическим воздействиям. Методы термообработки, удаления, механизм удаления. Тема 5.4 Контактная и проекционная микролитографии, их разновидности. Фотошаблоны, рентгеношаблоны, электроношаблоны, ионошаблоны.
6	Тема 6.1 Лазерная обработка. Энергетические характеристики лазерного излучения. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Основные модели разрушения материала — тепловая, газокинетическая. Нагрев без разрушения. Применение лазерного излучения для упрочнения поверхности, рекристаллизации и отжига слоев. Применение лазерного излучения для химико-термических процессов в технологии ЭС. Лазерная сварка. Тема 6.2 Фотонная обработка. Энергетические параметры фотонных ламп. Фотонный отжиг, плавление, рекристаллизация. Электронно-лучевая обработка. Энергетические параметры электронного пучка. Электронно-лучевой отжиг, рекристаллизация, плавление. Электронно-лучевая сварка.
7	Тема 7.1 Сварка. Механизм образования сварных соединений. Виды сварных соединений: гомогенные, интерметаллические, диффузионные. Стадии формирования сварного соединения. Сварка плавлением. Сварка давлением. Термокомпрессионная сварка. Ультразвуковая сварка. Тема 7.2 Механизм образования и структура паяных соединений. Припой. Диаграмма состояния сплава олово-свинец. Флюсы. Механизм действия. Роль флюса в процессе пайки. Холодная пайка. Припойные пасты. Бессвинцовая пайка. Тема 7.3 Клеевые соединения. Клеи, их разновидности. Подготовка поверхности для склеивания. Механизм склеивания. Прочность адгезионных соединений. Долговечность и разрушение адгезионных соединений. Клеи для микроконтактирования, контактол.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
-------	---------------------------------	---------------------	---------------------------------------	----------------------

Семестр 5				
1	Исследование распределения удельного поверхностного сопротивления резистивной пленки	8		3
2	Исследование процесса термовакuumного напыления резистивных пленок	8		3
3	Исследование процесса диффузии примеси в полупроводник из постоянного источника	10		4
4	Исследование и оптимизация параметров сварки элементов интегральных микросхем	8		7
Всего		34		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 5, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	15	
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	3	
Домашнее задание (ДЗ)	10	
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	3	
Всего:	31	31

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
538.9.Б 26	В.И.Томилин. Физико-химические основы технологии ЭС. Учебник. Серия: Высшее профессиональное образование. Академия, 2010. 416с. Барыбин А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы. – М.; ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 424 с. Смирнов, В. И. Физико-химические	

621.38(075) С 50	основы технологии электронных средств: учебное пособие / В. И. Смирнов. - Ульяновск: УлГТУ, 2005.- 112 с. Валетов В.А., Кузьмин Ю.П., Орлова А.А., Третьяков С.Д. Технология приборостроения: Учебное пособие. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. - 336 с. Ларин В.П. Технология пайки. Методы исследования процессов пайки и паяных соединений: Учеб. пособие / СПбГУАП. - СПб., 2002. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств. – М.: Техносфера. 2007	
38.844.К 60	Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебное пособие. - СПб.: Издательство «Лань», 2007. - 400 с	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://pro.guap.ru/	Элементы электронного курса по дисциплине ¹ размещены <u>внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения»</u>

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Электронная информационно-образовательная среда ГУАП «Интегрированная среда обучения» (https://pro.guap.ru/) разработана сотрудниками ГУАП (введена в эксплуатацию приказом ГУАП от 06.06.2017 № 05-215/17), перечень модулей и их функциональное назначение изложены по ссылке https://guap.ru/it/system/iso
2	Официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет» (https://guap.ru/), разработан сотрудниками ГУАП (введен в эксплуатацию Приказом ГУАП от 23.03.2023 № 05-145/23)
3	LibreOffice 5 (Лицензия LGPLv3)

¹ Разработчик может перечислить конкретные элементы электронного курса, например: задания для подготовки к занятиям, методические рекомендации для самостоятельной подготовки, учебно-методические материалы по темам, мультимедийные презентации по темам, извлечения из нормативно-правовых актов и т.п.

4	Microsoft Office 2019 (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po)
5	MozillaFirefox(лицензии GPL/LGPL/MPL)

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
1	Электронный каталог библиотеки ГУАП с доступом к базе полнотекстовых изданий (https://lib.guap.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП
2	Научная электронная библиотека «eLIBRARY» (https://elibrary.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
3	ЭБС «Лань» (https://e.lanbook.com/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
4	ЭБС Консорциума аэрокосмических вузов России (http://elsau.ru/suai), доступ по IP-адресам ГУАП
5	ЭБС Znanium (https://znanium.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
6	образовательная платформа «Юрайт» (https://urait.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
7	Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» (https://cyberleninka.ru/), свободный доступ

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	14-06Г (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
2	Класс для групповых дискуссий	51-06-03 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся - Читальный зал библиотеки ГУАП: специализированная мебель; персональные компьютеры – 10 шт., обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети и точке доступа WiFi, а также к электронно-библиотечным системам, реферативной базе данных Scopus; копировальный аппарат Kyocera KM2035.	22-19 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Экзаменационные билеты; Задачи; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1.	Поверхностное натяжение. Смачивание, адгезия и капиллярные явления.	ПК-7.3.1
2.	Очистка подложек. Физические методы очистки.	ПК-7.3.2
3.	Очистка подложек. Химические методы очистки.	ПК-7.У.1
4.	Методы контроля чистоты подложки.	ПК-7.У.2
5.	Технологические атмосферы и среды	ПК-8.3.1
6.	Параметры атмосферы. Герметичные скафандры.	ПК-8.У.1
7.	Диффузия. Уравнения Фика.	ПК-8.В.1
8.	Диффузия из постоянного источника.	ПК-9.3.1
9.	Диффузия из слоя конечной толщины.	ПК-10.3.1
10.	Диффузия из бесконечно тонкого слоя.	ПК-10.У.1
11.	Диффузианты. Техническая реализация процессов диффузии.	ПК-10.В.1
12.	Ионное легирование. Аморфная мишень.	ПК-7.3.1
13.	Ионное легирование. Канальный эффект.	ПК-7.3.2
14.	Ионное легирование. Техническая реализация.	ПК-7.У.1
15.	Литография. Фотолитография.	ПК-7.У.2
16.	Фотолитография. Законы фотохимии.	ПК-8.3.1
17.	Негативные фоторезисты.	ПК-8.У.1
18.	Позитивные фоторезисты.	ПК-8.В.1
19.	Фоторезисты. Светочувствительность. Разрешающая способность. Кислотостойкость.	ПК-9.3.1
20.	Технологический процесс фотолитографии.	ПК-10.3.1
21.	Методы изготовления фотошаблонов. Оптико-механический метод изготовления.	ПК-10.У.1
22.	Методы изготовления фотошаблонов. Генераторы изображения.	ПК-10.В.1
23.	Рентгенолитография. Рентгенорезисты. Рентгеношаблоны	ПК-7.3.1
24.	Электронолитография. Электронорезисты. Взаимодействие электронов с резистом	ПК-7.3.2
25.	Вакуум. Характеристики вакуума. Низкий, средний, высокий и сверхвысокий вакуум.	ПК-7.У.1
26.	Вакуумные методы нанесения пленок. Термовакuumное испарение.	ПК-7.У.2
27.	Ионные методы нанесения. Катодное распыление.	ПК-8.3.1
28.	Коэффициент распыления	ПК-8.У.1
29.	Ионно-плазменное распыление.	ПК-8.В.1
30.	Магнетронное распыление.	ПК-9.3.1
31.	Сварка плавлением. Сварка давлением.	ПК-10.3.1
32.	Пайка. Припой. Флюсы. Роль флюса в процессе пайки.	ПК-10.У.1
33.	Термокомпрессионная сварка.	ПК-10.В.1
34.	Сварка расщепленным электродом.	ПК-7.3.1
35.	Поверхностное натяжение. Смачивание, адгезия и капиллярные явления.	ПК-7.3.1
36.	Очистка подложек. Физические методы очистки.	ПК-7.3.2
37.	Очистка подложек. Химические методы очистки.	ПК-7.У.1
38.	Методы контроля чистоты подложки.	ПК-7.У.2
39.	Технологические атмосферы и среды. Параметры атмосферы. Герметичные скафандры.	ПК-8.3.1

40.	Диффузия. Уравнения Фика.	ПК-8.У.1
41.	Диффузия из постоянного источника.	ПК-8.В.1
42.	Диффузия из слоя конечной толщины.	ПК-9.3.1
43.	Диффузия из бесконечно тонкого слоя.	ПК-10.3.1
44.	Диффузианты. Техническая реализация процессов диффузии.	ПК-10.У.1
45.	Ионное легирование. Аморфная мишень.	ПК-10.В.1
46.	Ионное легирование. Канальный эффект.	ПК-7.3.1
47.	Ионное легирование. Техническая реализация процесса.	ПК-7.3.2
48.	Литография. Фотолитография.	ПК-7.У.1
49.	Фотолитография. Основные законы фотохимии.	ПК-7.У.2
50.	Негативные фоторезисты. Состав, свойства и применение.	ПК-8.3.1
51.	Позитивные фоторезисты. Состав, свойства и применение.	ПК-8.У.1
52.	Основные параметры фоторезистов: светочувствительность, разрешающая способность и кислотостойкость.	ПК-8.В.1
53.	Технологический процесс фотолитографии.	ПК-9.3.1
54.	Методы изготовления фотошаблонов. Оптико-механический метод.	ПК-10.3.1
55.	Методы изготовления фотошаблонов с применением генераторов изображения.	ПК-10.У.1
56.	Рентгенолитография. Рентгенорезисты и рентгеновские шаблоны.	ПК-10.В.1
57.	Электронолитография. Электронорезисты. Взаимодействие электронов с резистом.	ПК-7.3.1
58.	Вакуум и его основные характеристики. Низкий, средний, высокий и сверхвысокий вакуум.	ПК-7.3.2
59.	Вакуумные методы нанесения плёнок. Термовакuumное испарение.	ПК-7.У.1
60.	Ионные методы нанесения плёнок. Катодное распыление и коэффициент распыления.	ПК-7.У.2
61.	Ионно-плазменное распыление.	ПК-8.3.1
62.	Магнетронное распыление.	ПК-8.У.1
63.	Сварка плавлением и сварка давлением.	ПК-8.В.1
64.	Пайка. Припой и флюсы. Роль флюса в процессе пайки.	ПК-9.3.1
65.	Термокомпрессионная сварка.	ПК-10.3.1
66.	Сварка расщеплённым электродом.	ПК-10.У.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код
-------	--	-----

		индикатора						
1.	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один правильный ответ Какова основная цель разработки маршрута изготовления электронных средств? А) Обеспечение минимального количества деталей в конструкции В) Оптимизация последовательности технологических операций для эффективного производства С) Разработка конструкторской документации D) Определение конечного пользователя изделия	ПК-7.3.1						
2.	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов. Какие факторы учитываются при разработке технологического маршрута изготовления электронных изделий? А) Последовательность технологических операций В) Необходимое оборудование и инструменты С) Эстетические характеристики конечного изделия D) Требуемые характеристики надежности и качества	ПК-7.3.2						
3.	Инструкция. Прочитайте задание и расположите варианты ответа в правильной последовательности. Расположите этапы разработки маршрута изготовления электронных средств в правильной последовательности: А) Анализ технических требований к изделию В) Определение последовательности технологических операций С) Выбор необходимого оборудования и инструментов D) Оценка качества и соответствие требованиям	ПК-8.3.1						
4.	Инструкция. Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую позицию в правом столбце. Установите соответствие между элементами технологического маршрута и их функциями: А) Операционная карта → 1) Определяет последовательность выполнения технологических операций В) Спецификация материалов → 2) Описывает используемые комплектующие и материалы С) Карта контроля качества → 3) Содержит требования к проверке изделия на соответствие <i>Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:</i> <table border="1" data-bbox="520 1953 1043 2033"> <tr> <td>А</td><td>В</td><td>С</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td></tr> </table>	А	В	С				ПК-9.3.1
А	В	С						
5.	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый	ПК-10.3.1						

	вариант ответа. Опишите основные особенности технологического маршрута изготовления изделий типа "система в корпусе".							
6.	Инструкция. Прочитайте задание и расположите варианты ответа в правильной последовательности. Расположите этапы разработки технологической документации (ТД) в правильной последовательности: А) Разработка технологической карты сборки В) Определение требований к входному контролю деталей и материалов С) Определение параметров контроля качества и испытаний Д) Согласование и утверждение технологической документации	ПК-7.У.1						
7.	Инструкция. Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую позицию в правом столбце. Установите соответствие между видами технологической документации и их назначением: А) Карта входного контроля → 1) Определяет критерии приемки деталей и материалов В) Технологическая карта сборки → 2) Определяет последовательность операций сборки и монтажа С) Карта выходного контроля → 3) Содержит перечень испытаний и методы проверки готового изделия <i>Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:</i> <table border="1"> <tr> <td>А</td><td>В</td><td>С</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td></tr> </table>	А	В	С				ПК-7.У.2
А	В	С						
8.	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Опишите основные требования к технологической документации на сборку и монтаж электронных средств.	ПК-8.У.1						
9.	Инструкция. Прочитайте задание и расположите варианты ответа в правильной последовательности. Расположите этапы отработки технологических операций в правильной последовательности: А) Разработка технологических карт В) Проведение пробной сборки и анализ результатов С) Определение и корректировка технологического маршрута Д) Внесение необходимых изменений в технологический процесс	ПК-10.У.1						
10.	Инструкция. Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую позицию в правом столбце.	ПК-8.В.1						

	Установите соответствие между технологическими операциями и их назначением: А) Монтаж печатных плат → 1) Закрепление электронных компонентов на плате В) Контроль качества сборки → 2) Проверка соответствия параметров собранного изделия С) Зачистка и подготовка кабелей → 3) Обеспечение надёжности соединений <i>Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:</i> <table border="1"> <tr> <td>А</td><td>В</td><td>С</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td></tr> </table>	А	В	С				
А	В	С						
11.	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Опишите основные методы оптимизации технологических операций при сборке и монтаже электронных средств.	ПК-10.В.1						
12.	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один правильный ответ Какова основная цель разработки технологической документации (ТД) на сборку и монтаж электронных средств? А) Определение стоимости компонентов В) Оптимизация процесса сборки и контроля качества С) Разработка технического задания на проектирование Д) Анализ рыночного спроса на продукцию	ПК-7.3.1						
13.	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов. Какие документы входят в состав технологической документации (ТД) для сборки и монтажа электронных средств? А) Технологическая карта В) Карта входного контроля С) Дизайн-макет корпуса устройства Д) Карта выходного контроля и испытаний	ПК-7.3.2						
14.	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один правильный ответ Что является основным критерием успешной отработки технологической операции сборки электронных средств? А) Минимизация времени выполнения операции В) Соответствие параметров сборки требованиям технической документации С) Использование наиболее дорогих материалов Д) Уменьшение числа операторов в сборочном процессе	ПК-8.3.1						
15.	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один или несколько	ПК-9.3.1						

	правильных ответов. Какие этапы включены в процесс отработки технологических операций сборки и монтажа электронных средств? А) Определение оптимальной последовательности сборки В) Анализ применяемых инструментов и оснастки С) Оптимизация внешнего вида устройства D) Контроль качества выполнения операций	
16.	Инструкция. Прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов. Какие методы применяются для обеспечения бездефектного выполнения технологических операций? А) Использование систем автоматического контроля качества В) Введение многоуровневого контроля на ключевых этапах производства С) Применение случайного подхода к выбору методов сборки D) Обучение персонала и внедрение стандартных операционных процедур	ПК-10.3.1
17.	Инструкция. Прочитайте задание и расположите варианты ответа в правильной последовательности. Расположите этапы разработки мероприятий по обеспечению бездефектного производства в правильной последовательности: А) Анализ причин возникновения дефектов В) Определение критических точек технологического процесса С) Разработка корректирующих мероприятий D) Внедрение мероприятий и контроль их эффективности	ПК-7.У.1
18.	Инструкция. Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую позицию в правом столбце. Установите соответствие между методами предотвращения дефектов и их назначением: А) FMEA-анализ → 1) Выявление потенциальных дефектов и их последствий В) Автоматизированное тестирование → 2) Контроль качества продукции в реальном времени С) Внедрение стандартных операционных процедур (SOP) → 3) Снижение вероятности ошибок за счет четкого регламента	ПК-7.У.2

	выполнения операций Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">А</td><td style="padding: 2px 10px;">В</td><td style="padding: 2px 10px;">С</td></tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td><td style="height: 20px;"></td><td style="height: 20px;"></td></tr> </table>	А	В	С				
А	В	С						
19.	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Опишите основные принципы разработки мероприятий по предотвращению дефектов в технологических процессах.	ПК-8.У.1						
20.	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа.	ПК-10.У.1						
21.	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа.	ПК-8.В.1						
22.	Инструкция. Прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа.	ПК-10.В.1						

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

– получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;

- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

Конспект лекций в информационной системе кафедры
Филатов_ФХОТЭС_Конспект

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ.

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

МУ в информационной системе кафедры
Филатов_ФХОТ_МУ по ЛР

Структура и форма отчета о лабораторной работе

МУ в информационной системе кафедры
Филатов_ФХОТ_МУ по ЛР

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

МУ в информационной системе кафедры
Филатов_ФХОТ_МУ по ЛР

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой