Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 25.09.2025 18:09:55
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Полиграфический институт

УТВЕРЖДАЮ
Директор
_____ /Нагорнова И.В./
«_27_» февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Технологии сборки электронных устройств

Направление подготовки
29.04.03 «Технология полиграфического и упаковочного производства»

Профиль/специализация
«Полиграфические технологии производства промышленной продукции»

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная

Москва – 2025

Разработчик(и):

Заведующий кафедрой «Технологии
и управление качеством в полиграфическом
и упаковочном производстве», к.т.н., /Ф.А. Доронин/

Согласовано

Руководитель образовательной программы
к.т.н.,/И.В. Нагорнова/

1. **Перечень планируемых результатов изучения дисциплины, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Цели дисциплины:
Сформировать целостные знания о процессах сборки электронных устройств (SMD/PTH/гибридная сборка), параметрировании, контроле качества и обеспечении надежности.
Научить обоснованному выбору технологических процессов и оборудования, подготовке ТЗ на технологические решения и оснастку, сопровождению запуска и устранению проблем.

Задачи дисциплины:
Изучить компонентную базу, материалы, ESD-требования и основные технологические операции: трафаретная печать пасты, монтаж, оплавление (reflow), волновая/селективная пайка, клеевые технологии.
Освоить DFM/DFA, подготовку ТЗ на технологические решения, выбор оборудования и режимов.
Разобрать методы контроля и испытаний (SPI/AOI/ICT/FCT, профили оплавления, надежность).
Сформировать навыки анализа дефектов, rework/repair и верификации улучшений.

Соотнесение дисциплины с компетенциями и индикаторами:
ПК-1 — Способен анализировать научно-техническую информацию, разрабатывать и реализовывать планы (программы) мероприятий при создании изделий с заданными эксплуатационными характеристиками с использованием полиграфических технологий
ИПК-3 Анализирует и выбирает технологические процессы и технические средства производства и контроля при создании изделий с заданными эксплуатационными характеристиками с использованием полиграфических технологий
ПК-2 — Способен выбирать и разрабатывать технологические решения на основе проведения экспериментальных работ, проектировать продукцию с использованием полиграфических технологий согласно целевым запросам
ИПК-1 Формирует техническое задание на разработку и адаптацию технологических решений при производстве изделий/продукции с применением полиграфических технологий

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

- Блок 1. Дисциплины (модули)
- Часть, формируемая участниками образовательных отношений
- Модуль: «Печатная электроника»
- Шифр: Б.1.2.1.3 Технологии сборки электронных устройств
- Взаимосвязи с другими дисциплинами:

Базируется на: «Функциональные материалы», «Печатная электроника» (элементы, подложки, печатные проводники).
Связана с: «Методы и средства диагностики, мониторинга и контроля» (испытания/СПК), «Материалы полиграфического и упаковочного производства».
Обеспечивает: практику сборки и контроля для «Организация управления производством», «Проектно-технологический реинжиниринг»

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

- Зачетные единицы: 3 з.е.
- Общий объем: 108 часов
- Аудиторные занятия: 36 часов (лекции 18; практические 18)
- Самостоятельная работа (СРС): 72 часа
- Точный семестр проведения: 2 курс, 4 семестр (все 36 ауд. часов в 4 семестре)

Вид промежуточной аттестации: экзамен (4 семестр)

Объём дисциплины по видам учебных занятий (в часах):

Вид учебной работы	Всего часов
Аудиторные занятия (всего)	36
Лекции	18
Практические занятия	18
Самостоятельная работа (всего)	72
В том числе: реферат	4
Подготовка к практическим занятиям	64
Тестирование	4
ИТОГО (час/з.е.)	108 / 3

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий

№	Раздел дисциплины	Лекции	Практ.	СРС	Всего
1	Компонентная база, материалы, ESD/MSL, хранение и подготовка	2	2	8	12
2	Трафаретная печать паяльной пасты: оснастка, параметры, контроль (SPI)	2	2	8	12
3	Монтаж SMD и оплавление (reflow): профили, настройки, дефекты	2	2	8	12
4	PTH-монтаж, волновая и селективная пайка: процессы и контроль	2	2	8	12
5	Клеевые/гибридные технологии и механические соединения	2	2	8	12
6	DFM/DFA и подготовка ТЗ на технологические решения и оснастку	2	2	8	12
7	Контроль и испытания: AOI, ICT, FCT, надежность/климат	2	2	8	12
8	Дефектология, rework/repair, верификация улучшений	2	2	8	12
9	Автоматизация участка: программирование P&P, трассировка, MES/SPC	2	2	8	12

Итого	—	18	18	72	108

Связь разделов с индикаторами:
ПК-1 (ИПК-3): разделы 2–5, 7–8
ПК-2 (ИПК-1): раздел 6

4.2. Содержание разделов (точные формулировки разделов даны в 4.1)

- Компоненты (SMD/PTH, BGA/QFN), подложки, материалы; ESD-контур, MSL, условия хранения/сушки (JEDEC J-STD-033), подготовка к сборке.
- Трафареты/пасты/подложки; настройки печати (скорость, давление, угол, темп.), чистка; SPI-метрики (высота/объем, сдвиг) и коррекция.
- Pick&place: точность, библиотека посадочных мест; этапы профиля reflow (преднагрев/выдержка/пик/охлаждение); типовые дефекты (мосты, шарики, гробик, voids) и меры предотвращения.
- PTH: подготовка, флюсы/температуры/скорости; волновая/селективная пайка, тепловой баланс, дефекты (недолив, мосты, вырыв), критерии пропайки.
- Проводящие/непроводящие клеи, дозирование/отверждение; гибридная сборка печатной электроники с традиционными компонентами; механические крепления.
- Правила DFM/DFA; содержание ТЗ на технологические решения/оснастку (данные, качество, метрология, безопасность, эргономика, квалификация); обоснование выбора процессов/оборудования.
- Контроль и испытания: входной/межоперационный/финальный; AOI/SPI/ICT/FCT; климат/вибро/термоциклы; критерии IPC-A-610.
- Дефектология: 5Why, Исикава, CAPA; rework/repair BGA/QFN (локальный подогрев, профили), верификация изменений (DoE/PPAP при необходимости).
- Автоматизация: офлайн-программирование P&P, оптимизация раскладки, трассировка и учет MSL, интеграция с MES/SPC, мониторинг OEE/качества.

4.3. Практические занятия / лабораторные занятия
(каждое по 2 часа; привязка к разделам 4.1)

- Анализ спецификации (BOM/AVL), рисков ESD/MSL; чек-лист приемки.
- Настройка печати пасты: выбор трафарета/пасты, план SPI-контроля и пороги.
- Разработка и проверка профиля reflow; оценка дефектов и корректирующие действия.
- Маршрут PTH/волна/селективная пайка; контрольные точки качества.
- Выбор клея/режимов; мини-план испытаний адгезии/электропроводности.
- Подготовка ТЗ на оснастку/оборудование участка (по шаблону); рецензирование ТЗ.
- План контроля и испытаний (AOI/ICT/FCT/климат); критерии приемки.
- Анализ дефектов по кейсу: 5Why, CAPA; оформление отчета.

Офлайн-программирование P&P; оценка показателей производительности/качества (OEE/SPC).

-

4.3. Практические занятия
(привязка к разделам 4.1)

- Анализ спецификации (BOM/AVL), рисков ESD/MSL; чек-лист приемки.
- Настройка печати пасты: выбор трафарета/пасты, план SPI-контроля и пороги.
- Разработка и проверка профиля reflow; оценка дефектов и корректирующие действия.
- Маршрут PTH/волна/селективная пайка; контрольные точки качества.
- Выбор клея/режимов; мини-план испытаний адгезии/электропроводности.
- Подготовка ТЗ на оснастку/оборудование участка (по шаблону); рецензирование ТЗ.
- План контроля и испытаний (AOI/ICT/FCT/климат); критерии приемки.
- Анализ дефектов по кейсу: 5Why, CAPA; оформление отчета.

Офлайн-программирование P&P; оценка показателей

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение

5.1. Основная литература

Hwang J.S. Environment-Friendly Electronics: Lead-Free Technology. Electrochemical Publications, 2001.
Prasad R. Surface Mount Technology: Principles and Practice. Springer, 2013.
Montgomery D. Введение в статистический контроль качества. М.: Вильямс, 2019.
IPC-A-610 Acceptability of Electronic Assemblies (актуальная редакция).

5.2. Дополнительная литература

IPC J-STD-001 Requirements for Soldered Electrical and Electronic Assemblies.

5.3. Лицензионное программное обеспечение

-

5.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

CAD/EDA: Altium Designer (академ.), KiCad (open-source).
Офлайн-программирование P&P: демо/учебные (ASM/Europlacer/и др.).

5.5. Электронные образовательные ресурсы

Электронный образовательный ресурс находится в разработке

6. Материально-техническое обеспечение

* Учебный компьютерный класс (1 ПК на обучающегося), доступ в интернет; установленное ПО для статистики/визуализации.

Измерительная техника (по возможности)): Демонстрационные материалы: учебные платы/компоненты, трафареты/макеты; паяльные/термовоздушные станции (для демонстраций rework). Измерительное/испытательное оснащение (по возможности): термопары/логгеры, микроскоп/лупа, мультиметры, простые стенды для SPI/AOI (демо), приборы адгезии/COF, небольшая печь оплавления.

7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

7.1. Методические рекомендации преподавателю

Данный раздел настоящей рабочей программы предназначен для начинающих преподавателей и специалистов-практиков, не имеющих опыта преподавательской работы.

В условиях конструирования образовательных систем на принципах компетентностного подхода произошло концептуальное изменение роли преподавателя, который, наряду с традиционной ролью носителя знаний, выполняет функцию организатора научно-поисковой работы обучающегося, консультанта в процедурах выбора, обработки и интерпретации информации, необходимой для практического действия и дальнейшего развития, что должно обязательно учитываться при проведении лекционных и практических занятий».

7.2. Методические указания обучающимся

Получение углубленных знаний по дисциплине достигается за счет активной самостоятельной работы обучающихся. Выделяемые часы целесообразно использовать для знакомства с учебной и научной литературой по проблемам дисциплины, анализа научных концепций. В рамках дисциплины предусмотрены различные формы контроля уровня достижения обучающимися заявленных индикаторов освоения компетенций. Форма текущего контроля – активная работа на практических занятиях, реферат, тестирование. Формой промежуточного контроля по данной дисциплине является экзамен/зачет, в ходе которого оценивается уровень достижения обучающимися заявленных индикаторов освоения компетенций

8. Фонд оценочных средств по дисциплине

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины. Формы контроля формирования компетенций

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции	Форма контроля	Этапы формирования (разделы дисциплины)
ПК-1	ИПК-3	Текущий контроль: защита практических работ 2–5, 7–8; мини-тесты. Промежуточный контроль: экзамен (4 семестр)	Разделы 2–5, 7–8
ПК-2	ИПК-1	Текущий контроль: защита практической работы 6 (ТЗ); рецензирование ТЗ. Промежуточный контроль: экзамен (4 семестр)	Раздел 6

8.2.1 Критерии оценки ответа на экзамене

«5» (отлично): обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, практические навыки, владеет терминами, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

«4» (хорошо): обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, практические навыки, владеет терминами, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем.

«3» (удовлетворительно): обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает не достаточно свободное владение монологической речью, терминами, логичностью и последовательностью изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем.

«2» (неудовлетворительно): обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, отсутствие практических навыков, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминами, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на дополнительные вопросы.

8.2.1 Критерии оценки ответа на зачете

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Шкала оценивания	**Описание**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблице п. 8.1 показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитическихоперациях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

Не зачтено	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений,навыков приведенным в таблице п.8.1 показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе нановые ситуации.

8.2.3 Критерии оценки работы обучающегося на лабораторных или практических занятиях

«5» (отлично): выполнены все практические задания, предусмотренные практическими занятиями, обучающийся четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы, активно работал на практических занятиях.

«4» (хорошо): выполнены все практические задания, предусмотренные практическими занятиями, обучающийся с корректирующими замечаниями преподавателя ответил на все контрольные вопросы, достаточно активно работал на практических занятиях.

«3» (удовлетворительно): выполнены все практические задания, предусмотренные практическими занятиями с замечаниями преподавателя; обучающийся ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (неудовлетворительно): обучающийся не выполнил или выполнил неправильно практические задания, предусмотренные практическими занятиями; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

8.2.4. **Критерии оценки курсовой работы (если применимо)**

«5» (отлично): тема курсового проекта актуальна и раскрыта полностью; реферат подготовлен в установленный срок; оформление, структура и стиль изложения реферата соответствуют предъявляемым требованиям к оформлению документа; реферат выполнен самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы; подготовлен доклад, излагаемый без использования опорного конспекта.

«4» (хорошо): тема курсового проекта актуальна, но раскрыта не полностью; реферат подготовлен в установленный срок; оформление, структура и стиль изложения реферата соответствуют предъявляемым требованиям к оформлению документа; реферат выполнен самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы; подготовлен доклад, излагаемый с использованием опорного конспекта.

«3» (удовлетворительно): тема курсового проекта актуальна, но раскрыта не полностью; реферат подготовлен с нарушением установленного срока представления; оформление, структура и стиль изложения реферата не в полной мере соответствуют предъявляемым требованиям к оформлению документа; в целом реферат выполнен самостоятельно, однако очевидно наличие заимствований без ссылок на источники; подготовлен доклад, излагаемый с использованием опорного конспекта.

«2» (неудовлетворительно): тема курсового проекта актуальна, но не раскрыта; реферат подготовлен с нарушением установленного срока представления; оформление, структура и стиль изложения реферата не соответствуют предъявляемым требованиям к оформлению документа; в реферате очевидно наличие значительных объемов заимствований без ссылок на источники; доклад не подготовлен.

8.3. Методические материалы (типовые контрольные задания), определяющие результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения

Контрольные задания, применяемые в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, носят универсальный характер и предусматривают возможность комплексной оценки всего набора заявленных по данной дисциплине индикаторов сформированности компетенций.

8.3.1 **Промежуточный контроль (вопросы к экзамену/зачету)**

- ESD/MSL-требования и их влияние на процессы сборки.
- Трафаретная печать пасты: трафареты, параметры, дефекты и коррекция (SPI-метрики).
- Профили reflow: этапы, критерии корректности; связь с дефектами.
- PTH, волновая и селективная пайка: ключевые параметры, дефекты и меры устранения.
- Клеевые/гибридные технологии: выбор клея, режимы, проверка адгезии/проводимости.
- DFM/DFA: правила для сборки; структура и содержание ТЗ на технологическое решение.
- AOI/ICT/FCT: назначение, ограничения, диагностируемость.
- Анализ дефектов: 5Why, Исикава, CAPA; особенности rework/repair (BGA/QFN).

Автоматизация участка: программирование P&P, трассировка, интеграция с MES/SPC; OEE/качество.