

ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СРЕДСТВ ВТ

к.т.н. Никаноров А.В.

Структура лекции

- Основные задачи и понятия
- Типы производства
- Основные технологические документы
- Разработка технологических документов
- Алгоритм изготовления электронных модулей
- Основные технологические операции и оборудование при изготовлении электронных модулей и блоков

Основные задачи производства конструкции

Конструкция электронной аппаратуры (ЭА) - это совокупность механически и электрически связанных элементов и деталей.

При производстве ЭА и её конструктивных модулей всех уровней, в том числе и микросхем, необходимо:

- ❖ *изготовить* компоненты (детали),
- ❖ *выполнить сборку*, т. е. их механическое соединение,
- ❖ *осуществить электрический монтаж*
- ❖ *и произвести наладку*.

Трудоёмкость видов техпроцесса при производстве ВТ имеет примерно следующее соотношение:

- обработка – 8...15%,
- сборка – 15...20%,
- электрический монтаж – 40...60%,
- наладка – 20...25%.

Это соотношение существенно зависит от степени интеграции элементной базы, уровня КМ и др.

Основные понятия технологии производства

- Изделие – любой предмет (деталь, сборочная единица, комплекс и комплект), подлежащий изготовлению на предприятии.
- Деталь – изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций, например ось, клемма, рама и т. д.
- Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению на предприятии изготовителе сборочными операциями, например ТЭЗ, блок и т. д.
- Комплекс – два или более изделия, не соединённых на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенное для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.
- Комплект – два или более изделия, не соединённые на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющие набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, (комплект измерительной аппаратуры).

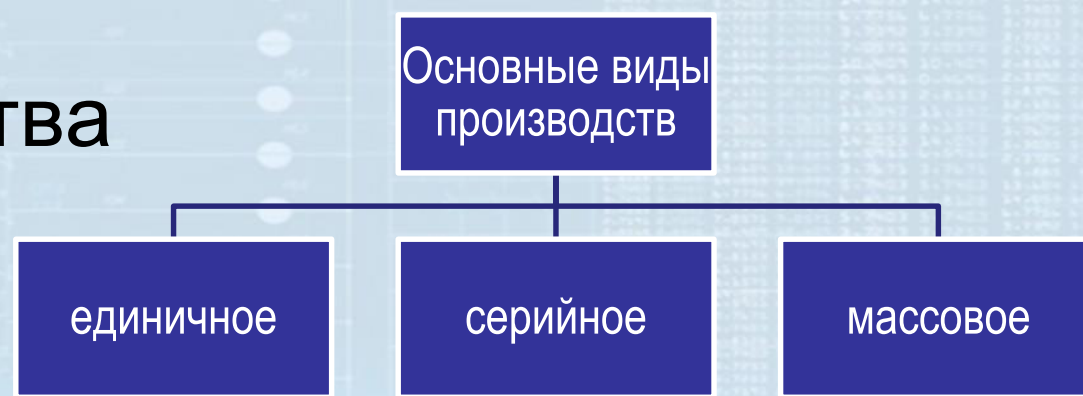
Основные понятия технологии изготовления

- Узел – изделие, имеющее две или более детали, связанные разъёмным или неразъёмным соединением
- Производственный процесс – совокупность действий рабочих и орудий производства, в результате которых исходные материалы, полуфабрикаты и исходные компоненты превращаются в готовую продукцию (платы, блоки и т. д.).
- Технологический процесс (ТП) – часть производственного процесса, непосредственно связанная с последовательным изменением состояния изделия, превращая его в готовую продукцию. Он делится на операции.
- Технологическая операция (ТО) – законченная часть ТП, выполняемая на одном рабочем месте над одной или несколькими обрабатываемыми или собираемыми деталями. ТО – на установки, позиции, технологические переходы, ходы, приёмы.

- Установка – часть ТО, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или сборочной единицы.
- Технологический переход – законченная часть ТО, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке.
- Вспомогательный переход – законченная часть ТО, которая не сопровождается изменением состояния заготовки, но необходима для выполнения технологического перехода. Например, установка заготовки, её закрепление и т. д.
- Проход – часть перехода, заключающаяся в снятии или нанесении одного слоя материала обрабатываемой поверхности.
- Рабочий ход – законченная часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров или свойств заготовки.

- Вспомогательный ход – законченная часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки без изменения формы, размеров или свойств заготовки (для станков-автоматов – холостой ход).
- Позиция – каждое новое положение заготовки относительно инструментов при неизменном её закреплении в приспособлении. Например, поворотное многопозиционное приспособление.
- Приём – совокупность отдельных движений в процессе выполнения работы или подготовки к ней (пуск станка, выключение и т. д.).
- Рабочее место – часть производственной площади, оснащённой основным технологическим и вспомогательным оборудованием и средствами, закреплёнными за рабочим для выполнения ТО.
- Такт выпуска – интервал времени, через который производится выпуск изделия.
- Ритм выпуска (производительность) – обратная величина такта (количество изделий в единицу времени).

Типы производства



Единичное производство характеризуется единичным или малым объёмом выпускаемых изделий, процесс изготовления которых не повторяется или повторяется через неопределённый промежуток времени.

Для этого производства характерно:

- ✓ применение универсального переналаживаемого оборудования,
- ✓ высококвалифицированного персонала,
- ✓ высокая себестоимость продукции
- ✓ низкая производительность.

Серийное производство характеризуется изготовлением изделий периодически повторяющимися партиями.

В зависимости от количества изделий в партии различают:

- ✓ мелкосерийное,
- ✓ среднесерийное
- ✓ крупносерийное производство.

Выпуск партий еженедельный, ежемесячный или ежеквартальный.

Для этого производства характерно:

- ✓ использование специализированного и автоматизированного оборудования и оснастки;
- ✓ возможно применение специального и автоматического оборудования;
- ✓ рабочие имеют среднюю и высокую квалификацию;
- ✓ производительность труда выше, чем при единичном.

Массовое производство – это производство одинаковых изделий в течение длительного периода времени.

Для данного вида производства характерно:

- ✓ закрепление за одним рабочим местом одной операции;
- ✓ невысокая квалификация рабочих или их замена роботами и робототехническими комплексами;
- ✓ поточный принцип изготовления продукции на автоматических линиях, цехах и даже автоматических заводах.

Оборудование и оснастка, как правило, специальное, дорогое и высокопроизводительное.

Производство микросхем следует отнести к массовому типу.

Виды технологических процессов

По степени подробности разработки различают три вида ТП:

- **маршрутный;**
- **операционный;**
- **маршрутно-операционный.**

Маршрутный ТП определяет:

- порядок следования операций,
- их вид и наименование,
- оборудование и оснастку,
- трудоёмкость выполнения операций
- и квалификацию работников.

Для мелкосерийного производства достаточна разработка маршрутной технологии.

Для средне- и крупносерийного, а также массового производства после маршрутной технологии выполняется разработка операционной.

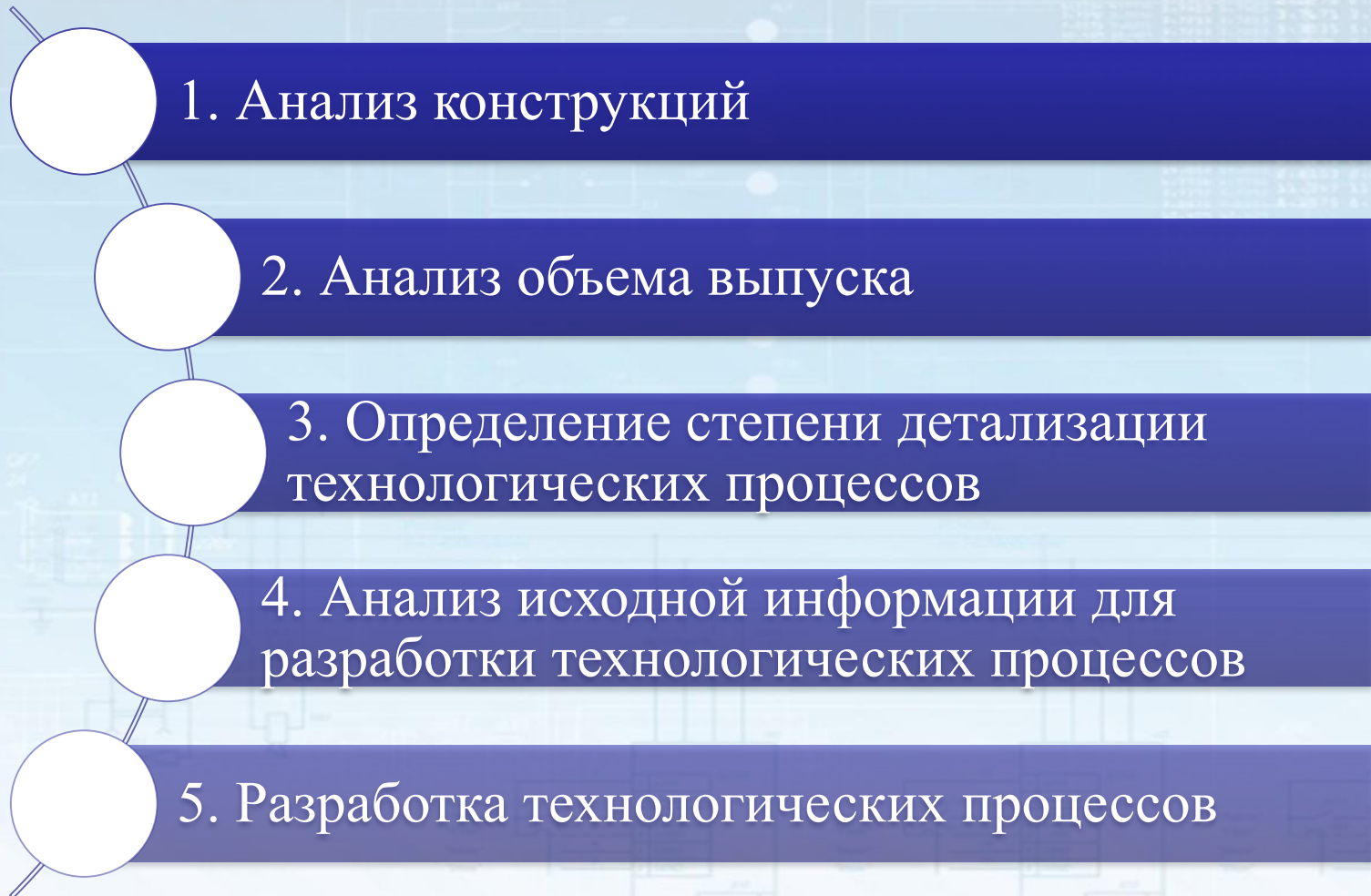
При этом:

- каждая операция разрабатывается подробно,
- выбираются или рассчитываются технологические режимы,
- операция дробится на технологические переходы.
- рассчитывается операционное время и норма штучного времени.
- данные разработки заносятся в операционные карты.

Этапы разработки технологических процессов

Правила разработки техпроцессов определены в ГОСТ3.xx (ЕСТД), ГОСТ15.xx (СРПП) и Р50-54-93-88.

Типовой состав работ:



Состав работ при разработке ТП

Этап	Задачи	Основн. документы
1. Анализ конструкций	<ul style="list-style-type: none">– Ознакомление с назначением и конструкцией, с требованиями к изготовлению и эксплуатации– Контроль перспективного развития конструкций объектов производства– Уточнение перечня объектов производства, на которые необходимо разработать ТП	<ul style="list-style-type: none">– Чертежи и ТУ– Карты техн. уровня и качества продукции– ТЗ на разработку ТП
2. Анализ плановых заданий по выпуску	<ul style="list-style-type: none">– Уточнение объемов выпуска на перспективу– Определение типов (единичный, серийный, массовый) и организационных форм производства	<ul style="list-style-type: none">– Плановые задания по выпуску на перспективу
3. Определение вида и степени детализации ТП	<ul style="list-style-type: none">– Классификация объектов производства и определение вида ТП (единичный, типовой)– Определение степени детализации содержания технологических процессов	<ul style="list-style-type: none">– Классификаторы объектов производства.– Методика классификации

Этап	Задачи	Основн. документы
4. Анализ исходной информации для разработки ТП	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ достаточности исходной информации и составление перечня недостающей информации – Подбор недостающей информации – Разработка мероприятий по обеспечению исходной информацией, не содержащейся в ИПС 	<ul style="list-style-type: none"> – Массивы информации, содержащиеся в документации на типовые ТП, и средства технологического оснащения в информационных системах
5. Разработка ТП	<ul style="list-style-type: none"> – Задачи, решаемые в зависимости от вида процессов в соответствии с правилами разработки рабочих процессов или типовых технологических процессов с учетом требуемой степени детализации содержания 	<ul style="list-style-type: none"> – Исходная информация

Анализ исходных данных и расчёт технологичности узла

Изучение документации позволяет оценить:

- конструктивную компоновку и особенности сборочного узла;
- количественный состав навесных элементов и деталей пространственной компоновки;
- характер размещения и установки ЭРЭ и микросхем на плате;
- виды контактных соединений и способы электрического монтажа;
- технические требования обеспечения надёжности узла и защиты его от внешних воздействий.

Технологичность конструкции - сочетание конструктивно-технологических характеристик, которое обеспечивает наиболее простое и экономичное производство изделия при соблюдении всех технических и эксплуатационных требований. Отработку изделия на технологичность производят, начиная с эскизного проектирования и кончая запуском в изготовление.

Анализ и расчёт технологичности узла

Анализ технологичности позволяет оценить возможность использования для изготовления деталей, сборки и монтажа изделия известных методов выполнения операций и процессов с возможно высокими уровнями механизации и автоматизации.

Количественная оценка технологичности электронных узлов проводится по системе базовых показателей, включающих отработанные и достигнутые при доработке и совершенствовании изделия параметры. По базовым показателям рассчитывается комплексный показатель технологичности по выражению

$$K_{\text{тех}} = \frac{\sum_{i=1}^7 k_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^7 \varphi_i}, \quad \text{где } \varphi_i = i / 2^{i-1} \quad \text{коэффициент}$$

веса показателя.

Расчётное значение $K_{\text{тех}}$ сравнивают с нормативным, значение которого для серийного производства электронных узлов установлено в пределах от 0,5 до 0,8.

Алгоритм изготовления ВТ

Изготовление
электронных
модулей

Изготовление
корпусных и
крепежных
деталей

Сборка
субблоков и
блоков

Сборка
стоек/шкафов

Алгоритм изготовления РЭА

SMT монтаж
(*Surface Mount Technology*)



ТНТ монтаж
(Through Hole Technology)



Отмывка плат



Влагозащита плат

Алгоритм изготовления РЭА

SMT монтаж
(*Surface Mount Technology*)

```
graph TD; A["SMT монтаж (Surface Mount Technology)"] --> B["ТНТ монтаж (Through Hole Technology)"]; B --> C["Отмывка плат"]; C --> D["Влагозащита плат"];
```

ТНТ монтаж
(Through Hole Technology)

Отмывка плат

Влагозащита плат

Алгоритм изготовления РЭА

Входной контроль п.платы

Визуальный контроль п.платы на отсутствие замыканий и обрывов проводников и дефектов маски.

Очистка п.платы

Промывка платы для обезжиривания и активизации поверхности

Нанесение припойной пасты

Использовать пасту SolderPlus 63NCLR-A
Допускается "Multicore" SN62RM89AA S85

Размещение SMD компонентов

Визуальный контроль

Правильность установки SMD

Оплавление припоя

Соблюдение температурного профиля.

Визуальный контроль

Контроль качества пайки SMD

Алгоритм изготовления РЭА

SMT монтаж
(Surface Mount Technology)

```
graph TD; A["SMT монтаж (Surface Mount Technology)"] --> B["ТНТ монтаж (Through Hole Technology)"]; B --> C["Отмывка плат"]; C --> D["Влагозащита плат"];
```

ТНТ монтаж
(Through Hole Technology)

Отмывка плат

Влагозащита плат

Алгоритм изготовления РЭА

Предварительная сборка

Предварительная сборка клеммников, установка мех. компонентов и сборочных узлов

Размещение компонентов для монтажа в отверстия

Использовать припой X39B "Mulicore" Допускается - 60/40 Crystal. В качестве флюса /если необходимо/ рекомендуется фломастер с флюсом RMA. В этом случае требуется последующая промывка

Пайка компонентов

Визуальный контроль

Промывать только навесной монтаж ! Не допускается попадание смывки на зону SMD монтажа.

Промывка п.платы

Использовать смесь ПРОЗОН + ВОДА Допускается СПИРТ

Алгоритм изготовления РЭА

SMT монтаж
(*Surface Mount Technology*)



ТНТ монтаж
(Through Hole Technology)



Отмывка плат



Влагозащита плат

Алгоритм изготовления РЭА

Нанесение защитного покрытия

Только при необходимости

Термоциклирование

Стандартная процедура : 3 цикла
-15 град (60 минут) →
→быстрый перенос→ +45 град (5 минут)
Последний цикл: только сушка (1 час).

Тестирование, ОТК

Визуальный контроль, проверка
функционирования, калибровка

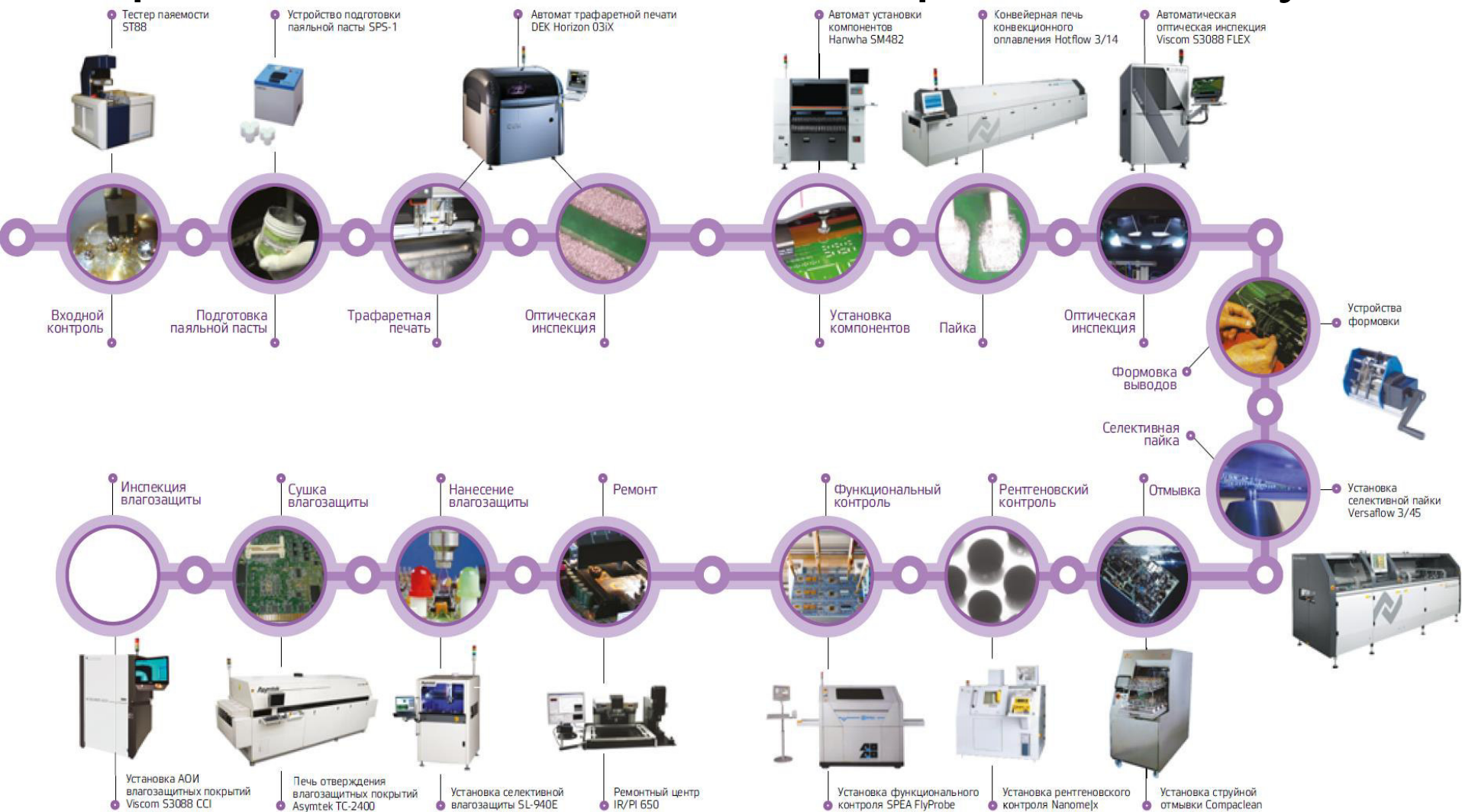
Сборка

Соответствие сборочному чертежу.

Цикл технологических и контрольных операций



Порядок изготовления электронных модулей



Типовое комплексное решение **OSTEC** для эффективного производства печатных узлов с повышенными требованиями к надежности и качеству объемом от 10 000 штук в год.

Если требуется больший объем, берется более производительное оборудование и увеличивается количество контрольных точек. 43

Оборудование для изготовления РЭА



SMT монтаж

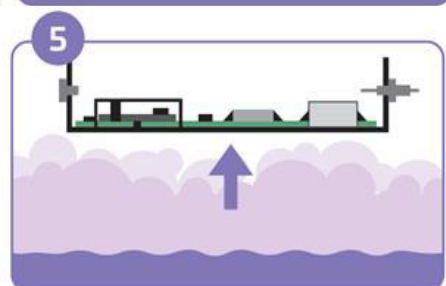
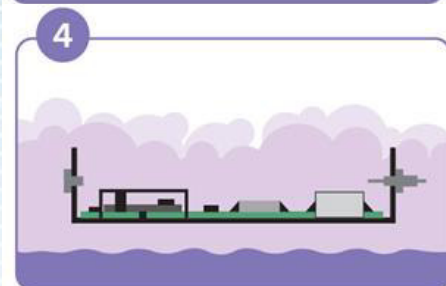
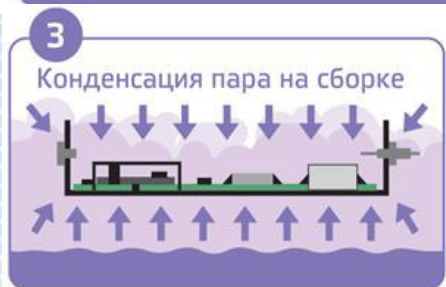
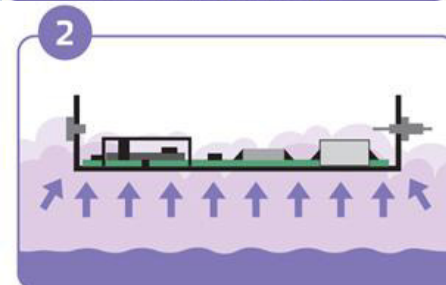
- Трафаретная печать
- Автоматическое дозирование
- Оборудование для монтажа компонентов
- Конвекционная пайка
- Пайка в паровой фазе
- Транспортные системы
- Маркировка печатных плат



THT монтаж

- Ручной монтаж
- Селективная пайка
- Пайка волной припоя

Пайка в паровой фазе



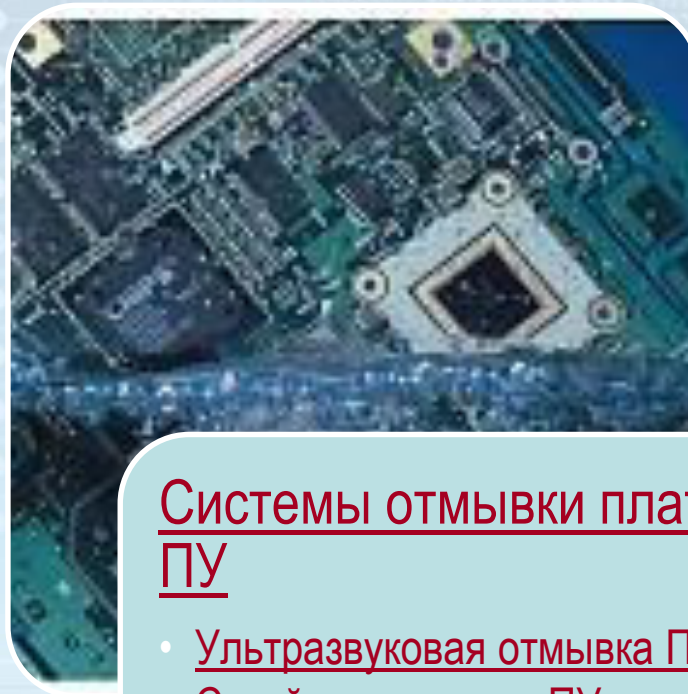
1. Создаваемый пар примерно в 20 раз тяжелее воздуха, таким образом, он не улетучивается из резервуара, а формирует над поверхностью теплоносителя плотное облако.
2. Сборка погружается в паровое облако и нагревается. Воздух вытесняется инертным фторуглеродным паром, так как вес паров жидкости высок, и дальнейшие процессы происходят в полностью инертной среде.
3. Паровой защитный покров полностью накрывает сборку. Пар конденсируется на поверхности сборки и передает ей свою энергию.
4. Образуется защитная инертная атмосфера. Далее сборка нагревается до температуры насыщенного пара, после чего нагрев прекращается.
5. Время достижения температуры пайки обычно от 5–6 сек. до 50 сек. для большихборок. Происходит непосредственный процесс пайки. После выхода сборки из паровой области на ней остается сконденсировавшаяся жидкость, которая испаряется благодаря внутренней теплоте сборки, и сухая плата покидает рабочую зону. Остатков жидкости на плате не образуется.

Оборудование для изготовления РЭА



Контроль

- Автоматическая оптическая инспекция
- Рентгеновский контроль и томография
- Визуальный контроль
- Контроль паяемости
- Электрический контроль
- Ремонт



Системы отмывки плат и ПУ

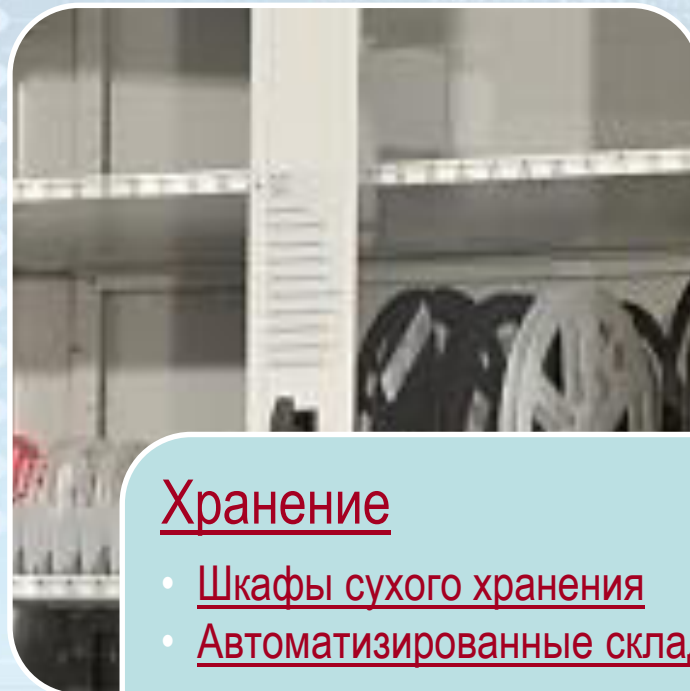
- Ультразвуковая отмывка ПУ
- Струйная отмывка ПУ
- Очистка трафаретов

Оборудование для изготовления РЭА



Оборудование для влагозащиты печатных плат

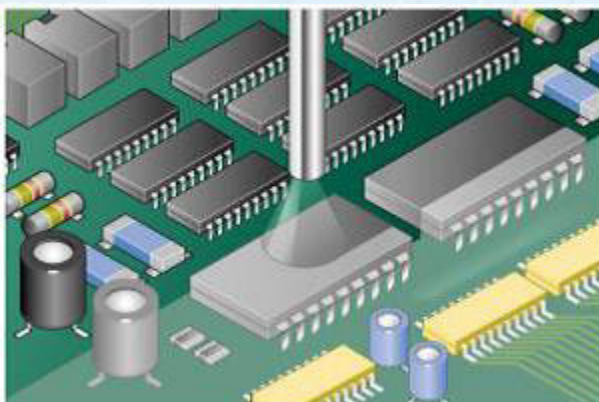
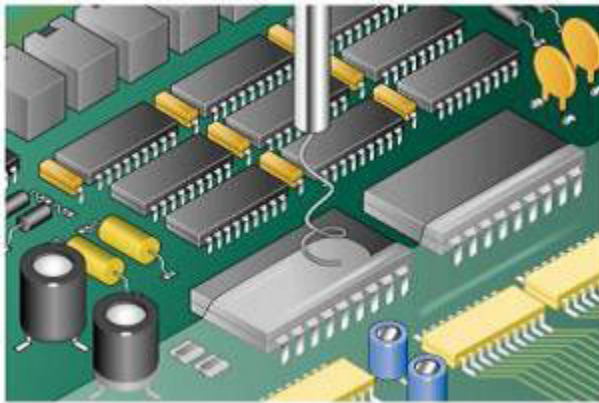
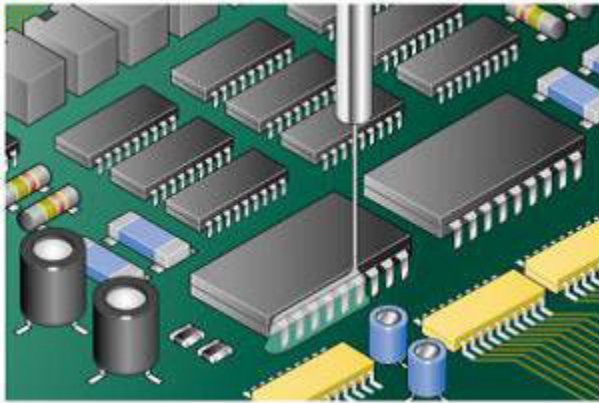
- Нанесение распылением
- Нанесение погружением
- Селективное нанесение
- Контроль качества нанесения покрытий
- Сушка влагозащитных покрытий



Хранение

- Шкафы сухого хранения
- Автоматизированные склады

Режимы работы установки покрытия



- **Струйный:** поток материала наносится на печатный узел в места с высокой плотностью монтажа компонентов и теневыми зонами, а также на те участки, где требуется нанести лак дополнительно.
- **По спирали:** материал закручивается вокруг оси головки, образуя коническую форму. Нанесенный материал на плате имеет четкие ровные края. Используется в тех случаях, когда площадь нанесения большая и нужна большая толщина.
- **Распыление:** Поток воздуха разделяет материал на мелкодисперсную фазу. Нанесенное покрытие имеет самый тонкий слой из всех трех режимов. Используется в тех случаях, когда площадь нанесения большая и нужна малая толщина.