

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
**Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники**

Кафедра электронной техники и технологии

**ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ  
УСТРОЙСТВ И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПРОИЗВОДСТВА**

Курсовое проектирование

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь в  
качестве учебного пособия для студентов специальности  
«Проектирование и производство радиоэлектронных средств»  
высших учебных заведений*

Минск "Бестпринт" 2001

УДК 621.396.6 (075.8)

ББК 32.844я73

Т38

А в т о р ы:

*Л.П. Ануфриев, В.М. Бондарик, В.Л. Ланин, А.А. Хмыль*

Р е ц е н з е н т ы:

канд. техн. наук, проф. *Ю.В. Картилович,*

канд. техн. наук *В.П. Мельников*

**Технология** радиоэлектронных устройств и автоматизация  
Т 38 производства. Курсовое проектирование: Учеб. пособие /  
Ануфриев Л.П., Бондарик В.М., Ланин В.Л., Хмыль А.А. -  
Мн.: "Бестпринт", 2001. - 144 с.: ил. 20

ISBN 985-6633-20-6

Содержит общие требования к курсовому проекту, методику проектирования технологических процессов сборки и монтажа радиоэлектронных средств в условиях гибкого автоматизированного производства.

Пособие имеет целью научить студентов самостоятельно проектировать наиболее экономичные и производительные процессы сборки, монтажа и контроля электронных устройств, а также применять высокоэффективное автоматизированное технологическое оснащение.

Предназначено для студентов специальности «Проектирование и производство радиоэлектронных средств». В части применения справочного материала для технологических расчетов может быть полезно для студентов специальностей «Проектирование и технология электронно-вычислительных средств», «Электронно-оптическое аппаратостроение».

УДК 621.396.6 (075.8)

ББК 32.844я73

ISBN 985-6633-20-6

© Л.П. Ануфриев, В.М. Бондарик,  
В.Л. Ланин, А.А. Хмыль, 2001

## 1 ЗАДАЧИ И ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовой проект по дисциплине "Технология РЭУ и автоматизация производства" выполняется на 4 курсе в VIII семестре после изучения основных дисциплин по конструированию и технологии РЭУ. В результате проектирования студент должен расширить, систематизировать и закрепить знания по основным физико-химическим методам, заложенным в основу технологических процессов сборки и монтажа электронной аппаратуры (ЭА), методикам их оптимального проектирования с использованием технико-экономических показателей и систем автоматизированного проектирования (САПР), структуре и основам проектирования современного технологического оснащения, включая автоматы с микропроцессорными системами управления, робототехнологические комплексы, основам комплексной автоматизации и управлению качеством, построения автоматических линий, участков, цехов гибкого автоматизированного производства.

Основными задачами курсового проектирования являются:

- развитие навыков самостоятельного применения теоретических и практических знаний для решения инженерно-технических задач при проектировании наиболее экономичных и производительных

технологических процессов (ТП) сборки, монтажа и контроля электронных устройств;

- расширение кругозора студента и развитие навыков самостоятельной работы над научной, патентной, технической и справочной литературой, действующими ГОСТами и отраслевыми стандартами, межведомственными и заводскими нормами, руководящими техническими материалами и типовыми технологическими процессами;

- развитие у студента творческого отношения к будущей специальности, умения оперативно использовать новейшие достижения отечественной и зарубежной науки при проектировании технологических процессов и оснащения, чувства ответственности за принятые решения;

- широкое использование вычислительной техники для решения технологических задач любой степени сложности.

Темы заданий на курсовое проектирование должны соответствовать требованиям квалификационной характеристики инженеров специальности "Проектирование и производство РЭС" и современному развитию науки и техники. Они могут быть инженерного или научно-исследовательского профиля.

Тематика курсовых проектов *инженерного профиля* включает:

- разработку технологических процессов сборки, монтажа и контроля сборочных единиц, блоков, приборов;

- проектирование комплектов автоматизированных средств технологического оснащения (АСТО), робототехнологических комплексов (РТК) и гибких производственных модулей (ГПМ) для комплексно-автоматизированных сборочно-монтажных производств или гибкого автоматического производства (ГАП);

- автоматизированное проектирование ТП сборки и монтажа ЭА, а также технологической оснастки с применением прикладных пакетов САПР.

Темами курсовых проектов *научно-исследовательского профиля* могут быть:

- исследование теоретических и физико-химических процессов радиоэлектронного производства и применение полученных результатов для разработки технологических процессов;

- моделирование и оптимизация отдельных технологических операций сборки и монтажа ЭА.

Рекомендуется выполнение курсового проекта научно-исследовательского профиля как продолжение темы НИРС или в виде индивидуального задания по тематике НИР кафедры. Отдельные оригинальные технические решения и разработки, выполненные студентами в рамках курсового проекта, могут быть объектом разработки в виде дипломного проекта. Допускается выполнение курсовых проектов по разработке и изготовлению устройств и приборов для

научных исследований или макетов лабораторных работ.

Объектами проектирования могут быть:

- типовые элементы сборки (ТЭС) электронных устройств (блоки и платы телевизоров, генераторов, стабилизаторов и т.д.);

- устройства управления специальным технологическим оборудованием с применением микропроцессоров и микро-ЭВМ;

- сборочные единицы и блоки электронно-вычислительной аппаратуры (блоки магнитных головок, платы ТЭС и т.д.);

- специализированные микроблоки различного функционального назначения.

## **2 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ**

### **2.1 Структура и содержание курсового проекта**

Техническим заданием на проектирование является задание, которое содержит тему проекта, исходные данные, перечень подлежащих разработке вопросов, перечень графического материала, сроки выдачи задания и защиты проекта с подписями руководителя и студента (прил. 1). Задание выдается в течение первых двух недель семестра и утверждается заведующим кафедрой. К нему прилагается комплект конструкторской документации и технические условия на изделие, процесс, оборудование и т.п.

Исходными данными проекта могут быть:

- функциональное назначение изделия: бытовые, полупрофессиональные, профессиональные РЭУ;
- годовой объем выпуска изделия;
- нормативный коэффициент технологичности;
- вид технической документации на изделие;
- рабочие чертежи, схемы, технические требования к технологическому процессу.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки (ПЗ), содержащей 30-40 страниц технического текста, необходимых приложений и графической части на 4-5 листах формата А1. Общими требованиями к пояснительной записке к курсовому проекту являются: четкость и логическая последовательность

изложения материала, убедительность аргументации, краткость и ясность формулировок, исключающих неоднозначность толкования, конкретность изложения результатов, доказательств и выводов.

Пояснительная записка к курсовому проекту комплектуется в следующем порядке: титульный лист; аннотация; задание; содержание; введение; основная часть; заключение; список используемых источников; приложения.

Структура и содержание материала ПЗ определяется тематикой проекта. При инженерном профиле проекта ПЗ включает:

*Введение.* Необходимо отразить актуальность темы, оценить современное состояние решаемой технической задачи, показать перспективные пути ее решения.

*Обзор современных процессов сборки и монтажа электронной аппаратуры.* Рассмотреть современные процессы и оборудование для сборки и монтажа ЭА по литературным и патентным источникам, отразить достоинства и недостатки инженерных решений. Отразить перспективы применения новых процессов и оборудования.

*Анализ технологичности конструкции изделия.* Описать особенности конструкции изделия, обусловленные его назначением и условиями эксплуатации, основные пункты технических требований, определяющих специфичность процессов сборки, монтажа и контроля изделия.



Определить тип производства, структуру и состав показателей технологичности, произвести необходимые расчеты и дать комплексную оценку изделию по технологичности. Разработать конкретные предложения по усовершенствованию конструкции изделия, обеспечивающие повышение его технологичности. Скорректировать техническую документацию на изделие.

*Разработка технологической схемы сборки.* Выбрать вид схемы сборки, сформировать отдельные технологические операции, составить наиболее рациональную их последовательность в технологическом процессе. Рассчитать ритм сборки и определить количество операций. Рассчитать коэффициент закрепления операций  $K_{зо}$  и определить тип производства. Построить технологическую схему сборки с учетом технических требований, приведенных на сборочном чертеже изделия. Рассчитать показатель степени сложности сборочного состава  $K$ , модуль расчлененности  $M$ , коэффициент сборности изделия  $K_{сб}$ .

*Анализ вариантов маршрутной технологии, выбор технологического оборудования и проектирование технологического процесса.* На основании технологической схемы сборки составить 2-3 варианта маршрутной технологии. Для каждого варианта подобрать типовое технологическое оборудование с учетом его производительности. Рассчитать суммарную длительность технологического процесса

по сравниваемым вариантам и критический размер партии изделий  $N_{кр}$ , выбрать наиболее эффективный вариант. Рассчитать коэффициенты загрузки оборудования  $K_z$  по операциям ТП, привести график загрузки оборудования, синхронизировать операции по ритму для автоматизированных производств. Разработать маршрутно-операционную технологию сборки, монтажа и контроля, оформить ее на соответствующих технологических документах.

*Разработка линии или участка ГАП сборки и монтажа.* Выбрать организационную форму сборки: многопредметная или однопредметная непрерывно-поточная линия, участок ГАП, РТК и др. Для участка ГАП выбрать транспортные средства: роботы, монорельсовые дороги, робокары и автоматизированный склад. Для каждой технологической операции подобрать производительное автоматическое оборудование, позволяющее производить гибкую переналадку. Выбрать тип конвейера и его основные конструктивные элементы: скорость движения несущего органа, шаг конвейера, число рабочих мест. Рассчитать длину конвейера  $L_k$ , полную длину несущего органа  $L_n$ , общее количество рабочих мест  $K_{общ}$ , число предметов в заделе  $N_z$ , производительность конвейера  $Q$ .

В соответствии с существующими нормами составить планировку линии или участка ГАП сборки и монтажа.

*Разработка оснастки для сборочно-монтажных работ.* Провести информационный поиск наиболее эффективной конструкции технологической оснастки и доработать ее конструкцию применительно к заданным условиям производства. Выбрать материалы для основных деталей, выполнить поверочный расчет рабочих механизмов оснастки. Оценить точность исполнительных механизмов, рассчитать производительность.

*Требования по технике безопасности.* Отразить основные требования по безопасной жизнедеятельности человека и экологической обстановке при выполнении монтажно-сборочных работ. При выполнении этого раздела использовать нормативные материалы "Общие правила техники безопасности и промсанитарии" для предприятий и организаций радиоэлектронной промышленности, специальные правила техники безопасности для работы с отдельными материалами: припоями, флюсами, клеями, очистными жидкостями.

*В заключении* сделать выводы по результатам работ, оценить технико-экономические показатели разработанного технологического процесса, привести сопоставление полученных результатов с ТЗ и с известными решениями.

*Список использованных источников* должен содержать материалы патентного поиска, научно-техническую и методическую литературу, ГОСТы и ОСТы.

В зависимости от темы курсового проекта пункты ПЗ и их содержание могут уточняться руководителем проекта.

При проектировании комплектов АСТО ПЗ должна содержать: введение, анализ типа технологического процесса и степени его дифференцированности, анализ требований к АСТО и существующих вариантов его построения, разработку структурной схемы АСТО, расчет технологической точности отдельных операций, выбор материалов для деталей, разработку операционной технологии, планировку участка.

При выполнении курсового проекта *научно-исследовательского профиля*: введение, анализ перспективности направления исследования, разработку схемы и методики проведения исследований, оценку их точности, расчет технологической точности выходных параметров изделия с учетом производственных погрешностей параметров деталей и обоснование метода достижения требуемой точности, составление аналитической модели и моделирующего алгоритма технологических процессов с применением ЭВМ, результаты оптимизации на ЭВМ математических моделей технологических процессов.

Содержание графической части зависит от темы курсового проекта. При проектировании технологических процессов сборки, монтажа и контроля изделий графическая часть включает: 1)

сборочный чертеж изделия с внесенными изменениями, улучшающими технологичность конструкций; 2) технологическую схему сборки; 3) планировку участка серийной сборки, ГАП, автоматической поточной линии; 4) сборочный чертеж механизированной или автоматизированной оснастки; 5) чертежи деталей оснастки.

При *разработке автоматизированных средств технологического оснащения* графическая часть состоит из следующих чертежей: 1) чертежа общего вида; 2) сборочного чертежа оборудования (оснастки); 3) электрической или кинематической схемы; 4) чертежей деталей оснастки; 5) планировки участка.

При выполнении курсового проекта *по тематике НИР* графическая часть включает: 1) структурную схему исследований; 2) сборочный чертеж приспособления для проведения исследований; 3) чертежи деталей приспособления; 4) графики полученных экспериментальных зависимостей; 5) схему алгоритма обработки экспериментальных данных на ЭВМ.

Содержание комплекта технологической документации определяется стандартами ЕСТД и ЕСТПП (см. раздел 3.6).

## **2.2 Требования к оформлению курсового проекта**

Пояснительная записка должна быть выполнена на одной стороне листа белой бумаги формата А4

размером 297x210 мм в соответствии с общими требованиями к текстовым документам по ГОСТ 2.105-95, 2.106-96, 7.32-91 одним из следующих способов:

- рукописным - четким почерком чернилами (пастой) одного цвета с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм;

- машинописным, при соблюдении ГОСТ 13.1.002-80, шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная), отдельные слова и формулы вписываются в текст черными чернилами (пастой, тушью) с соблюдением правил грамматики и орфографии буквами греческого или латинского алфавита;

- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004-88 ЕСКД). Текст ПЗ печатается с количеством знаков в строке 60—75, с межстрочным интервалом, позволяющем разместить  $40 \pm 3$  строк на странице. При компьютерном наборе печать производится шрифтом 12—14 пунктов. Высота строчных букв, не имеющих выступающих элементов, должна быть не менее 2 мм. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определениях, терминах, теоремах, важных особенностях, применяя шрифты разной гарнитуры, выделение с помощью рамок, разрядки, подчеркивания и пр.

Текст ПЗ следует размещать на листе, соблюдая следующие размеры полей; *левое* - не менее **30 мм**, *правое* - не менее **10 мм**, *верхнее* - не менее **15 мм**, нижнее - не менее **20 мм**. Абзацы в тексте начинаются отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15-17 мм).

Текст ПЗ можно излагать на русском или белорусском языках. Сокращение русских и белорусских слов и словосочетаний в записке по СТБ 7.12 - 94.

В ПЗ следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417 - 81.

Пояснительная записка начинается с титульного листа, на котором должны быть приведены следующие сведения: наименование высшего учебного заведения, где выполнен проект; фамилия, имя, отчество автора; название курсового проекта, город и год. Форма титульного листа дана в прил. 2.

Второй подшивается аннотация, состоящая из заголовка, перечня ключевых слов и текста. В заголовке приводятся слово индекс УДК; фамилия, имя, отчества автора; название дипломного проекта; год написания, количество страниц. Ключевые слова (до 15) даются в именительном падеже, печатаются в строку, через запятые. Текст аннотации должен отражать объект и предмет проектирования или исследования, цель работы, метод исследования и аппаратуру, полученные результаты и их новизну,

степень использования или рекомендации по использованию, область применения.

Третьим подшивается лист задания на курсовое проектирование, затем содержание, где перечисляются все разделы пояснительной записки с указанием страниц.

Все листы ПЗ должны быть пронумерованы и переплетены в жесткую обложку. Номер листа пишется в правом верхнем углу арабскими цифрами. Первым листом считается титульный лист, но он не нумеруется. Комплект технической документации, спецификации к сборочным единицам и планировкам участков, а также программы расчета на ЭВМ подшиваются в конце записки в виде отдельных приложений.

Текст ПЗ делится на разделы, подразделы и пункты. Пункты, при необходимости, могут делиться на подпункты. Разделы должны иметь заголовки. Подразделы могут иметь заголовки при необходимости. Пункты, как правило, заголовков не имеют.

Заголовки следует писать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Перенос слов в заголовках не допускается.

Расстояние между заголовком (за исключением заголовка пункта) и текстом должно составлять 2—3 интерлиньяжа (интерлиньяж — расстояние между основными линиями двух соседних строк), с которым



напечатан сплошной текст. Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей записки, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точки не ставится, например 1.2, 2.1 и т.д.

Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа.

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации должны располагаться возможно ближе к соответствующим частям текста. Иллюстрации, за исключением приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например - Рисунок 1.1.

Иллюстрации, как правило, имеют наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово “Рисунок” и наименование помещают после пояснительных данных по центру листа. Например - *Рисунок 3.1 -- Детали прибора.*

При ссылках на иллюстрации следует писать “... в соответствии с рисунком 2” при сквозной нумерации и “... в соответствии с рисунком 1.2” при нумерации в пределах раздела. Сокращения типа см. рис. 1.2 не допускаются.

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц. Оформление таблиц в ПЗ - по ГОСТ 2.105-95. Сверху таблицы в левом углу помещают слово «таблица» и ее номер. Как правило, таблица должна иметь название. Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей через тире после ее номера. Например - *Таблица 3.1 – Варианты технологических процессов.*

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела.

На все таблицы должны быть даны ссылки в тексте ПЗ, при ссылке следует писать “таблица” с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается. Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости, допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана на нее ссылка, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к записке.

Таблицы, как правило, следует располагать на странице вертикально. Помещенные на отдельной странице таблицы могут быть расположены горизонтально, причем головка таблицы должна размещаться в левой части страницы. Обозначение стандарта и номер страницы в этом случае проставляют в установленном порядке.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначение марок материалов и типоразмеров изделий, обозначения нормативных документов не допускается.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова “где” без двоеточия после него.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак “×”.

Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают - (1). Допускается нумеровать формулы в пределах раздела. Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, ... в формуле (1).

Изложение содержания пояснительной записки должно быть логичным, кратким, четким, исключая возможность субъективного

толкования. Терминология и определения должны быть едиными и соответствовать установленным стандартам. Каждое инженерное решение подтверждается расчетами, сопоставительным анализом, доводами. При использовании известных уравнений и утверждений обязательно приводится литературный источник, из которого они заимствованы.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова “Приложение” и его обозначения, а под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово “обязательное”, а для информационного – “рекомендуемое”, или “справочное”.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Е, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь, И, Щ. После слова “Приложение” следует буква, обозначающая его последовательность. Например – *Приложение А*.

Все приложения должны быть перечислены в содержании ПЗ с указанием их номеров и заголовков.

Ссылки на литературные источники указываются порядковым номером (по списку источников), выделенным двумя косыми чертами или квадратными скобками. Пример - /2/, [2].

Список использованных источников должен содержать перечень источников, использованных при выполнении дипломного проекта. Источники располагаются в порядке появления ссылок в тексте. Сведения об источниках должны даваться в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-84.

Пример

Для книг:

1. Ланин В.Л. Пайка электронных сборок. – Мн.: НИЭИ Мин.Эконом., 1999. – 116 с.
2. Разработка и оформление конструкторской документации РЭС: Справочник / Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликова, Н.Г. Миронова, А.В. Алимова. - М.: Радио и связь, 1989. - 256 с.

Для статей:

1. Бондарик В.М., Ланин В.Л. Прочностные свойства соединений, полученных ультразвуковой пайкой // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. - 1998. - № 3-4. - С. 33-37.
2. Пайка алюминиевых телескопических соединений / В.Л. Ланин, В.М. Бондарик, И.Н. Чернышев, А.Ч. Черепович // Радиопромышленность, Москва. - 1994. - № 2. - С. 28 - 32.
3. Larsen R.P. Computer-Aided Preliminary Layout Design of Customized MOS Array // IEEE Trans. of Computers.— 1971.— Vol. EC-20, № 5.— P. 512—523.

Для авторских свидетельств и патентов:

- 1 А.с. 436350 (СССР). Двоичный сумматор /Ю.Н. Корнеев, С.В. Пискунов, С.И. Сергеев. - Оpubл. в Б.И., 1974, № 26.

2. Пат. 2053064 Россия, МКИ В 23 К 1/20. Способ пайки изделий из ферритов / В.Л. Ланин, В.М. Бондарик (Беларусь). - №5051327/08; Заявлено 8.07.92; Оpubл.27.01.96 Бюл. N 3. - 5 с.

или

3 Пат. 4893742 США от 16.01.1990 г. Ultrasonic laser soldering/ Bullock P., Hegers Aircraft Co.

Для ГОСТов и ОСТов:

1 ГОСТ 15407-81. Качество продукции. Основные термины и определения. - 1981.

В ссылке допускается опускать отдельные обязательные элементы при условии, что оставшийся набор элементов обеспечит поиск объекта ссылки в библиотеке или других фондах. Так, в ссылке на книгу допускается не указывать ее объем (количество страниц). В ссылке на составную часть документа (например, статью) может быть не указано ее основное заглавие, но при этом обязательно указание страниц, на которых он опубликован. Если приведено основное заглавие, то страницы могут не указываться.

В ссылке допускается сокращать названия журналов, издательств, мест (городов) изданий в соответствии с правилами, приведенными в ГОСТ 7.12-93, 7.11-78.

Графическая часть курсового проекта должна быть выполнена в полном соответствии со стандартами Единой Системы Конструкторской Документации (ЕСКД). Рекомендуется все чертежи выполнять с использованием средств САПР. Проекции изделий на чертежах рекомендуется изображать в масштабе 1:1.

Допускается при уменьшении пользоваться масштабами 1:2; 1:2,5; 1:5; 1:10; 1:100, а при увеличении - 2:1; 2,5:1; 5:1; 10:1. Форма, размер и порядок заполнения основных надписей на чертежах должны соответствовать ГОСТ 2.104-68. Всем чертежам присваивается десятичный номер, определяемый по классификатору ЕСКД.

Технологическая документация курсового проекта должна быть оформлена в соответствии со стандартами Единой Системы Технологических Документов (ЕСТД). Ее состав определяется ГОСТ 3.1108-74, а правила оформления даны в разделе 3.6.

### **2.3 Организация проектирования и защита курсового проекта**

Выполнение проекта начинается с получения задания на курсовое проектирование, которое должно быть подписано руководителем, утверждено заведующим кафедрой и выдано студенту в течение первых 2-х недель семестра,

После получения задания студент внимательно изучает объект проектирования, используемые материалы и изделия электронной техники (ИЭТ), условия его эксплуатации, выясняет элементы, которые обеспечивают точность сборки, оценивает технологичность конструкции, предлагает пути ее совершенствования, ориентировочно определяет



серийность производства и корректирует чертеж сборочной единицы.

Следующим этапом является построение технологической схемы сборки и составление структурной схемы технологического процесса, учитывающих рациональную последовательность операций. По разработанной структурной схеме студент предлагает несколько вариантов маршрутной технологии и оптимизирует процесс сборки по производительности с учетом планово-экономических показателей. Причем следует отметить, что производительность рассчитывается по всем технологическим операциям. Построение маршрутной технологии требует обязательного изучения патентной и технической литературы за последние пять лет. Этот этап заканчивается проектированием операционной технологии сборки и оформлением процесса на технологических документах.

Завершающим этапом работы студента является проектирование и планировка участка серийной сборки (участка ГАП, автоматической поточной линии). Каждое рабочее место на участке оснащается типовым производительным оборудованием, рассчитывается его загрузка. Для одной специфической операции проектируется технологическая оснастка, которая позволит механизировать или автоматизировать выполнение этой операции. Допускается выбор типовой оснастки, но она модернизируется для конкретных условий

задания на проектирование и проводятся ее проверочные расчеты.

Для контроля ритмичности работы студента над проектом вводится график проверки с отражением результатов выполнения в экране курсового проектирования.

Курсовой проект считается законченным после того, когда все разделы задания выполнены в полном объеме, пояснительная записка и чертежи подписаны студентами. После проверки руководителем пояснительной записки и графической части необходимо исправить сделанные замечания, не стирая пометок преподавателя, и подготовить доклад для защиты проекта.

Если в результате курсового проектирования разработано и изготовлено специальное технологическое оснащение или лабораторный макет, то они представляются при защите проекта. При проведении научных исследований в проекте приводятся методики, результаты и оценка точности эксперимента.

Курсовой проект защищается перед комиссией, утвержденной заведующим кафедрой, в составе лектора курса и 1-2 преподавателей.

## 3 МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ И МОНТАЖА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

### 3.1 Расчет показателей технологичности конструкций

Проектирование технологического процесса сборки и монтажа радиоэлектронной аппаратуры начинается с тщательного изучения исходных данных (ТУ и технических требований, комплекта конструкторской документации, программы выпуска, условий запуска в производство и т.д.). На данном этапе основным критерием, определяющим пригодность аппаратуры к промышленному выпуску, является технологичность конструкции.

Под *технологичностью конструкции* (ГОСТ 18831-73) понимают совокупность ее свойств, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями конструкций изделий аналогичного назначения при обеспечении заданных показателей качества.

Вид изделия, объем выпуска, тип производства и уровень развития науки и техники являются главными факторами, определяющими требования к технологичности конструкции изделия. Для оценки технологичности конструкции изделия используются

многочисленные показатели, которые делятся на качественные и количественные. К качественным относят взаимозаменяемость, регулируемость, контролепригодность и инструментальная доступность конструкции. Количественные показатели технологичности конструкций согласно ГОСТ 14.201-73 ЕСТПП классифицируются на:

- базовые (исходные) показатели, регламентируемые отраслевыми стандартами;
- показатели, достигнутые при разработке изделий;
- показатели уровня технологичности конструкции, определяемые как отношение показателей технологичности разрабатываемого изделия к соответствующим значениям базовых показателей.

Номенклатура показателей технологичности конструкций выбирается в зависимости от вида изделия, специфики и сложности конструкции, объема выпуска, типа производства и стадии разработки конструкторской документации. Отработка конструкций на технологичность в соответствии с ГОСТ 14.201-73 ЕСТПП включает:

- повышение серийности посредством стандартизации, унификации и группирования изделий и их элементов по конструктивным признакам;
- ограничение номенклатуры элементов и применяемых материалов;

- преемственность освоенных в производстве конструктивных решений;
- снижение массы изделий;
- применение высокопроизводительных типовых технологических процессов и средств технического оснащения;
- рациональное выполнение конструкций, обеспечивающих удобство технического обслуживания и ремонта.

Базовые показатели технологичности блоков электронных устройств в соответствии со стандартом отраслевой системы технологической подготовки производства ОСТ 4 ГО.091.219-81 "Методы количественной оценки технологичности конструкций изделий РЭА" определяются для 4-х основных групп: электронных, радиотехнических, электромеханических и коммутационных.

Для каждого блока рассчитывают 7 показателей технологичности, каждый из которых имеет свою весовую характеристику  $\varphi_i$  (табл. 3.1), величина зависит от порядкового номера частного показателя в ранжированной последовательности и рассчитывается по формуле

$$\varphi_i = \frac{q}{2^{q-1}} \quad (3.1)$$

где  $q$  - порядковый номер ранжированной последовательности частных показателей.

Затем на основании расчета всех показателей вычисляют комплексный показатель технологичности:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^7 K_i \cdot j_i}{\sum_{i=1}^7 j_i}. \quad (3.2)$$

Коэффициент технологичности находится в пределах  $0 < K < 1$ .

Таблица 3.1 Весовые характеристики

| q | $\varphi_i$ |
|---|-------------|
| 1 | 1,0         |
| 2 | 1,0         |
| 3 | 0,8         |
| 4 | 0,5         |
| 5 | 0,3         |
| 6 | 0,2         |
| 7 | 0,1         |

К *электронным* устройствам и блокам относятся логические и аналоговые блоки оперативной памяти, блоки автоматизированных систем управления и электронно-вычислительной техники, где число ИМС больше или равно числу ЭРЭ. Состав показателей технологичности для них в ранжированной последовательности приведен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 Электронные устройства

| q | Коэффициенты технологичности       | Обозначение | $\varphi_i$ |
|---|------------------------------------|-------------|-------------|
| i |                                    |             |             |
| 1 | Применения микросхем и микросборок | $K_{mc}$    | 1,0         |

|   |  |               |      |
|---|--|---------------|------|
| 2 | Автоматизации и механизации монтажа                  | $K_{мм}$      | 1, 0 |
| 3 | Автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу | $K_{мп ИЭТ}$  | 0, 8 |
| 4 | Автоматизации и механизации регулировки и контроля   | $K_{арк}$     | 0, 5 |
| 5 | Повторяемости ИЭТ                                    | $K_{пов ИЭТ}$ | 0, 3 |
| 6 | Применения типовых ТП                                | $K_{мп}$      | 0, 2 |
| 7 | Прогрессивности формообразования деталей             | $K_{ф}$       | 0, 1 |

1. Коэффициент применения микросхем и микросборок:

$$K_{мс} = \frac{H_{э.мс}}{H_{э.мс} + H_{изт}}, \quad (3.3)$$

где  $H_{э.мс}$  - общее число дискретных элементов, замененных микросхемами и микросборками;  $H_{изт}$  - общее число ИЭТ, не вошедших в микросхемы. К ИЭТ относят резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы, разъемы, реле и другие аналогичные элементы.

2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа:

$$K_{мм} = H_{мм} / H_{м}, \quad (3.4)$$

где  $H_{мм}$  - количество монтажных соединений ИЭТ, которые предусматривается осуществить

автоматизированным или механизированным способом. Для блоков на печатных платах механизация относится к установке ИЭТ и последующей пайке волной припоя;  $N_m$  - общее количество монтажных соединений. Для разъемов, реле, микросхем и ЭРЭ определяется по количеству выводов.

3. Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу:

$$K_{mn} = N_{mnИЭТ} / N_{ИЭТ}, \quad (3.5)$$

где  $N_{mnИЭТ}$  - количество ИЭТ в штуках, подготовка выводов которых осуществляется с помощью полуавтоматов и автоматов; в число их включаются ИЭТ, не требующие специальной подготовки (патроны, реле, разъемы и т.д.);  $N_{ИЭТ}$  - общее число ИЭТ, которые должны подготавливаться к монтажу в соответствии с требованиями конструкторской документации.

4. Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля:

$$K_{арк} = N_{арк} / N_{рк}, \quad (3.6)$$

где  $N_{арк}$  - число операций контроля и настройки, выполняемых на полуавтоматических и автоматических стендах;  $N_{рк}$  - общее количество операций контроля и настройки.

Две операции: визуальный и электрический контроль являются обязательными. Если в конструкции имеются регулировочные элементы (катушки индуктивности с



подстроечными сердечниками, переменные резисторы и т.п.), то количество операций регулировки увеличивается пропорционально числу этих элементов.

5. Коэффициент повторяемости ИЭТ:

$$K_{\text{пов.ИЭТ}} = 1 - (N_{\text{т.ор.ИЭТ}} / N_{\text{т.ИЭТ}}), \quad (3.7)$$

где  $N_{\text{т.ор.ИЭТ}}$  - количество типоразмеров оригинальных ИЭТ в РЭС. К оригинальным относятся ИЭТ, разработанные и изготовленные *впервые* по техническим условиям; типоразмер определяется компоновочным размером и стандартом на элемент;  $N_{\text{т.ИЭТ}}$  - общее количество типоразмеров.

6. Коэффициент применения типовых технологических процессов:

$$K_{mn} = \frac{D_{mn} + E_{mn}}{D + E}, \quad (3.8)$$

где  $D_{mn}$  и  $E_{mn}$  - число деталей и сборочных единиц (ДСЕ), изготавливаемых с применением типовых и групповых ТП;  $D$  и  $E$  - общее число деталей и сборочных единиц, кроме крепежа.

7. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей:

$$K_{\phi} = D_{np} / D, \quad (3.9)$$

где  $D_{np}$  - детали, изготовленные по прогрессивным ТП (штамповка, прессование из пластмасс, литье, порошковая металлургия и т.д.);  $D$  - общее число деталей (без учета нормализованного крепежа).

К *радиотехническим* относятся приемно-усилительные приборы и блоки, источники питания, генераторы сигналов, телевизионные блоки и т.д. Состав показателей технологичности приведен в табл. 3.3.

Таблица 3.3 Радиотехнические устройства

| $q_i$ | Коэффициенты технологичности                         | Обозначение  | $\phi_i$ |
|-------|--|--------------|----------|
| 1     | Автоматизации и механизации монтажа                  | $K_{mm}$     | 1, 0     |
| 2     | Автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу | $K_{мп ИЭТ}$ | 1, 0     |
| 3     | Освоенности ДСЕ                                      | $K_{осв}$    | 0, 8     |
| 4     | Применения микросхем и микросборок                   | $K_{мс}$     | 0, 5     |
| 5     | Повторяемости печатных плат                          | $K_{пов пп}$ | 0, 3     |
| 6     | Применения типовых ТП                                | $K_{тп}$     | 0, 2     |
| 7     | Автоматизации и механизации регулировки и контроля   | $K_{арк}$    | 0, 1     |

Коэффициент освоенности ДСЕ:

$$K_{осв} = D_{Тз} / D_{Т}, \quad (3.10)$$

где  $D_{Тз}$  - количество типоразмеров заимствованных ДСЕ, ранее освоенных на предприятии  $D_{Т}$  - общее количество типоразмеров ДСЕ.

Коэффициент повторяемости печатных плат:

$$K_{нов.нн} = 1 - (D_{Тнн} / D_{нн}), \quad (3.11)$$

где  $D_{Тнн}$  - число типоразмеров печатных плат в изделии;  $D_{нн}$  - общее число ПП.

К **электромеханическим** устройствам относятся механизмы привода, отсчетные устройства, кодовые преобразователи и т.д. Состав показателей технологичности приведен в табл. 3.4.

Таблица 3.4 Электромеханические устройства

| q<br>i | Коэффициенты технологичности             | Обозначение    | $\Phi_i$ |
|--------|--|----------------|----------|
| 1      | Точности обработки                       | $K_{мч}$       | 1, 0     |
| 2      | Прогрессивности формообразования деталей | $K_{\Phi}$     | 1, 0     |
| 3      | Сложности обработки                      | $K_{со}$       | 0, 8     |
| 4      | Повторяемости деталей и сборочных единиц | $K_{нов. ДСЕ}$ | 0, 5     |
| 5      | Параллельности сборки                    | $K_{н сб}$     | 0, 3     |
| 6      | Сложности сборки                         | $K_{с сб}$     | 0, 2     |
| 7      | Использования материалов                 | $K_{им}$       | 0, 1     |

Коэффициент точности обработки:

$$K_{мч} = 1 - (D_{мч} / D), \quad (3.12)$$

где  $D_{mч}$  - число деталей (без учета стандартных и крепежных), квалитет размеров которых не выше 10. Точность резьбовых поверхностей при расчете не учитывается.

Коэффициент сложности обработки определяется:

$$K_{co} = 1 - (D_m / D), \quad (3.13)$$

где  $D_m$  - число деталей, включая заимствованные и стандартные, требующих обработки снятием стружки.

Коэффициент повторяемости деталей и сборочных единиц определяется:

$$K_{пов.дсе} = 1 - \frac{D_T + E_T}{D + E}, \quad (3.14)$$

где  $D_T$  и  $E_T$  - общее число типоразмеров деталей и сборочных единиц без учета нормализованного крепежа;  $D$  и  $E$  - общее число деталей и сборочных единиц.

Коэффициент параллельности сборки определяется:

$$K_{n.сб} = E_{n.сб} / E, \quad (3.15)$$

где  $E_{n.сб}$  - число сборочных единиц, допускающих параллельную сборку;  $E$  - общее число сборочных единиц.

Коэффициент сложности сборки:

$$K_{с.сб} = 1 - (E_{Тсл} / E_T), \quad (3.16)$$

где  $E_{Тсл}$  - число типоразмеров сборочных единиц, входящих в изделие и требующих регулировки и подгонки в процессе сборки;  $E_T$  - общее количество типоразмеров сборочных единиц.

Коэффициент использования материалов:

$$K_{им} = \frac{M}{\sum_k M_{км}}, \quad (3.17)$$

где  $M$  - масса изделия без учета комплектующих изделий и тары;  $M_{км}$  - масса  $k$ -го конструкционного материала:

$$M = \sum_i M_{iE} + \sum_j M_{jG}, \quad (3.18)$$

где  $M_{iE}$  - масса  $i$ -й сборочной единицы;  $M_{jG}$  - масса  $j$ -й детали, являющейся составной частью изделия.

К *коммутационным* устройствам относятся соединительные, распределительные блоки, коммутаторы и т.п. Состав показателей технологичности приведен в табл. 3.5.

Таблица 3.5 Коммутационные устройства

| q<br><i>i</i> | Коэффициенты технологичности                | Обозначение | $\varphi_i$ |
|---------------|---|-------------|-------------|
| 1             | Повторяемости материалов                    | $K_{пов м}$ | 1,<br>0     |
| 2             | Сложности сборки                            | $K_{с сб}$  | 1,<br>0     |
| 3             | Точности обработки                          | $K_{тч}$    | 0,<br>8     |
| 4             | Прогрессивности<br>формообразования деталей | $K_{ф}$     | 0,<br>5     |
| 5             | Использования материалов                    | $K_{им}$    | 0,<br>3     |

Коэффициент повторяемости материалов:

$$K_{пов.м} = 1 - (D_{мм} / D_{Тф}), \quad (3.19)$$

где  $D_{мм}$  - число маркосортоментов материалов, применяемых в изделий;  $D_{Тф}$  - количество типоразмеров оригинальных деталей.

Рассчитанные значения комплексных показателей технологичности конструкций ЭА сравниваются с нормативными значениями, которые зависят от стадии разработки рабочей документации (табл. 3.6).

Таблица 3.6 Нормативные значения показателей технологичности

| Класс устройств     | Разработка рабочей документации | Доработка рабочей документации |                 |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------|
|                     |                                 | установочной серии             | серийного пр-ва |
| Радиотехническое    | 0,60 – 0,75                     | 0,70 – 0,80                    | 0,75 – 0,85     |
| Электронные         | 0,40 – 0,70                     | 0,45 – 0,75                    | 0,50 – 0,80     |
| Коммутационные      | 0,35 – 0,55                     | 0,50 – 0,70                    | 0,55 – 0,75     |
| Электромеханические | 0,30 – 0,55                     | 0,40 – 0,60                    | 0,45 – 0,65     |

Для повышения технологичности конструкций устройств необходимо выполнение следующих групп мероприятий:

- 1) совершенствование конструкции блоков путем:

– повышения унификации, конструкторской и функциональной взаимозаменяемости деталей и сборочных единиц;

– расширения использования ИМС, микросборок, функциональных элементов;

– увеличения сборности конструкции за счет использования базовых несущих конструкций (БНК);

– увеличения количества деталей, изготовленных прогрессивными способами формообразования, обоснования выбора качеств точности, шероховатости поверхности, установочных и технологических баз;

– рациональной компоновки элементов на плате, что обеспечивает автоматизированную установку и монтаж;

– минимизации числа подстроечных и регулировочных элементов.

2) совершенствованием технологических процессов:

– автоматизацией подготовки элементов к монтажу;

– совершенствованием ТП монтажа;

– автоматизацией операций контроля и настройки;

– применением прогрессивных методов формообразования.

Пример: Сборочный состав платы электронного таймера (рис. 3.1) включает (табл. 3.7):

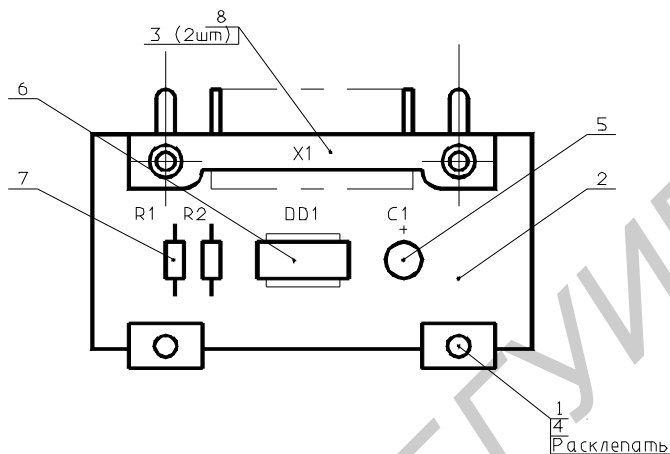


Рис. 3.1 Фрагмент сборочного чертежа платы электронного таймера

Таблица 3.7 Сборочный состав платы электронного таймера

| П<br>о<br>з | Обозначение     | Наименование                                       | К<br>о<br>л. | Прим. |
|-------------|-----------------|--|--------------|-------|
| 1           | 2               | 3  | 4            | 5     |
|             |                 | <u>Детали</u>                                      |              |       |
| 1           | КПКП.743564.001 | Ручка  | 2            |       |
| 2           | КПКП.756745.005 | Плата печатная                                     | 1            |       |
|             |                 | <u>Стандартные изделия</u>                         |              |       |
| 3           |                 | Винт М3х8.36.016<br>ГОСТ 17473-80                  | 2            |       |
| 4           |                 | Заклепка 2х6.35<br>ГОСТ 10300-68                   | 2            |       |
|             |                 | <u>Прочие</u>                                      |              |       |
| 5           |                 | Конденсатор<br>К50-35-16 В-1 мкФ<br>ОЖО.464.023 ТУ | 1            | С1    |



Продолжение табл. 3.7

| 1 | 2 | 3  | 4 | 5      |
|---|---|--|---|--------|
| 6 |   | Микросхема КР 580 ВИ53<br>БК0.348.164 ТУ         | 1 | DD1    |
| 7 |   | Резистор С2-23-0.25-1 кОм ±10%<br>ОЖ0.468.104 ТУ | 2 | R1, R2 |
| 8 |   | Вилка ГРПМ1-9ШУ2<br>Ке0.364.006 ТУ               | 1 | X1     |

После расчета по стандартной программе RPT9 при исходных данных электронного блока таймера (табл. 3.8) получены следующие значения коэффициентов технологичности (табл. 3.9).

Таблица 3.8 Исходные данные к расчету

| Показатель  | Обозначение      | Численное значение |
|---|------------------|--------------------|
| 1   | 2                | 3                  |
| Соединения, выполненные механизированным методом        | $H_{мм}$         | 22                 |
| Общее количество монтажных соединений                   | $H_m$            | 31                 |
| ИЭТ с механизированной подготовкой                      | $H_{мп\ ИЭТ}$    | 4                  |
| Общее кол-во ИЭТ  | $H_{ИЭТ}$        | 5                  |
| Типы оригинальных ИЭТ                                   | $H_{т.ор\ ИЭТ}$  | 0                  |
| Типы ИЭТ  | $H_{т\ ИЭТ}$     | 4                  |
| ИЭТ, замененные ИМС                                     | $H_{э.мс}$       | 120                |
| ИЭТ, не вошедшие в ИМС                                  | $H_{иэт}$        | 4                  |
| Детали, изготовленные по прогрессивной технологии       | $D_{пр}$         | 2                  |
| Всего деталей   | $D$              | 3                  |
| Всего сборочных единиц                                  | $E$              | 0                  |
| Детали и сборочные единицы, изготовленные по типовым ТП | $D_{мп}, E_{мп}$ | 3                  |
| Автоматизированные операции регулировки и контроля      | $H_{арк}$        | 1                  |
| Операции регулировки и контроля                         | $H_{рк}$         | 2                  |

Таблица 3.9 Коэффициенты технологичности

| Коэффициент   | Численное значение |
|---------------|--------------------|
| $K_{мс}$      | 0,968              |
| $K_{мм}$      | 0,710              |
| $K_{мп}$      | 0,800              |
| $K_{арк}$     | 0,500              |
| $K_{нов.ИЭТ}$ | 1,000              |
| $K_{тп}$      | 1,000              |
| $K_{ф}$       | 0,667              |
| $K$           | 0,804              |

Поскольку комплексный показатель технологичности больше нормативного ( $K_n=0,7$ ), то конструкция изделия технологична и можно разрабатывать ТП.

### 3.2 Разработка технологической схемы сборки изделия

*Технологическим процессом сборки* называют совокупность операций, в результате которых детали соединяются в сборочные единицы, блоки, стойки, системы и изделия. Простейшим сборочно-монтажным элементом является деталь, которая согласно ГОСТ 2101-68 характеризуется отсутствием разъемных и неразъемных соединений.

Сборочная единица является более сложным сборочно-монтажным элементом, состоящим из двух или более деталей, соединенных разъемным или неразъемным

соединением. Характерным признаком сборочной единицы является возможность ее сборки отдельно от других сборочных единиц.

*Технологическая схема сборки* изделия является одним из основных документов, составляемых при разработке технологического процесса сборки. Расчленение изделия на сборочные элементы проводят в соответствии со схемой сборочного состава, при разработке которой руководствуются следующими принципами:

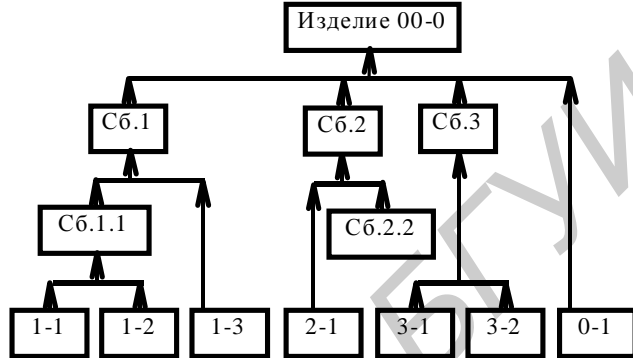
- схема составляется независимо от программы выпуска изделия на основе сборочных чертежей, электрической и кинематической схем изделия;
- сборочные единицы образуются при условии независимости их сборки, транспортировки и контроля;
- минимальное число деталей, необходимое для образования сборочной единицы первой степени сборки, должно быть равно двум;
- минимальное число деталей, присоединяемых к сборочной единице данной группы для образования сборочного элемента следующей степени, должно быть равно единице;
- схема сборочного состава строится при условии образования наибольшего числа сборочных единиц;
- схема должна обладать свойством непрерывности, т.е. каждая последующая ступень сборки не может быть осуществлена без предыдущей.

Включение в схему сборочного состава характеристик сборки превращает ее в технологическую схему сборки. Наиболее широко применяются схемы сборки "веерного" типа (рис. 3.2, а), стрелками показано направление сборки деталей и сборочных единиц. Достоинством схемы является ее простота и наглядность, но она не отражает последовательности сборки во времени.

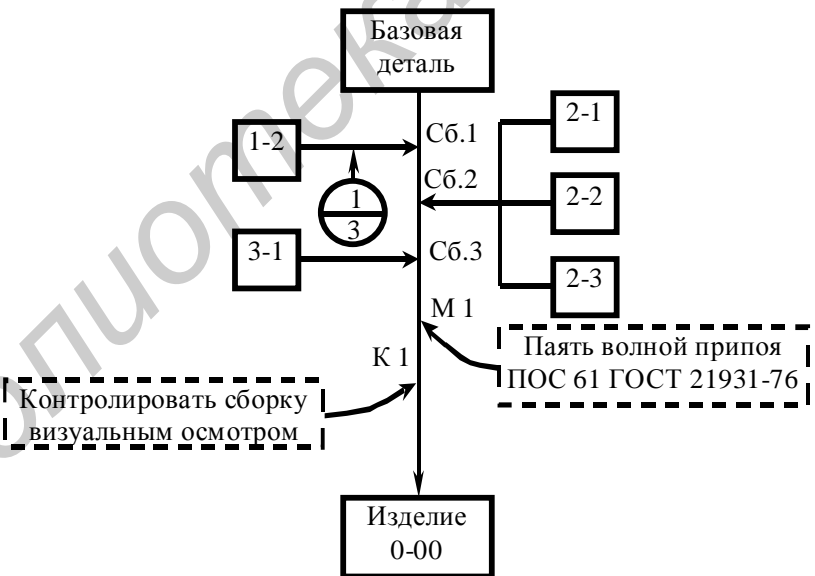
*Схема сборки с базовой деталью* (рис. 3.2, б) указывает временную последовательность сборочного процесса. При такой сборке необходимо выделить базовый элемент, т.е. базовую деталь или сборочную единицу. В качестве базовой выбирают ту деталь, поверхности которой будут впоследствии использованы при установке в готовое изделие. В большинстве случаев базовой деталью служат плата, панель, шасси и другие элементы несущих конструкций изделия. Направление движения деталей и сборочных единиц на схеме показывается стрелками, а прямая линия, соединяющая базовую деталь и изделие, называется главной осью сборки. Точки пересечения осей сборки, в которые подаются детали или сборочные единицы, обозначаются как элементы сборочных операций, например: Сб.1-1, Сб.1-2 и т.д., а точек пересечения вспомогательной оси с главной - как Сб.1, Сб.2 и т.д.

При построении технологической схемы сборки каждую деталь или сборочную единицу изображают в виде прямоугольника (рис. 3.3, а), в котором указывают позицию детали по спецификации к сборочной единице 1,

ее наименование 2 и обозначение 3 согласно конструкторскому документу, а также количество деталей 4, подаваемых на одну операцию сборки. Размеры прямоугольника рекомендуются 50x15 мм.



а



б

Рис. 3.2 Схемы сборки: "верного" типа (а)

и с базовой деталью (б)

Допускается изображение нормализованных или стандартных крепежных деталей в виде круга диаметром 15 мм, в котором указывают позицию по спецификации и количество деталей (рис. 3.3, б). При наличии на операции нескольких позиций стандартных крепежных деталей допускается круг делить вертикальной линией пополам и обозначать в нем сразу две позиции.

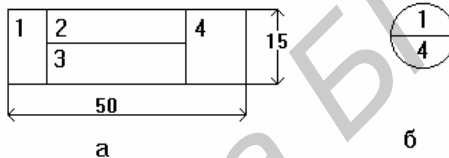


Рис. 3.3 Условные обозначения:

а - деталей и сборочных единиц, б - крепежа

Технологические указания по выполнению сборочных операций или электрического монтажа помещают в прямоугольник, ограниченный штриховой линией, а место его выполнения указывают наклонной стрелкой в точку, соответствующую данной операции. Так, на технологических схемах сборки оговаривают характер выполнения неразъемных соединений, например, сварку, пайку, склеивание, запрессовку и т.д.; применяемый материал при сборке; характер операций монтажа элементов: волной припоя, электропаяльником и т.д.; характер операций влагозащиты изделия, контроля и маркировки.

Для определения количества устанавливаемых ЭРЭ и ИМС на платы в ходе выполнения сборочных операций необходим предварительный расчет ритма:

$$r = \Phi_{\text{д}}/N, \text{ мин/шт.}, \quad (3.20)$$

где  $\Phi_{\text{д}}$  - действительный фонд времени за плановый период,  $N$  - программа выпуска.

$$\Phi_{\text{д}} = D \cdot s \cdot t \cdot 60 \cdot K_{\text{рег.пер.}}, \text{ мин}, \quad (3.21)$$

где  $D$  – число рабочих дней за плановый период,  $s$  – число смен,  $t$  – продолжительность смены в часах,  $K_{\text{рег.пер.}}$  – коэффициент, учитывающий время регламентированных перерывов в работе линии (0,94-0,95).

Количество элементов, устанавливаемых по  $i$ -й операции, должно учитывать соотношение

$$0,9 < T_i / r < 1,2, \quad (3.22)$$

где  $T_i$  - трудоемкость  $i$ -й операции сборки.

Возможно размещение в одну операцию числа элементов, трудоемкость установки которых кратна ритму. При этом увеличивается число рабочих мест для выполнения данной операции в соответственное число раз.

Разработке технологических схем сборки способствует оптимальная дифференциация работ, что значительно сокращает длительность производственного цикла. Рациональность разделения объема работ на операции в условиях автоматизированного поточного производства определяется ритмом сборки, то есть каждая операция должна быть равна или кратна ритму.

В условиях непоточного производства рациональные границы дифференциации определяются:

- однородностью выполняемых работ;
- получением законченной части сборочной единицы;
- независимостью сборки, хранения, транспортирования от других сборочных единиц;
- возможностью использования автоматизированного технологического оборудования, удобством планирования рабочих мест и участков;
- минимальным удельным весом вспомогательного времени в операции;
- типовыми и групповыми ТП.

После разработки схемы сборочного состава рассчитывают следующие коэффициенты:

1) средняя полнота сборочного состава (количество сборочных единиц на каждой ступени сборки)

$$E_{cp} = E/(i - 1), \quad (3.23)$$

ГДЕ E - ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ В СХЕМЕ СБОРОЧНОГО СОСТАВА; I - ПОКАЗАТЕЛЬ СТЕПЕНИ СЛОЖНОСТИ СБОРОЧНОГО СОСТАВА, РАВНЫЙ КОЛИЧЕСТВУ СТУПЕНЕЙ СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ:

$$E = \sum_{i=1}^{k=i-1} m_i, \quad (3.24)$$

где  $m_i$  - число групп, подгрупп, сборочных единиц;



2) модуль расчлененности данного процесса сборки  
M рассчитывается

$$M = n/E, \quad (3.25)$$

ГДЕ N - ЧИСЛО РАБОЧИХ ОПЕРАЦИЙ, ОПРЕДЕЛЕННЫХ ДЛЯ  
КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЙ ПРОИЗВОДСТВА (ПРИ  $M < 1$  ТП  
КОНЦЕНТРИРОВАН,  $M > 1$  - ДИФФЕРЕНЦИРОВАН);

3) коэффициент средней точности сборочных работ

$$K_{cp.cb} = k \cdot q/E, \quad (3.26)$$

ГДЕ K - ПОКАЗАТЕЛЬ КАВАЛИТЕТА ТОЧНОСТИ; Q - ЧИСЛО  
СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ДАННОГО КАВАЛИТЕТА ТОЧНОСТИ;

4) коэффициент сборности изделия:

$$K_{cb} = E/(E + D), \quad (3.27)$$

где D – количество деталей.

Правильно выбранная схема сборочного состава позволяет установить рациональный порядок комплектования сборочных единиц и изделия в процессе сборки. При переходе от схемы сборочного состава к технологической схеме сборки и расположении операций во времени необходимо учитывать следующее:

- сначала выполняются те операции ТП, которые требуют больших механических усилий и неразъемных соединений;
- активные ЭРЭ устанавливаются после пассивных;
- при наличии малогабаритных и крупногабаритных ЭРЭ в первую очередь собираются малогабаритные ЭРЭ;

- заканчивается сборочный процесс установкой деталей подвижных соединений и ЭРЭ, которые используются в дальнейшем для регулировки;

- контрольные операции вводят в ТП после наиболее сложных сборочных операций и при наличии законченного сборочного элемента;

- в маршрутный технологический процесс вводят также те операции, которые непосредственно не вытекают из схемы сборочного состава, но их необходимость определяется техническими требованиями к сборочным единицам, например влагозащита, и т.д.

Пример: Для платы электронного таймера (см. рис. 3.1) рассчитан ритм сборки и в соответствии с формулой (3.22) при помощи приложения 8 разработана технологическая схема сборки с базовой деталью (рис. 3.4).

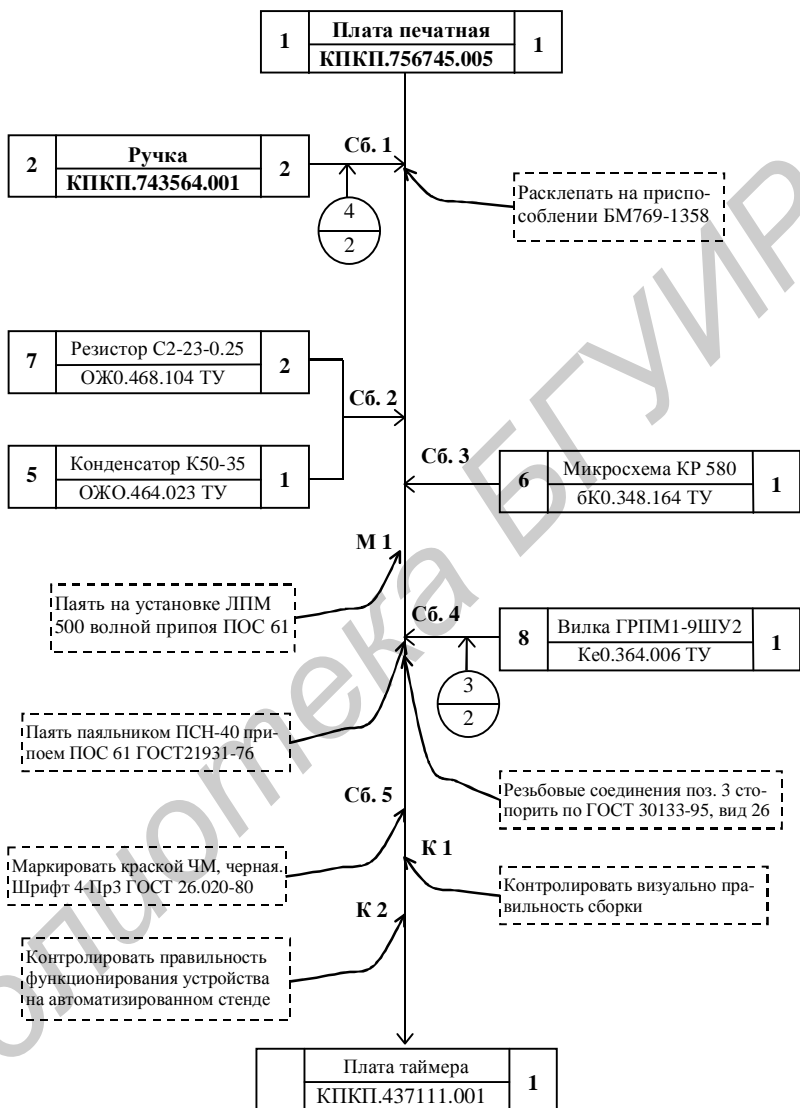


Рис. 3.4 Технологическая схема платы электронного таймера с базовой деталью

Рассчитываются следующие коэффициенты:

- средняя полнота сборочного состава  $E_{cp} = 6/9 = 0,67$  ;
  - модуль расчлененности данного процесса  $M = 12/6 = 2$  ,
- т.к.  $M > 1$  – процесс дифференцирован;
- коэффициент сборности изделия  $K_{сб} = 6/(6+3) = 0,67$  .

### **3.3 Разработка маршрутного технологического процесса**

Проектирование технологических процессов осуществляется для изделий, конструкция которых отработана на технологичность, и включает в общем случае комплекс взаимосвязанных работ:

- 1) разработку технологической схемы общей сборки;
- 2) разработку технологических схем сборки блоков и сборочных единиц;
- 3) анализ типовых технологических процессов и определение последовательности и содержания технологических операций;
- 4) выбор технологического оборудования и оптимального варианта технологического процесса по себестоимости или производительности;
- 5) выбор или заказ средств технологического оснащения;
- 6) назначение и расчет режимов сборки;
- 7) нормирование операций технологического процесса;

8) определение профессий и квалификации исполнителей;

9) выбор средств автоматизации и механизации операций технологического процесса и внутрицеховых средств транспортирования;

10) организацию производственных участков, разработку планировок участков;

11) оформление рабочей документации на техпроцессы.

Технологические процессы разделяются на следующие виды:

- **перспективный** - который соответствует современным достижениям науки и техники и который предстоит освоить на предприятии;

- **рабочий** - выполняемый на основе рабочей технологической и конструкторской документации;

- **единичный** - относящийся к изделиям одного наименования, типоразмера, независимо от типа производства;

- **групповой** - разрабатываемый для группы деталей, сходных по технологическим признакам;

- **типовой** - характеризуемый единством содержания и последовательности большинства операций для группы изделий с общими конструктивными признаками.

По степени детализации процессы разделяются на следующие типы:

• *маршрутный* - содержащий перечень операций без разбивки на переходы и без указания режимов (единичное и мелкосерийное производства);

• *маршрутно-операционный* - содержащий детальное описание отдельных наиболее сложных операций с разбивкой их на переходы с указанием режимов обработки (мелкосерийное, среднесерийное производства);

• *операционный* - содержащий подробное описание операций с разбивкой на переходы и с указанием режимов выполнения работы (крупносерийное, массовое производства).

Для определения степени дифференциации технологического процесса устанавливают тип производства, который согласно ГОСТ 3.1108-74 ЕСТД характеризуется коэффициентом закрепления операций

$$K_{zo} = O/P, \quad (3.28)$$

где  $O$  - количество операций;  $P$  - число рабочих мест, где они выполняются.

Массовое производство  $K_{zo} = 1$ .

Крупносерийное  $1 < K_{zo} < 10$ .

Среднесерийное  $10 < K_{zo} < 20$ .

Мелкосерийное  $20 < K_{zo} < 40$ .

Единичное  $K_{zo}$  не регламентируется.

Применение типовых технологических процессов или операций сокращает сроки подготовки производства и

освоения изделий, приводит к уменьшению брака, требует меньших затрат труда, времени и материалов.

Сборку РЭА проводят в три этапа:

*на первом этапе* (механическая сборка):

1) выполняют неразъемные соединения деталей с шасси, рамой, платой (сварка, пайка, развальцовка, склеивание и т.д.);

2) устанавливают крепежные детали (угольники, лепестки и т.д.);

3) выполняют разъемные соединения частей блоков;

4) закрепляют крупногабаритные элементы собственными крепежными элементами;

*на втором этапе* (электрический монтаж):

1) выполняют заготовительные операции (подготовка проводов, жгутов, кабелей, выводов ЭРЭ);

2) устанавливают навесные ЭРЭ и микросхемы на платы;

3) выполняют электрические соединения (монтаж) в соответствии с электрической принципиальной или электромонтажной схемами;

4) ведут межблочные соединения (жгутами, разъемами);

5) контролируют качество монтажа;

*на третьем этапе* (общая сборка изделия):

1) собирают шасси, передние панели;

2) устанавливают кожухи, закрепляют регулировочные элементы, ручки;

- 3) выполняют регулировочные работы;
- 4) осуществляют контроль и маркировку.

По технологическим схемам сборки изделия выявляют основные сборочные операции, определяют ритм выпуска изделия (формула 3.20).

При разработке маршрутной технологии руководствуются следующим:

- 1) при поточной сборке разбивка процесса на операции определяется ритмом сборки, причем время, затрачиваемое на выполнение каждой операции, должно быть равно или кратно ритму;

- 2) предшествующие операции не должны затруднять выполнение последующих;

- 3) на каждом рабочем месте должна выполняться однородная по характеру и технологически законченная работа;

- 4) после наиболее ответственных операций сборки, а также после регулировки или наладки предусматривают контрольные операции;

- 5) применяют более совершенные формы организации производства - непрерывные и групповые поточные линии, линии и участки гибкого автоматизированного производства (ГАП).

При выполнении курсового проекта студент разрабатывает 2-3 варианта маршрутной технологии сборки и монтажа изделия. При этом руководствуются схемами типовых технологических процессов сборки блоков РЭА с применением микросхем и навесных ЭРЭ (ОСТ 4ГО.054.267, ред. 1-81, прил. 4, 5).



### **3.4 Выбор технологического оборудования и оснастки**

Средства технологического оснащения, используемые при изготовлении изделий, согласно ГОСТ 14.301-73 включают:

- 1) технологическое оборудование (в том числе контрольное и испытательное);
- 2) технологическую оснастку (в том числе инструмент и контрольные приспособления);
- 3) средства механизации и автоматизации.

Выбор технологического оснащения производится с учетом:

- типа производства и его организационной структуры;
- конструктивно-технологических свойств изделия;
- организационной формы сборки;
- возможности группирования операций и гибкой переналадки;
- использования стандартной и нормализованной оснастки;
- равномерной загрузки технологического оборудования.

Выбор технологического оборудования согласно ГОСТ 14.304-73 ЕСТПП проводится путем анализа затрат на реализацию технологического процесса в установленный промежуток времени при заданном качестве изделий. Анализ затрат предусматривает:

1) сравнение вариантов оборудования, отвечающих одинаковым техническим требованиям и обеспечивающих решение одинаковых задач в конкретных производственных условиях;

2) выбор вариантов, основанных на использовании следующей информации:

- плана развития предприятия;
- технических требований к изделию;
- программы выпуска и сроков изготовления изделия;
- технических возможностей технологического оборудования;
- затрат на приобретение технологического оборудования;

3) учет требований техники безопасности и промышленной санитарии.

Результаты анализа должны быть представлены в виде отношений: основных времен, штучных времен, приведенных затрат на выполнение работ. Лучшим вариантом считается тот, значения показателей которого минимальные.

Выбор вариантов оборудования, характеризующихся степенью механизации и автоматизации, должен проводиться исходя из следующих условий:

1) приведенные затраты на выполнение технологического процесса - минимальные;

2) период окупаемости оборудования - минимальный.

Выбор оборудования проводят также по главному параметру, являющемуся наиболее показательным для выбираемого оборудования, т.е. в наибольшей степени выявляющему его функциональное значение и технические возможности. В качестве главного параметра часто берут производительность технологического оборудования.

Важным показателем правильности выбора технологического оборудования является коэффициент загрузки и использования оборудования по основному времени  $K_z$ .

$$K_z = n_p / n_\phi, \quad (3.29)$$

где  $n_p$ ,  $n_\phi$  – соответственно, расчетное и принятое количество единиц оборудования по данной операции.

Расчетное количество единиц оборудования определяется как отношение штучного времени данной операции  $T_{шт}$  к такту выпуска  $T_\phi$

$$n_p = T_{шт} / T_\phi. \quad (3.30)$$

Для наглядного представления о средней загрузке оборудования на линии и каждой единицы оборудования строят графики загрузки оборудования (рис. 3.5). По горизонтальной оси графика записывают наименование операций или моделей технологического оборудования и по вертикали откладывают коэффициент загрузки в процентах. На

графике указывают среднее значение коэффициента загрузки оборудования на участке, нормативные значения которого зависят от типа производства:

массовое  $K_z > 0,65-0,77$ ;

серийное  $K_z > 0,75-0,85$ ;

мелкосерийное  $K_z > 0,8-0,9$ .

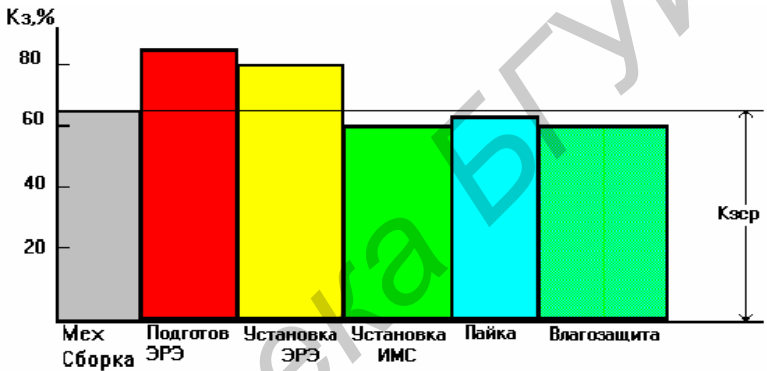


Рис. 3.5 График загрузки оборудования

При низких значениях коэффициента загрузки рекомендуется загружать оборудование сборочными единицами других партий.

Коэффициент использования оборудования по основному (технологическому) времени определяется как отношение основного времени  $T_o$  к штучному  $T_{шт}$  для массового типа производства или штучно-калькуляционному  $T_{шк}$  для серийного производства

$$K_o = T_o / T_{шт} \cdot \quad (3.31)$$

### 3.5 Выбор оптимального варианта технологического процесса

При выборе оптимального варианта технологического процесса используют технико-экономические критерии: технологическую себестоимость, производительность труда.

*Экономичный* - процесс, который при заданных условиях обеспечивает минимальную технологическую себестоимость. Производительность соответствует наименьшим затратам живого труда и обеспечивает быстрый выпуск продукции, важной для народного хозяйства.

*Производительность* - количество деталей в штуках, которое изготовлено за единицу времени. Средняя величина производительности определяется

$$Q = \frac{\Phi_{Д}}{\sum_{i=1}^n T_{ум.i}}, \quad (3.32)$$

ГДЕ  $T_{шт.i}$  - ТРУДОЕМКОСТЬ  $i$ -Й ОПЕРАЦИИ,  $N$  - КОЛИЧЕСТВО ОПЕРАЦИЙ ТП.

Штучно-калькуляционное время

$$T_{шт.к} = T_{ум} + T_{пз}/N, \quad (3.33)$$

где  $T_{пз}$  - подготовительно-заключительное время, которое затрачивается на ознакомление с чертежами, получение инструмента, подготовку и наладку оборудования и выдается на всю программу выпуска;

Тшт - штучное время, затрачиваемое на каждое изделие:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{всп} + T_{обсл} + T_{пер}, \quad (3.34)$$

где  $T_{осн}$  - основное время (время работы оборудования);  $T_{всп}$  - вспомогательное время (время на установку и снятие детали);  $T_{обсл}$  - время обслуживания (время обслуживания и замены инструмента);  $T_{пер}$  - время перерывов (время на регламентированные перерывы в работе).

Для сборочно-монтажного производства объединяют  $T_{осн}$  и  $T_{всп}$  и получают оперативное время, а  $(T_{обсл} + T_{пер})$  составляют дополнительное время и задают его в процентах от  $T_{оп}$  в качестве коэффициентов. Тогда:

$$T_{шт} = T_{оп} K_1 \left( \frac{K_2 + K_3}{100} + 1 \right), \quad (3.35)$$

где  $K_1$  - коэффициент, зависящий от группы сложности аппаратуры и типа производства. Согласно ОСТ 4ГО.050.012 "Нормирование сборочно-монтажных работ в производстве РЭА" выделяются 3 группы сложности:

- 1) РЭА 2-го поколения с использованием ПП и дискретных элементов;
- 2) РЭА 3-го поколения (ПП, ИМС);
- 3) РЭА 4-го поколения (МБС, МБОГ).

$K_2$  - коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время и время обслуживания (% от оперативного).

$K_3$  - коэффициент, учитывающий долю времени на перерывы в работе (% от оперативного времени).

Выбор коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$  проводят по табл. 3.10 в зависимости от типа производства,  $K_3$  – в зависимости от характера работ по табл. 3.11.

Таблица 3.10 Значения коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$

| Тип<br>производства<br>а | $K_1$                          |      |      | $K_2$ ,<br>% |
|--------------------------|--------------------------------|------|------|--------------|
|                          | Группа сложности<br>аппаратуры |      |      |              |
|                          | 1                              | 2    | 3    |              |
| Индивидуальное           | 1,3                            | 1,8  | 2,0  | 10           |
| Мелкосерийное            | 1,2                            | 1,5  | 1,8  | 9,6          |
| Серийное                 | 1,0                            | 1,2  | 1,5  | 7,6          |
| Крупносерийное           | 0,75                           | 0,9  | 1,12 | 5,4          |
| Массовое                 | 0,70                           | 0,85 | 1,05 | 3,7          |

Таблица 3.11 Значения коэффициента  $K_3$

| Характер работ                     | $K_3$ , % |
|------------------------------------|-----------|
| Простые, легкие                    | 3         |
| Простые, средние                   | 5         |
| Простые в неблагоприятных условиях | 6         |
| Простые в тяжелых условиях         | 9         |

|  |    |
|--|----|
| Простые с большим зрительным напряжением     | 12 |
| Тяжелые или в особо неблагоприятных условиях | 16 |
| Особо тяжелые в неблагоприятных условиях     | 20 |

Для выбора оптимального варианта ТП составляют 2 уравнения для вычисления суммарного штучно-калькуляционного времени:

$$\sum_{i=1}^m T_{ум.к.i} = \sum_{i=1}^m T_{ум.i} + \frac{\sum_{i=1}^m T_{нз.i}}{N}, \quad (3.36)$$

$$\sum_{j=1}^n T_{ум.к.j} = \sum_{j=1}^n T_{ум.j} + \frac{\sum_{j=1}^n T_{нз.j}}{N}, \quad (3.37)$$

ГДЕ М - ЧИСЛО ОПЕРАЦИЙ ПО I ВАРИАНТУ, N –  
СООТВЕТСТВЕННО, ПО II ВАРИАНТУ.

Затем рассчитывают критический размер партии  $N_{кр}$

$$N_{кр} = \frac{\left| \sum_{i=1}^m T_{нз.i} - \sum_{j=1}^n T_{нз.j} \right|}{\left| \sum_{j=1}^n T_{ум.j} - \sum_{i=1}^m T_{ум.i} \right|}. \quad (3.38)$$

Если вариант ТП отличается большим уровнем автоматизации, ему соответствует большая величина подготовительно-заключительного времени ввиду сложности подготовки оборудования, и одновременно



этому варианту соответствует меньшая сумма штучного времени.

Подготовительно-заключительное время при определении  $N_{кр}$  рассчитывают как:

$$T_{пз} = T_{пз.см.} \cdot S \cdot D_p, \quad (3.39)$$

где  $S$  - количество смен;  $D_p$  - количество рабочих дней на плановый период.

Подготовительно-заключительное сменное время определяется в соответствии с инструкцией по эксплуатации и выражает готовность оборудования на начало ТП (табл. 3.12).

Таблица 3.12 Значение  $T_{пз.см.}$  для различных видов технологического оснащения

| Тип оборудования   | $T_{пз.см.}$ , мин. |
|--|---------------------|
| Простая оснастка   | 1-5                 |
| Оснастка средней сложности (с пневмо- и электроприводом) | 10-15               |
| Сложная технологическая и регулировочная оснастка        | 15-30               |
| Полуавтоматы   | 15-25               |
| Сложное автоматическое оборудование                      | 20-30               |
| Микропроцессорное и управляемое оборудование             | 30-40               |
| Установки волновой пайки                                 | 50-60               |

Пример. Последовательность выполнения данного раздела курсового проекта следующая:

1. В соответствии с “Общими правилами разработки технологических процессов и выбора средств технологического оснащения” ГОСТ 14.301-73 ЕСТПП и

отраслевым стандартом ОСТ 4 ГО.054.091 разрабатывают 2-3 варианта маршрутной технологии.

2. Для каждого из вариантов выбирают технологическое оборудование с учетом требований стандарта ГОСТ 14.304-74 “Правила выбора технологического оборудования”. Рассчитывают коэффициент загрузки оборудования по каждой операции и средний на линии. Перечень технологического оборудования для подготовки элементов к монтажу приведен в приложении 6, для установки элементов на платы - приложении 7, сборки и монтажа блоков РЭА на печатных платах - приложении 8, технологии поверхностного монтажа – приложении 9.

3. Проводят техническое нормирование операций технологического процесса (прил. 3).

4. Рассчитывают трудоемкость технологических процессов по сравниваемым вариантам, выбирают более производительный вариант, представляя данные в виде табл. 3.13.

5. Рассчитывают  $N_{кр}$  и определяют границы оптимальности каждого варианта.

$$N_{кр} = \frac{(140 - 70) \cdot 1 \cdot 254}{29,6 - 11,4} = 977 \text{ шт.}$$

Таким образом, первый более автоматизированный вариант будет более эффективен при программе выпуска более 977 шт. за плановый период (в нашем случае – год при односменном режиме работы). Чем дальше отстоит программа выпуска от  $N_{кр}$  тем большая разница в выигреше между сравниваемыми вариантами ТП.

### **3.6 Разработка и оформление технологической документации**

Единые правила выполнения, оформления, комплектации и обращения технологической документации (ТД) установлены комплексом стандартов Единой системы технологической документации (ЕСТД). Стандарты ЕСТД распределены по следующим классификационным группам:

0-основные положения;

1-основополагающие стандарты;

2-классификация и обозначение технологических документов;

Таблица 3.13 Сравнение вариантов маршрутного технологического процесса сборки и монтажа блока ЭА

| № операции | Последовательность операций   | 1 вариант                  |          |              | 2 вариант                                  |          |              |
|------------|-------------------------------|----------------------------|----------|--------------|--|----------|--------------|
|            |                               | Оборудование, оснастка     | Топ, мин | Тпз.с м, мин | Оборудование, Оснастка                     | Топ, мин | Тпз.с м, мин |
| 05         | Подготовительная              | -                          | -        | -            | -  | -        | -            |
| 10         | Механосборочная               | Приспособление БМ 769-1358 | 1,3      | 10           | Расклепочник цеховой                       | 2,5      | -            |
| 15         | Подготовка ЭРЭ к монтажу      | Полуавтомат ГГ-2420        | 1,0      | 20           | Приспособление                             | 5,0      | 10           |
| 20         | Установка ЭРЭ на плату        | Полуавтомат УР-5           | 1,4      | 20           | Пинцет ГГ 7879-4215                        | 2,8      | -            |
| 25         | Установка микросхемы на плату | Полуавтомат УР-10          | 0,8      | 20           | Стол монтажный СМ-3<br>Пинцет ГГ 7879-4215 | 10       | -            |

|    |                          | 1 вариант  |      |     | 2 вариант  |      |    |
|----|--------------------------|--|------|-----|--|------|----|
| 30 | Пайка плат волной припоя | Линия пайки ЛПМ-500                              | 1,5  | 50  | Установка пайки ПАП-300                          | 1,8  | 50 |
| 35 | Пайка вилки              | Паяльник ПСН-40                                  | 2,5  | 5   | Паяльник ПСН-40, Стол СМ-3                       | 2,5  | 5  |
| 40 | Очистка плат             | УЗ ванна УЗВ-1,5                                 | 1,0  | 10  | Ванна цеховая, щетка                             | 3,0  | -  |
| 45 | Маркировка, контроль     | Приспособление визуального контроля ГГ 63669.012 | 2,0  | 5   | Приспособление визуального контроля ГГ 63669\012 | 2,0  | 5  |
|    |                          | Итого:   | 11,4 | 140 |  | 29,6 | 70 |

3-правила учета применяемости изделий и технологической оснастки;

4-правила оформления ТД на процессы, специализированные по видам работ;

5-правила оформления ТД на испытания и контроль;

6-вспомогательное производство, правила оформления ТД;

7,8-для последующих стандартов;

9-нормативное хозяйство.

Согласно ГОСТ 3.1102-81 установлены следующие стадии разработки ТД: на этапе разработки конструкторской документации “Эскизный проект” и “Технический проект” технологическая документация соответствует стадии “Предварительный проект с присвоением литеры “П”, рабочей документации стадии “Опытный образец” присваивается литера “О”, стадии “Установочная серия” - литера “А”, массового или серийного производства - литера “Б”. Разработка технологической документации в курсовом проекте соответствует стадии технического проекта или рабочей документации на стадии опытного образца.

К ТД относятся графические и текстовые документы, назначение и содержание которых приведены в табл. 3.14.

При серийном производстве и маршрутно-операционном типе технологического процесса комплект ТД включает:

- 1) титульный лист (ГОСТ 3.1104-81);
- 2) ведомость технологических документов (ГОСТ 3.1121-84, форма 4);

- 3) комплектовочную карту (ГОСТ 3.1123-84, форма б и б<sub>а</sub>);
- 4) маршрутные карты (ГОСТ 3.1118-84 формы 1 и 1<sub>а</sub>);
- 5) ведомость оснастки (ГОСТ 3.1122-84 формы 2 и 2<sub>а</sub>).

При крупносерийном или массовом производстве и операционном типе технологического процесса комплект ТД дополнительно включает:

- 1) операционную карту сборки (ГОСТ 3.1407-82, форма 3 и 3<sub>а</sub>);
- 2) карту эскизов (ГОСТ 3.1105-84 формы 5 и 5<sub>а</sub>).

Комплектность ТД в курсовом проекте устанавливается в зависимости от вида проекта и заданного типа производства.

## Технологическая документация разрабатывается в

Таблица 3.14 Виды и назначение основных технологических документов

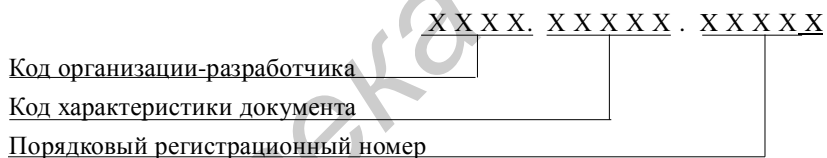
| Вид документа                        | Содержание и назначение документа  |
|--------------------------------------|--|
| Маршрутная карта, МК                 | Описание ТП изготовления изделия по всем операциям в технологической последовательности с указанием оборудования, оснастки, материальных и трудовых нормативов   |
| Технологическая инструкция, ТИ       | Описание приемов работы или ТП, правил эксплуатации средств технологического оснащения, физических и химических явлений, происходящих на отдельных операциях   |
| Карта эскизов, КЭ                    | Эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса, операции или перехода   |
| Комплектовочная карта, КК            | Данные о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект собираемого изделия   |
| Карта технологического процесса, КТП | Операционное описание ТП изготовления или ремонта изделия в технологической последовательности по всем операциям одного вида с указанием переходов, технологических режимов и данных об СТО, материалах и затратах |
| Ведомость материалов,                | Данные о заготовках, нормах расхода материалов   |



виде комплекта документов. Виды технологических документов устанавливает ГОСТ 3.1102-81, состав, формы и правила оформления информационных блоков основной надписи – ГОСТ 3.1103-82, общие требования к документам, формам и бланкам – ГОСТ 3.1104-81, термины и определения основных понятий – ГОСТ 3.1109-82.

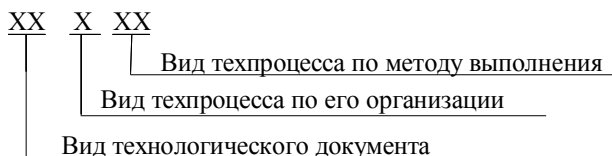
При составлении любого технологического документа обязательно указывают его назначение, область применения, список лиц, участвующих в оформлении документа, и другие сведения.

Каждому разработанному технологическому документу присваивается самостоятельное обозначение. Согласно ГОСТ 3.1201-85 установлена следующая структура обозначения документа:



Четырехзначный буквенный код организации-разработчика присваивается по классификатору предприятий и организаций. В учебных целях для курсового проекта назначен код КПКП.

Код характеристики документа расшифровывается следующим образом:



Код характеристики документа назначается в соответствии с таблицами 13.15-13.17.

Порядковый регистрационный номер присваивают по классификационной характеристике от 00001 до 99999 в пределах кода организации-разработчика или организации, осуществляющей централизованное присвоение.

Таблица 13.15 Вид технологического документа

| Код | Вид технологического документа        |
|-----|---------------------------------------|
| 01  | комплект технологической документации |
| 10  | маршрутная карта                      |
| 20  | карта эскизов                         |
| 25  | технологическая инструкция            |
| 30  | комплектовочная карта                 |
| 40  | ведомость документов                  |
| 42  | ведомость оснастки                    |
| 43  | ведомость материалов                  |
| 44  | ведомость деталей                     |
| 50  | карта технологического процесса       |
| 60  | операционная карта                    |

Таблица 13.16 Вид техпроцесса по организации

| Код | Вид техпроцесса по организации |
|-----|--------------------------------|
| 0   | без указания                   |
| 1   | единичный процесс              |
| 2   | типовой процесс                |
| 3   | групповой процесс              |

Таблица 13.17 Вид техпроцесса по методу выполнения

| Код | Вид техпроцесса по методу |
|-----|---------------------------|
|-----|---------------------------|

|        | ВЫПОЛНЕНИЯ                        |
|--------|-----------------------------------|
| 00     | без указания                      |
| 01     | общего назначения                 |
| 02, 03 | ремонт, технический контроль      |
| 06, 07 | испытания                         |
| 40-42  | механическая обработка            |
| 50, 51 | термическая обработка             |
| 60-63  | изготовление деталей из пластмасс |
| 71-74  | нанесение покрытий                |
| 75     | электрофизическая обработка       |
| 79     | ультразвуковая обработка          |
| 80-82  | пайка                             |
| 85     | электромонтажные работы           |
| 88     | сборка                            |
| 90-96  | сварка                            |

Пример обозначения маршрутно-операционной технологии на сборку платы: КПДП.50188.00003, где КПКП - код организации-разработчика; 50 - вид технологического документа (карта технологического процесса); 1 - вид технологического процесса по организации (единичный процесс); 88 - вид технологического процесса по методу выполнения (сборка и монтаж); 00003 - порядковый регистрационный номер.

**Документы заполняются следующими способами:**

- 1) машинописным с шагом письма 2,54 или 2,6 мм,
- 2) рукописным, черной тушью, четко, с высотой букв и цифр по ГОСТ 2.304-81,

3) печатным устройствами (ГОСТ 2.004-88) шрифтом 11 pt.

Наименование разделов и подразделов записывают в виде заголовков и подзаголовков и, при необходимости, подчеркивают. Под заголовками и между разделами следует оставлять 1-2 свободные строки. Запись данных следует проводить в технологической последовательности выполнения операций, переходов, приёмов работ, физических и химических процессов.

Операции нумеруют числами ряда арифметической прогрессии (5, 10, 15 и т.д.). Допускается к числам добавлять слева нули. Переходы нумеруют числами натурального ряда (1, 2, 3 и т.д.) в пределах данной операции. Установы нумеруют прописными буквами русского алфавита (А, Б, В и т.д.).

Размерные характеристики и обозначение обрабатываемых поверхностей указывают арабскими цифрами. Для обозначения позиций и осей допускается применять римские цифры.

Допускается применять сокращенную запись наименований и обозначений, если в документе записаны коды или полные наименования и обозначения этих данных. Например, при последовательном применении инструмента одного кода и наименования в нескольких переходах одной операции, полную информацию указывают только для перехода, где он впервые применяется. В следующем переходе записывают "То же", далее - кавычки. При применении инструмента одного кода и наименования в разных переходах одной операции, не следующих

друг за другом, в переходе, где впервые был применен данный инструмент, допускается указывать номера последующих переходов, например "ШЦ 11-250-0,05 (для переходов 3, 5, 8)". При этом, записывая соответствующую информацию в этих переходах, дают ссылку, например, "см. переход 1".

*Титульный лист* (ТЛ) является первым листом комплекта технологических документов и заполняется на формах 1-4, в соответствии с ГОСТ 3.1105-84. Форму 2 применяют для документов с горизонтальным расположением поля подшивки. В основной надписи, располагаемой в верхней правой части ТЛ, указывают наименование и обозначение изделия по конструкторскому документу, технологический код процесса, литеру, соответствующую этапу разработки, количество листов. Ниже указывают наименование министерства, организации-разработчика. Еще ниже указывают должность и подпись лица, согласовавшего комплект документов от разработчика и утвердившего документ (для дипломных и курсовых проектов необязательны).

Далее прописными буквами записывают: "КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ" или "КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ", ниже строчными — название технологического процесса, например:

**"КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ"**  
на технологический процесс сборки

Ниже слева указывают должность и подпись лиц, подтверждающих согласование комплекта документов

с подразделениями предприятия (для дипломных и курсовых проектов не обязательно), справа - ответственных за разработку комплекта документов. В нижней части ТЛ указывают номера акта и дату внедрения технологического процесса в производство, например: АКТ № 14-01 от 15.05.01.

Пример заполнения ТЛ приведен в прил. 10.

На примере ТЛ: КПКП.01188.00002 - обозначения технологического процесса (ТП) в который входит данный ТП; КПКП.01188.00005 - обозначение разработанного ТП; БГУИР - наименование организации-разработчика; КПКП.941342.100 - десятичный номер конструкторского документа, на который составлен настоящий ТП; “Акустоэлектронное устройство терапии” - наименования изделия, на которое разрабатывается ТП; О - литера документа (опытный образец).

*Маршрутная карта* (МК) является одним из важнейших технологических документов комплекта ТД, его составной и неотъемлемой частью, имеет ряд форм. Выбор и установление области применения соответствующих форм МК зависит от разрабатываемых видов технологических процессов, назначения и формы в составе комплекта ТД и применяемых методов проектирования.

Формы и правила оформления маршрутных карт устанавливает ГОСТ 3.1118-82. При маршрутном и маршрутно-операционном описании технологического процесса МК является одним из основных документов, в котором описывается весь

процесс в технологической последовательности выполнения операций.

При операционном описании технологического процесса МК выполняет роль свободного документа, в котором указывается адресная информация (номер участка, рабочего места, операции), наименование операции, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты.

Для изложения ТП в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации. В качестве обозначения служебных символов приняты буквы русского алфавита, которые отражают определенные виды информации (смотри расшифровку в табл. 3.18) и проставляются перед номером строки.

На строках, расположенных ниже граф, в которых указаны их наименования и обозначения, служебные символы проставляет разработчик с учетом выбранного им способа заполнения документов. Запись на строках, имеющих символ О, следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью, при необходимости, переноса информации на следующие строки.

При операционном описании ТП номер проставляют в начале строки. Информацию на строках с символом “Т” записывают в последовательности: приспособления, вспомогательный, режущий, слесарно-монтажный, специальные инструменты, средства измерения. Запись выполняют по всей длине строки, разделяя каждый вид инструмента знаком ";". Количество одновременно применяемых единиц СТО указывают в скобках после кода (обозначения), например, КПКП.ХХХХХХ.ХХХ (5), приспособление для гибки.

Таблица 3.18 Содержание символов, используемых для описания МК

| Обозначение символа | Содержание информации, вносимой в графы МК, расположенные в строке   |
|---------------------|--|
| А                   | Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция; номер, код и наименование операции; обозначение документов, применяемых при выполнении операции |
| Б                   | Код, наименование операции, трудозатраты   |
| В, Г, Д, Е          | Информация по символам А и Б для форм с вертикальным расположением поля подшивки   |
| К                   | Комплектация изделия составными частями с указанием наименований и обозначений деталей и сборочных единиц.   |
| М                   | Применяемый материал, исходная   |



|      |  |
|------|--|
|      | заготовка, вспомогательные материалы, коды единицы величины, единицы нормирования, количество на изделие и нормы расхода |
| О    | Содержание операции (перехода)   |
| Т    | Применяемая технологическая оснастка   |
| Л, Н | Комплектация изделия для форм с вертикальным расположением поля подшивки   |

Графы маршрутных карт заполняют в соответствии с табл. 13.19.

Таблица 3.19 Кодирование информации в графах маршрутной карты

| Служебные символы графы | Условные обозначения графы | Содержание информации в графе   |
|-------------------------|----------------------------|---|
| 1                       | 2                          | 3   |
| МО1                     | -                          | Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта, технических условий. Запись выполняется на уровне одной строки с применением разделительного знака "/", например: |

Продолжение табл. 3.19

| 1 | 2 | 3                                     |
|---|---|---------------------------------------|
|   |   | лист х/к 1х1000х200<br>ГОСТ 3680-57 / |

## 08 КП ГОСТ 16523-70

|         |                   |  |
|---------|-------------------|--|
| MO2     | КОД               | Код материала по классификатору  |
| MO2     | ЕВ                | Код единицы величины (массы, длины, площади) детали, заготовки, материала по классификатору                        |
| MO2     | МД                | Масса детали по КД   |
| MO2     | ЕН                | Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1, 10, 100, 1000 |
| MO2     | Н.расх.           | Норма расхода материала  |
| MO2     | КИМ               | Коэффициент использования материала  |
| MO2,MO3 | Код загот.        | Код заготовки по классификатору. Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат и т. д.)                     |
| MO2,MO3 | Профиль и размеры | Профиль и размеры исходной заготовки, например, лист 1x100x1000  |
| MO2,MO3 | КД                | Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки   |
| MO2,MO3 | МЗ                | Масса заготовки  |
| А, В    | Цех, уч., РМ      | Номера (коды) цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция  |
| А, В    | Опер.             | Номер операции в технологической последовательности  |

|      |                      |  |
|------|----------------------|--|
| А, В | Код, наим. операции  | изготовления или ремонта изделия (включая контроль и перемещение): 005;010;015 и т.д.<br>Код операции по технологическому классификатору, наименование операции (прил. 11) |
| А, Г | Обознач. документа   | Обозначение документа, инструкций по охране труда, применяемых при выполнении данной операции  |
| Б, Д | Код, наимен.о боруд. | Код оборудования по классификатору, краткое наименование   |
| Б, Е | СМ                   | Степень механизации (код) (прил. 12)   |
| Б, Е | Профиль              | Код профессии по классификатору ОК ПДТР (прил. 13)   |

Окончание табл. 3.19

| 1    | 2    | 3   |
|------|------|---|
| Б, Е | Р    | Разряд работы, необходимый для выполнения операций                      |
| Б, Е | УТ   | Код условий труда по классификатору ОК ПДТО и код вида нормы (прил. 12) |
| Б, Е | КР   | Количество исполнителей, занятых при выполнении операции                |
| Б, Е | КОИД | Количество одновременно обрабатываемых деталей (сборочных единиц) при   |

|         |                                     |  |
|---------|-------------------------------------|--|
|         |                                     | выполнении одной операции, при перемещении объема грузовой единицы – количество деталей в таре   |
| Б, Е    | ОП                                  | Объём производственной партии в штуках   |
| Б, Е    | Кпп                                 | Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании, зависящий от числа обслуживаемых станков М - 1,2,3,4,5, соответственно - 1;0,65;0,48;0,39;0,35 |
| Б, Е    | Тп.з.                               | Норма подготовительно-заключительного времени на операцию  |
| Б, Е    | Тшт.                                | Норма штучного времени на операцию   |
| К, Л, М | Наимен. детали, сб.един., материала | Наименование деталей, сборочных единиц, материалов детали, применяемых при выполнении операции   |
| К, Н, М | ОПП                                 | Обозначение подразделения, (склада, кладовой), откуда поступают комплектующие детали. В учебных проектах допускается не заполнять                            |
| К, Н, М | Кп                                  | Количество деталей, сборочных единиц, применяемых при сборке изделия   |
| К, Н, М | Нрасх.                              | Норма расхода материалов   |

При заполнении МК и ОК следует руководствоваться следующими правилами и требованиями:

- именовать операции кратко, без возможности других толкований;

- начинать с глагольного существительного (например: “Установка ЭРЭ на печатные платы”, “Пайка бескорпусных микросборок на печатные платы”, “Контроль блока”);

- переходы формулировать глаголами в повелительном наклонении (например: “Извлечь деталь из тары”, “Закрепить ручку согласно чертежу”, “Проверить качество и правильность крепления печатного узла согласно чертежу внешним осмотром”), т.е. построение фразы при формулировании перехода должно обращать внимание исполнителя, в первую очередь на главный предмет и действие, а затем указываются предметы и действия, посредством которых достигается основная цель;

13 последовательности действий, требования техники безопасности приводить перед описанием работы, подлежащей выполнению, в виде ссылок на соответствующие инструкции, например, “ИОТ № 45” или в виде текстового изложения этих требований.

В зависимости от содержания ТИ текст может быть разбит на разделы и подразделы. В этом случае нумерацию пунктов необходимо выполнять по ГОСТ 2.105-95.

В целях удобства обработки информации, содержащейся в ТИ, допускается вводить графу для

нумерации строк аналогично МК. При оформлении ТИ с ТЛ для описания содержания ТИ применяют форму 5а, а исполнителей указывают на ТЛ. Допускается взамен ТЛ применять форму 5 ТИ, при этом информацию, характерную для ТЛ, размещать по всему полю документа или только в верхней части документа, используя нижнюю часть для записи основного содержания ТИ. Графические иллюстрации выполняют непосредственно на формах ТИ.

ТИ по регулировке оформляется по ОСТ 4ГО.000.040.

Как правило, в ТИ включаются следующие разделы: “Оборудование, приспособление, инструмент”, “Последовательность технологических операций”, “Подготовка рабочего места”, “Организация трудового процесса”, “Технологический процесс”, “Требования безопасности”, “Дополнительные указания”. Пример заполнения ТИ приведен в приложении 15.

На примере ТИ: КПКП. 01103.00002 - обозначения технологического процесса (ТП) в который входит данный ТП; “3” - общее количество листов в документе; “1” - номер листа ТД; КПКП. 25103.00003 - обозначение разработанного ТП (технологическая инструкция); БГУИР - наименование организации-разработчика; КПКП. 941342.100 - десятичный номер конструкторского документа, на который составлен настоящий ТП; “Акустоэлектронное устройство терапии” - наименования изделия, на которое разрабатывается ТП; О - литера документа (опытный образец).

При разработке карты эскизов для обозначения опор, зажимов и установочных устройств используют ГОСТ 3.1107-81. Ведомость оснастки и ведомость технологических документов заполняются в соответствии с ГОСТ 3.1122-84. Операционные карты в зависимости от вида операции выполняются в соответствии с ГОСТ 3.1409-86, 3.1701 ... 03-79, 3.1704, 05-81, 3.1706, 07-84, ведомость материалов и комплектовочная карта – ГОСТ 3.1123-84 (прил. 16).

Технический контроль в соответствии с ГОСТ 14.318-77 является неотъемлемой составляющей ТП. Технология контроля разрабатывается одновременно с ТП изготовления (сборки, регулировки) изделия и должна удовлетворять требованиям и содержать: необходимое количество контрольных операций; последовательность их расположения; методы и средства контроля.

Контрольные операции необходимо заносить в технологические карты с указанием средств их оснащения инструментом, приборами и т.п.

При использовании САПР для разработки технологических документов дополнительно необходимо учитывать стандарты, определяющие требования к такого рода документам.

### 3.7 Автоматизация проектирования технологических процессов

Для автоматизированного проектирования технологических процессов сборки и монтажа нашли применение ряд пакетов прикладных программ.

Система *ТехАС* - программный продукт, предназначенный для инженеров-технологов и позволяющий формировать технологическую документацию по механообрабатывающему и монтажно-сборочному производству. Система обеспечивает идеальную рабочую среду проектирования технологической документации.

Возможности системы *ТехАС*:

- оперативный поиск и перенос в проектируемый технологический документ информации из справочника;
- формирование технологического процесса с использованием аналога;
- формирование технологического процесса из нескольких готовых;
- мощный специализированный редактор текстов технологических документов;
- проведение раскроя листовых материалов на прямоугольные заготовки;
- возможность использования калькулятора для сопутствующих расчетов;
- оперативная настройка на требуемый вид работ;
- возможность выбора цветовой палитры рабочей среды;
- полная поддержка мыши.



Требования к аппаратному и программному обеспечению. Система *TexAS* может работать на компьютерах семейства IBM PC, включая XT, AT, PS/2, а также совместимых с ними. Компьютер должен работать под управлением операционной системы DOS версии 3.30 или более поздней и иметь не менее 480Кб оперативной памяти. Компьютер может иметь цветной или монохромный монитор, поддерживающий режим отображения в 80 символов. Система *TexAS* не требует использования арифметического сопроцессора 80x87.

Пакет *TexAS* включает рабочую среду с редактором (программа TX.EXE) и несколько программ - утилит, которые могут вызываться как из рабочей среды, так и автономно. А также следующие программы.

*TexAS Editor*. Основной компонент системы. Включает рабочую среду, редактор, систему контекстной помощи, а также средства настройки системы.

*TexAS Formatter*. Набор программ распечатки технологической документации по формам ГОСТ ЕСТД.

*TexAS Referent*. Система справочников технологической информации (массивы операций, оборудования, переходов и т.д.).

*TexAS Scissors*. Пакет для расчета оптимального раскроя листового материала на прямоугольные заготовки.

*TexAS Calculator*. Экранный калькулятор.

*TechAS Tour*. Учебно-ознакомительная программа-путеводитель по TechAS.

Полную информацию по отдельным компонентам TechAS можно найти в соответствующих справочниках.

Для автоматизированного проектирования технологической оснастки и технологических процессов эффективно применение системы *Techcard*.

В состав комплекса программ для организации рабочего места технолога входит:

1. Система TECHCARD, состоящая из:

- ПРОГРАММЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (ПРОЕКТ-ТП) для обеспечения автоматизированного создания и редактирования комплекта ТД при разработке маршрутно-операционной технологии обработки детали;

- ПРОГРАММЫ НАСТРОЙКИ БАЗЫ ДАННЫХ для сопровождения и настройки как базы данных, так и всей системы TECHCARD;

- РЕДАКТОРА БАЗЫ ЗНАНИЙ для создания и сопровождения файлов формул и таблиц;

- РЕДАКТОРА БЛАНКОВ для создания и настройки любых форм бланков ТД в соответствии с требованиями стандартов и пользователей;

- РЕДАКТОРА ДОКУМЕНТОВ для заполнения бланков текстовыми данными или графическими изображениями с возможностью ввода в технологическую карту данных с клавиатуры, из архива ТП или из базы данных, редактирования,

хранения и управления оформлением и печатью документов.

2. Система автоматизированного проектирования CADMECH-T для построения и оформления операционных эскизов или любых графических изображений, выводимых в технологический документ, работающая в среде AutoCAD;

3. Система организации и ведения архива КД и ТД SEARCH;

4. Система управления базой данных IMBASE.

Относительная простота, доступность и гибкость системы в сочетании с мощным интерфейсом позволяют удовлетворять самые разнообразные требования пользователей:

- создание новых и редактирование имеющихся форм бланков ТД;
- включение в состав одного бланка текста и графических изображений;
- ввод в технологическую карту данных с клавиатуры или из базы данных;
- управление оформлением и выводом на печать документов;
- сопровождение базы данных для различных видов производств с возможностью графической иллюстрации классификаторов, справочников и т.п.;
- создание и сопровождение технологических таблиц и формул для их последующего использования при проектировании ТП;
- создание графических библиотек типовых элементов, стандартных нормализованных деталей с

обеспечение редактирования любых текстов полей из базы данных;

- проектирование технологических процессов обработки деталей в диалоговом режиме с использованием базы данных, формул и таблиц;

- оперативная настройка вида и состава комплекта ТД для различных видов производств;

- взаимосвязь с системой ведения архива КД *SEARCH* для организации и ведения архива технологических документов;

- взаимосвязь с системой разработки конструкторской документации *CADMECH* для проектирования и оформления операционных эскизов и карт наладок.

Помимо типовых техпроцессов можно использовать типовые фрагменты, представляющие собой наборы операций и переходов с оснасткой (например, для обработки типового фрагмента - операция «Сверлильная» с переходами: центрировать отверстие, сверлить отверстие под резьбу, зенковать фаску, нарезать резьбу).

В системе *TECHCARD* можно как самостоятельно создавать новые типовые техпроцессы и использовать базовые, поставляемые в составе системы. На этапе проектирования после создания нового ТП заполняются общие сведения о детали. При заполнении поля общих сведений система пытается найти в архиве *SEARCH* документ с обозначением, которое совпадает со значением, попавшим в упомянутое поле. Если документ-процесс будет

найден, то он будет загружен в то окно редактора, где редактируется новый ТП. Далее выполняются следующие действия:

- создание расцеховочного маршрута по нескольким вариантам;
- выбор сортамента, цеха, участка;
- расчет заготовки по настраиваемым сценариям;
- формирование маршрута обработки с использованием классификатора операций и переходов (рис. 3.6);

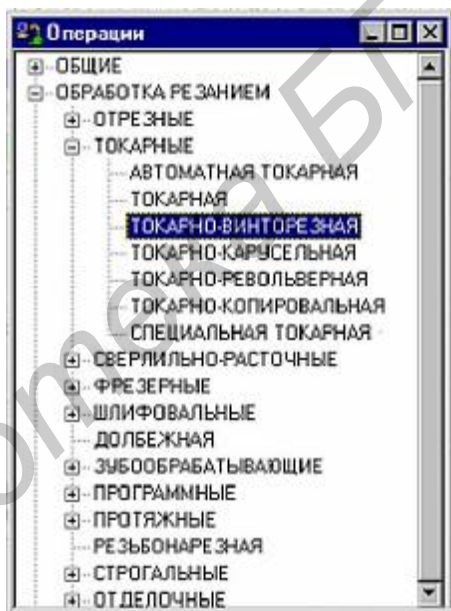


Рис. 3.6 Окно диалога проектирования техпроцесса

- назначение оборудования по операциям и оснастки по переходам;
- редактирование текста переходов;

- расчет режимов обработки в соответствии с техническими данными оборудования;
- расчет норм времени на операции;
- проектирование операций с эскизами с использованием системы CADVTSН-T (рис. 3.7);
- определение состава документов, которые требуется получить пользователю;
- получение комплекта ТД;
- сохранение ТП в архиве и выведение ТД на печать.

Имеется возможность для работы с каталогом оснастки. Анкета оснастки содержит следующую информацию: основные параметры (постоянные), дополнительные параметры (информация по типоразмерам), шаблон обозначения рисунок (рисунки). Система TECHCARD позволяет установить, где размещено оборудование, и изменить, при необходимости, список размещения и инвентарные номера. Возможен выбор или очистка графического изображения оборудования и его рабочей зоны с созданием планировки участка. Изображения могут выбираться из графических файлов следующих типов: WMF, BMP, EMF, ICO.

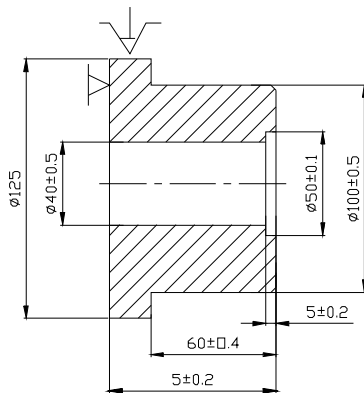


Рис. 3.7 Пооперационный эскиз фрагмента детали

Дополнительно в состав TECHCARD входит:

- база данных средств технологического оснащения (оборудование, приспособления, режущий, вспомогательный и измерительный инструмент);
- база данных по основным и вспомогательным материалам, сортаменту и видам заготовок;
- классификатор технологических операции и типовых переходов с описанием параметров и сценариями на разные виды производства;
- информационно-справочные данные для заполнения параметров операционной технологии;
- база знаний по режимам резания (механическая обработка) и режимам обработки (для других видов производств);
- база знаний по нормированию.

Для работы с системой TECHCARD необходимо в качестве клиента иметь компьютер следующей конфигурации: процессор класса Pentium 150 и выше; оперативная память не менее 32 мегабайтов; 20 мегабайтов на жестком диске для установки

клиентской части (70 мегабайтов на жестком диске сервера для установки серверной части); видеоадаптер с памятью не менее 1М и монитор SVGA, поддерживающий разрешение 800x600 точек и более; система Microsoft Windows 95/98/NT 4.0; Auto CAD R14.

Пакет *Pro/ENGINEER* фирмы Parametric Technology Corporation предназначен для конструирования деталей и сборок в режиме 2D и 3D, а также создания их чертежей. Пакет позволяет создавать также технологическую оснастку для разработанных изделий и получать управляющие программы для станков с ЧПУ, которые позволяют изготавливать опытные образцы как изделий, так и технологическую оснастку (штампы, литьевые формы и т.п.).

*Конструирование детали в Pro/ENGINEER.* Детали создаются с использованием конструкций, называемых базовыми операциями. Процесс конструирования деталей в Pro/ENGINEER похож на изготовление детали на производстве. С помощью пакета решаются следующие задачи инженера-конструктора (табл. 3.20).

Таблица 3.20 Задачи, решаемые Pro/ENGINEER при конструировании детали

| инженер-конструктор                           | инженер-технолог        |
|---|-------------------------|
| рисование первоначального поперечного сечения | выбор типа заготовки    |
| создание первоначальной                       | обработка для получения |



|   |   |
|---|---|
| заготовки из сечения                                | заготовки из сечения  |
| добавление операций для создания законченной детали | фрезерование, сверление и другая обработка для получения детали |

*Конструирование сборок.* Сборки создаются путем определения взаимного месторасположения соответствующих деталей и подборок. Определение расположения комплектующих может быть:

- автоматическим - когда условия расположения определены в компоновке;

- ручным - когда указываются взаимные условия расположения деталей, т.е. сопряжение и вставка.

*Создание чертежей.* Чертежи создаются для документирования деталей и сборок. Чертежи могут содержать плоские и аксонометрические проекции, а также любые изображения - виды, разрезы, сечения. С помощью Pro/ENGINEER могут быть созданы чертежи в ANSI, ISO, DIN и JIS стандартах.

Pro/ENGINEER позволяет импортировать и экспортировать данные во многих форматах, включая: IGES, STEP, DXF, SET, VDA, CGM, SLA, Plotter-файлы, Render, Inventor, 3DPAINT, PDGS, ECAD, TIFF, PHOTORENDER, CATIA, CDRS.

## **4 РАЗРАБОТКА ЛИНИЙ И УЧАСТКОВ ГАП СБОРКИ И МОНТАЖА**

### **4.1 Автоматизация сборки и монтажа РЭА**

Высшей формой организации сборочного процесса являются автоматические и автоматизированные линии. Применение их в массовом производстве обеспечивает значительный экономический эффект. Однако поскольку производство РЭА в основном мелкосерийное и среднесерийное широкой номенклатуры, то наибольший эффект дает использование линий и участков гибкого переналаживаемого производства (ГАП), что позволяет быстро перестроить оборудование при изменениях номенклатуры выпуска, повысить качество изделий и обеспечить ритмичность выполнения заданной программы.

Для организации линии автоматизированной сборки необходимо решить следующие проблемы:

- 1) обеспечить конструктивно-технологические требования к печатным платам под автоматизированную сборку;
- 2) выбрать элементы, подлежащие автоматической установке на платы, и варианты их закрепления;
- 3) выбрать автоматизированное или автоматическое технологическое оборудование для сборки и монтажа элементов на платах и скомпоновать технологическую линию;
- 4) выбрать транспортное средство, обеспечивающее подачу элементов и деталей на сборку, перемещение

объекта по позициям сборки, удаление и складирование готовой продукции.

Конструктивно-технологические требования к печатным платам, на которых осуществляется автоматизированная сборка РЭА и ИМС, ужесточаются по сравнению с ручной сборкой. Форма, конструкция и основные размеры односторонних печатных плат установлены отраслевым стандартом ОСТ 4.070.010-78 "Платы печатные под автоматическую установку элементов. Конструкция и размеры".

Предельные отклонения расстояний между центрами монтажных отверстий не должны быть более  $\pm 0,05$  мм, а между осями контактных площадок под планарные выводы - не более 0,1 мм. Базовые отверстия для ориентации платы на сборочном оборудовании диаметром 3 мм располагаются по одной из длинных сторон платы и имеют отклонения по межцентровому расстоянию не более  $\pm 0,05$  мм. Между выводами и отверстиями элементов устанавливается зазор 0,2 мм.

Технологические требования к конструкциям сборочных единиц на печатных платах, предназначенным для автоматизированной сборки, установлены ОСТ 4.091.124-79. Для повышения технологичности сборочных единиц при автоматизированной сборке рекомендуется использовать минимальное число разнотипных ЭРЭ, типоразмеров корпусов ЭРЭ и ИМС, а также элементов, не требующих специального крепления на

плате. Корпусные ИМС размещают на плате рядами или в шахматном порядке с шагом установки, кратным 2,5 мм и определяемым конструкцией корпусов и плотностью их упаковки. В технически обоснованных случаях шаг установки для ИМС с планарными выводами может быть принят кратным 1,25 мм. Зазоры между корпусами ИМС должны быть не менее 1,5 мм, ИМС со штыревыми выводами устанавливают с одной стороны платы, а с планарными выводами как с одной, так и с двух сторон.

ЭРЭ располагают на платах рядами с ориентацией по одной или по двум координатам. Целесообразно располагать элементы одного типа в одном направлении. При наличии элементов с различными межвыводными расстояниями и двухкоординатном расположении механизированная и автоматизированная установка усложняется, а при неупорядоченном их расположении становится невозможной. Расстояния между корпусами ЭРЭ должны быть не менее 1,0 мм, а по торцу - не менее 1,5 мм.

При автоматизированной установке ЭРЭ необходимо предусмотреть зону размещения исполнительных элементов укладочной головки. Для элементов с осевыми выводами (резисторы, диоды, конденсаторы и т.д.) площадь зоны

$$S_3 = (L + 2,5)(d + 2) \text{ [мм]}, \quad (4.1)$$

ГДЕ L - БАЗОВАЯ ДЛИНА ЭЛЕМЕНТА; D - ДИАМЕТР КОРПУСА.

Формовка выводов элементов, подлежащих автоматической установке на платы, должна соответствовать более жестким требованиям, чем при ручной установке. Все корпусные элементы и ИМС разделены на 9 технологических групп:

1) элементы с цилиндрической и прямоугольной формами корпуса и двумя осевыми проволочными выводами, не требующие ориентации по полярности (резисторы, конденсаторы, дроссели ВЧ и др.);

2) элементы с цилиндрической формой корпуса и двумя однонаправленными выводами, требующие ориентации по полярности (диоды выпрямительные и импульсные, стабилитроны, конденсаторы электролитические и др.);

3) элементы с прямоугольной и дисковой формой корпуса и двумя однонаправленными выводами, не требующие ориентации по полярности (конденсаторы постоянные типа КМ и др.);

4) элементы с цилиндрической формой корпуса и двумя однонаправленными выводами, требующие ориентации по полярности (конденсаторы электролитические типа К50-6 и др.);

5) элементы с цилиндрической формой корпуса и тремя и более однонаправленными выводами, требующие ориентировки выводов (транзисторы, микросхемы в корпусах типа 3 и др.);

6) элементы с прямоугольной формой корпуса и тремя однонаправленными выводами, требующие ориентации выводов (транзисторы типа КТ315 и др.);

7) элементы с прямоугольной формой корпуса и двусторонним расположением выводов, требующие ориентации (микросхемы в корпусе типа 2);

8) элементы с прямоугольной формой корпуса и планарными выводами, требующие ориентации (микросхемы в корпусе типа 4);

9) рекомендуемые к разработке и внедрению особо миниатюрные элементы с прямоугольной формой корпуса и планарными выводами (диоды, транзисторы, микросхемы).

Элементы 1 и 2 групп подаются на сборку упакованными в двойную липкую или бумажную ленту. Для программной вклейки элементов с осевыми выводами (1 и 2 группы) и перемычек без изоляции используется автомат секционного типа "ТРАЛ". Вклейка элементов осуществляется с 20-60 катушек по программе, задаваемой с помощью ЭВМ.

Для рихтовки элементов 2-й группы и их ориентированной вклейки в липкую ленту применяются автоматы подготовки полярных радиоэлементов различных модификаций. Для подготовки к сборке элементов 5 и 7 групп применяются автоматы распаковки интегральных схем из тары-спутника и набора их в кассеты, которые потом подаются на участки сборки. Для элементов 8-й группы (с планарными выводами) используются автоматы напрессовки припоя на выводы интегральных схем, чтобы обеспечивать точную дозировку припоя при монтаже. Технические характеристики автоматического оборудования для

подготовки элементов к сборке приведены в приложении 6.

Для установки радиоэлементов с осевыми выводами и перемычек, вклеенных в липкую ленту в программной последовательности, применяют автомат установки радиоэлементов типа "ТРОФЕЙ", управляемый с помощью ЭВМ, а также автоматы с программным управлением для укладки микросхем, автоматы с программным управлением для укладки радиоэлементов с перестройкой установочного размера и другое оборудование (прил. 7).

В условиях мелкосерийного производства РЭА рациональным является применение столов программной сборки со световой индикацией позиций установки элементов. Программная панель стола имеет отверстия, расположенные с шагом координатной сетки, в которых размещены миниатюрные лампочки. Установка неполярных элементов (резисторов, конденсаторов и др.) происходит при загорании 2-х лампочек, определяющих базовую длину элемента на плате, а также лампочек на ячейке кассетницы, где находятся данные элементы. При установке полярных элементов (диодов, электролитических конденсаторов и др.) мигание одной из лампочек определяет способ ориентации элемента при установке его на плату. При установке ИМС с двумя рядами выводов лампочка высвечивает ключ установки ИМС, транзистора - расположение эмиттера. Характеристики столов приведены в табл. 4.1

Столы программной сборки могут быть с жесткой программой, рассчитанной на сборку одного наименования изделия, а также с гибкой программой. В последнем случае световая индикация позиций установки элементов на плате осуществляется с помощью светового луча, проектируемого сверху на плату с помощью оптической системы, управляемой микроЭВМ. Программа записывается на магнитных дисках и вводится перед началом работы в память ЭВМ. Контроль сборки оператором осуществляется с помощью дисплея. Внешний вид стола с гибкой программой сборки модели Logpoint приведен на рис. 4.1.

Таблица 4.1 Светомонтажные столы программной сборки

| Модель                  | Устройство управления | Емкость ОЗУ                 | Средства отображения | Тип внешних ОЗУ |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------|
| ПМПП-902 СССР           | МП-901                | 16 К                        | Табло 3-знаковое     | НМЛ             |
| ТС-1409 СССР            | «Электроника-60»      | 16 К                        | Табло 3-знаковое     | НМЛ             |
| 3D-TS (Polytronik)      | Z-80                  | 32 К<br>(энергонезависимое) | Табло 32-знаковое    | НГМД 64 К       |
| 62-35 Logpoint (Англия) | Z-80                  | 64 К                        | Дисплей              | НГМД 64 К       |
| V-T-AS                  | Микропр               | 86 К                        | Дисплей              | НМЛ             |



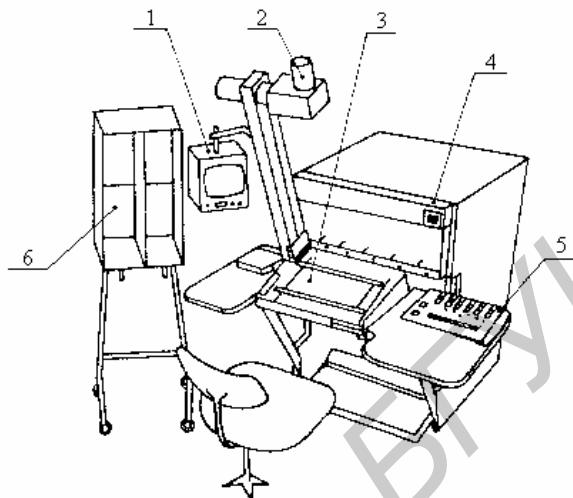


Рис. 4.1 Стол с гибкой программой сборки:

- 1 - дисплей, 2 - проектор, 3 - панель, 4 - накопитель,  
5 - микроЭВМ, 6 - кассетница для нестандартных элементов и плат

Стол состоит из светолучевой головки, рабочего стола, микроЭВМ, дисплея, клавиатуры и элеваторного накопителя. Программирование осуществляется в пошаговом режиме, и все данные выводятся на экран дисплея.

В настоящее время все более широко применяется новейшая элементная база — поверхностно монтируемые элементы: безвыводные "чиповые" резисторы и конденсаторы, миниатюрные корпуса БИС, пластмассовые и керамические кристаллоносители и др., что позволяет упростить установку элементов, повысить надежность

электронных блоков. Технология поверхностного монтажа (SMT) получила официальное признание в 1985 г. и имеет значительные преимущества перед другими видами монтажа.

Монтаж на поверхности может быть выполнен в трех различных вариантах.

*Первый* предусматривает размещение на верхней стороне платы только компонентов, монтируемых в сквозные отверстия, а на нижней — компонентов для поверхностного монтажа. Соединение элементов с платой осуществляется путем пайки волной припоя. Однако обычная волна припоя оказывается неэффективной для монтажа микрокорпусов, так как припой не может подтекать под них и достигнуть экранированных или металлизированных контактных площадок. Применение двойной волны, поступающей из двух резервуаров, позволяет обеспечить полный охват припоем металлизированных участков по всему периметру. Вторичная волна также удаляет избыток припоя с монтажных соединений.

В случае смешанного расположения компонентов на каждой стороне платы (*второй* вариант) ТП сборки усложняется (рис. 4.2). Сначала монтируют компоненты в микрокорпусах оплавлением припоя, а затем волной припоя — остальные. Для оплавления припоя применяют индивидуальный или групповой инструмент. Он захватывает микрокорпус, опускается на плату и расплавляет припой на контактных площадках. После этого инструмент поднимается. Толкатель удерживает элемент до тех пор, пока не наступит кристаллизация припоя. В инструменте с

высокой точностью поддерживается температура, чтобы исключить перегрев кристалла в микрокорпусе. С помощью инструмента можно проводить также и ремонтные работы.

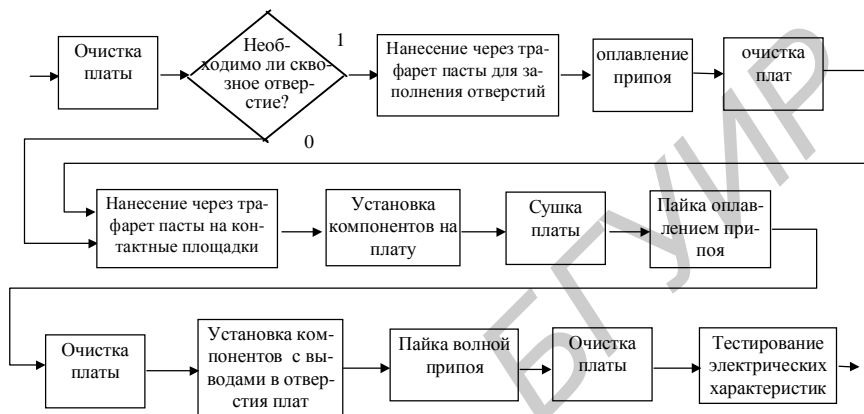


Рис. 4.2 Схема сборки и монтажа плат при смешанном расположении компонентов

*Третий* вариант предусматривает установку элементов только на поверхность ПП различными методами пайки.

Характеристики оборудования для технологии поверхностного монтажа приведены в приложении 9.

## 4.2 Выбор транспортных средств

При организации линии или участка сборки выбор транспортных средств зависит от организационной формы сборки. Для массового и крупносерийного производства изделий небольшого числа

наименований при значительной доле ручного труда на сборке применяют одно- и многопредметные непрерывные поточные линии. Поточная сборка изделий более производительна, т.к. сокращаются производственный цикл и межоперационные заделы, углубляется специализация рабочих, создается возможность механизации определенных операций путем применения специальной технологической оснастки и полуавтоматического оборудования.

Поточная линия оборудуется конвейером, который определяет ритм работы и по своему назначению может быть распределительным и рабочим. На распределительном конвейере сборка происходит при съеме предмета с несущего органа на рабочее место сборщика. Такой конвейер применяется в тех случаях, когда отдельные операции выполняются на параллельных рабочих местах. Рабочий конвейер используется для сборки предметов, находящихся непосредственно на ленте конвейера. Лента конвейера может иметь непрерывное или пульсирующее движение. Для передачи изделий и сборочных единиц с одного участка на другой применяют транспортные конвейеры.

При выборе типа конвейера учитывают характер движения предмета труда, массу и габариты изделия, сложность операций сборки, массу изделий и т.д. В том случае, если масса изделий более 15 кг и имеет значительные габариты предусматривают применение укладчиков и съемников для механизированного перемещения изделия. Возле каждого конвейера предусматривается пульт управления. Выбор

конвейеров для сборки осуществляют по справочным данным (прил. 17), а также используя отраслевой стандарт ОСТ 4ГО.059.023 "Выбор конструкции сборочного конвейера". Производительность конвейера  $Q$  определяется формулой

$$Q = V \cdot m/d, \quad (4.2)$$

ГДЕ  $V$  - СКОРОСТЬ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ, М/МИН;  $m$  - МАССА ИЗДЕЛИЯ, КГ;  $d$  - ШАГ КОНВЕЙЕРА.

По полученному значению  $Q$  рассчитывают привод конвейера

$$W = 0,141 \cdot \left( L_n \cdot V \cdot \frac{m_k}{36} + L_p \cdot \frac{Q}{270} \right), \quad (4.3)$$

где  $m_k$  - погонная масса ленты конвейера (6-9 кг/м),  $L_n$  – полная длина ленты конвейера,  $L_p$  – рабочая длина конвейера.

Для мелкосерийного и серийного производства изделий более широкого числа наименований при условии применения полуавтоматического и автоматического оборудования на отдельных операциях целесообразно проектировать линии и участки ГАП. В качестве транспортного средства в данном случае необходимо применять роботы-манипуляторы и программируемые роботы. При выборе робота в качестве транспортного средства руководствуются следующими техническими показателями:

1) число степеней подвижности - сумма возможных координатных движений объекта манипулирования относительно опорной системы. Простые роботы-

манипуляторы имеют две степени подвижности, сложные - шесть;

2) грузоподъемность руки - наибольшая масса груза, перемещаемого при заданной скорости и точности позиционирования. Установлен следующий ряд роботов по грузоподъемности: сборочные - 0,04-0,64; 1,25-5; транспортные - 10-160; 250-1000 кг и более;

3) рабочая зона - пространство, в котором при работе может находиться рука манипулятора;

4) точность позиционирования - отклонение заданной позиции исполнительного механизма от фактической при многократном повторении. Для транспортных операций допустима малая точность (до 1,0 мм и более), для сборочных роботов - средняя (0,5-1,0) и высокая точность (до 0,1мм);

5) быстроедействие - скорость перемещения конечного звена манипулятора, для гидравлических роботов - малая (до 0,5 м/с), средняя (1,0 м/с) и высокая (более 1,0 м/с). Характеристики роботов-манипуляторов и транспортных роботов показаны в приложении 18.

### **4.3 Разработка технологической планировки линии или участка ГАП**

При проектировании однопредметной непрерывно-поточной линии, построенной на конвейере, проводят расчет в следующей последовательности:

1) определяют ритм выпуска изделий:

$$r = \frac{\Phi_D}{N_3} N_{mp}, \quad (4.4)$$

где  $N_3$  – программа запуска изделий,  $N_{mp}$  – количество изделий, транспортируемых в пачке.

2) Рассчитывают количество рабочих мест, выполняющих параллельно одну и ту же операцию

$$C_{p.i} = T_{on.i} / r, \quad (4.5)$$

где  $T_{on.i}$  – норма оперативного времени  $i$ -й операции.

3) Определяют коэффициент загрузки рабочих мест как отношение расчетного числа рабочих мест к принятому, фактическому

$$K_{з.i} = C_{p.i} / C_{np.i}. \quad (4.6)$$

Операции считаются синхронизированными, если  $0,9 < K_{з.i} < 1,1 \div 1,2$ .

4) Находят общее количество рабочих мест сборщиков на линии

$$K_p = \sum_{i=1}^n C_{p.i} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{on.i}}{r}. \quad (4.7)$$

При количестве рабочих мест, равном или меньше 10, организация линии поточной сборки экономически нецелесообразно, если количество мест больше 50 – необходимо организовать две или более линий.

5) Рассчитывают общее количество рабочих мест на линии

$$K_{общ} = K_p + K_{рез} + K_{комл} + K_{контр}, \quad (4.8)$$

где  $K_{рез}$  - количество резервных мест (0,1-0,2) $K_p$ ;  $K_{комп}$ ,  $K_{контр}$  - количество рабочих мест комплектовщиков и контролеров соответственно (при  $K_p \leq 25$   $K_{комп}$ ,  $K_{контр} \cong 1$ ).

6) Рассчитывают шаг конвейера  $d$

$$d = V_n \cdot r, \quad (4.9)$$

ГДЕ  $V_n$  - СКОРОСТЬ НЕПРЕРЫВНОГО ДВИЖЕНИЯ ЛЕНТЫ КОНВЕЙЕРА.

При пульсирующем движении ленты конвейера со скоростью  $V_n$

$$d = V_n \cdot T_{np}, \quad (4.10)$$

где  $T_{np}$  - время передвижения предмета на один интервал.

7) Определяют длину конвейера  $L$

$$L = L_p + L_1 + L_2, \quad (4.11)$$

где  $L_p$  - рабочая длина несущего органа конвейера;  $L_1$ ,  $L_2$  - длина приводной и натяжной станций соответственно, выбираемые по справочным данным ( $L_1 = L_2 = 1,5$  м).

8) Рассчитывают количество предметов в заделе  $N_z$ , сборка которых не окончена

$$N_z = N_{тех} + N_{тран} + N_{рез} + N_{обор}, \quad (4.12)$$

где  $N_{тех}$  - технологический задел, представляющий собой изделия на сборке на рабочих местах линии;

$$N_{тех} = K_p \cdot N_{mp};$$



*N<sub>тран</sub>* - транспортный задел, определяемый при непрерывном движении конвейера как  $N_{тран} = L_p / d_{тр}$ , при пульсирующем -  $N_{тран} = K_p \cdot N_{тр}$ ,

*N<sub>рез</sub>* - резервный задел, равный 2-5 % от сменного выпуска изделий;

*Нобор* - оборотный задел, создаваемый на комплекточной и упаковочной площадках в размере сменной потребности линии.

При разработке технологической планировки необходимо учитывать, что планировка является графическим документом, устанавливающим расположение в плане объектов обеспечения и выполнения производственного процесса.

Планировки следует разрабатывать при строительстве новых, расширении или реконструкции действующих цехов и участков;

При разработке планировок следует соблюдать нормы и правила, установленные государственными и отраслевыми нормативно-техническими документами с учетом типовых решений рабочих мест, специализированных участков, линий, научной организации труда и достижений в области автоматизации и механизации производства.

При разработке планировок в зависимости от их назначения должны быть предусмотрены площади для размещения:

- технологического и контрольно-испытательного оборудования;
- обслуживающих подразделений;
- рабочих мест;

- проходов и проездов;
- средств и путей перемещения материалов, изделий и технологических отходов;
- материалов, заготовок, полуфабрикатов и комплектующих изделий;
- готовой продукции;
- вспомогательных помещений.

При разработке планировок должны быть решены следующие задачи:

- обеспечение технологической последовательности выполнения операций;
- создание поточности движения материалов, полуфабрикатов, комплектующих и готовых изделий;
- сокращение расстояний перемещения грузов;
- эффективное использование производственного оборудования, рабочих мест и площадей;
- обеспечение безопасности работы.

Разработка планировки производится технологами цехов и участков.

Планировки разрабатываются в следующей последовательности:

- 1) сбор исходных данных;
- 2) определение состава и количества технологического оснащения для выполнения технологических операций;
- 3) разработка схем расположения цехов, участков и групп оборудования с технико-экономическим обоснованием вариантов;

4) определение рациональной последовательности расстановки оборудования и рабочих мест согласно нормам;

5) выполнение чертежа планировки;

6) утверждение планировки.

Для разработки планировки в зависимости от их назначения необходимо иметь следующие исходные данные:

- существующую планировку предприятия, цеха, участка;
  - схему технологического процесса;
  - схему движения материалов, комплектующих и готовых изделий;
  - схему расположения цехов, участков;
  - состав и количество технологического оснащения и оборудования;
  - технические данные на оборудование;
  - производственную программу выпуска изделий;
  - расчет количества и загрузку оборудования и рабочих мест, проводимый в соответствии с действующими нормами технологического проектирования;
  - нормативно-техническую документацию по организации специализированных подразделений, участков и рабочих мест, а также на технологические маршруты;
  - строительный чертеж (план) здания, сооружения;
- При сборе исходных данных в зависимости от назначения планировок следует учитывать:

- характер объектов и объем производства (конструктивные особенности изделий, программу выпуска, трудоемкость изготовления, виды операций технологического процесса);
- периодичность и порядок поступления материалов и полуфабрикатов;
- технологическое оснащение (тип, модель, габариты, производительность, требования к условиям работы, хранение, степень механизации и автоматизации);
- состав производственного персонала (основного, вспомогательного, административного с учетом профессий, квалификаций, физиологических особенностей);
- организацию производства (производственную структуру подразделений, их взаимосвязь, режим работы);
- способы и средства перемещения объектов производства, материалов и полуфабрикатов при изготовлении, контроле и складировании;
- объемы и условия складирования и хранения объектов производства, материалов и полуфабрикатов, включая хранение при задержках производства;
- обслуживание производства (организацию и технику обслуживания и ремонта, планирование, управление, контроль, удаление или использование отходов, вспомогательные коммуникации);

- конструкцию зданий и сооружений (конструкцию наружных и внутренних элементов, расположение и оборудование бытовых помещений);
- ограничения, накладываемые требованиями техники безопасности, санитарными и строительными нормами и правилами.

В чертеже планировки в зависимости от назначения следует отражать:

- расположение технологического оборудования с взаимной привязкой к строительным конструкциям;
- разрезы технологических прямиков, каналов с указанием габаритов и привязки;
- размещение технологического оборудования с указанием отметок высоты, размеров в плане, наличия лестниц, мостков, отверстий в стенах и перекрытиях;
- сетку колонн, основные стены, перегородки, ворота, двери;
- границы цехов, участков, вспомогательных помещений;
- основные проезды и проходы;
- подвалы, каналы, тоннели, антресоли;
- места расположения трансформаторных подстанций, насосных и компрессорных станций, вентиляционных камер;
- основные подземно-транспортные устройства;
- схему технологических потоков;
- места подсоединения сетей энергетического и другого обеспечения технологического оборудования;
- категорийность помещения в соответствии со строительными нормами и правилами СНиП II-М.2-72;

- класс помещения в соответствии с правилами устройства электроустановок ПЭУ-76.

Порядковый регистрационный номер планировок присваивает ТБППМ СКТБ при утверждении планировок на комиссии главных специалистов завода.

Код специализированного подразделения следует назначать по основному виду производства, определяющему наименование цеха.

Устанавливается следующая структура обозначения планировок:



Пример обозначения планировок: **КПКП.8102.001**, где КПКП – код организации-разработчика; 8 – код сборочно-монтажного производства по ОСТ 4ГО.091.004, 102 – код сборочно-монтажного цеха по классификатору административных единиц КПКП.091.002, 001 – порядковый регистрационный номер; **КПКП.2111.005**, где КПКП – код организации-разработчика, 2 – код вспомогательного производства по ОСТ 4ГО.091.004, 111 – код инструментального цеха по классификатору административных единиц КПКП.091.002, 005 – порядковый регистрационный номер.

Подлинники планировок следует выполнять черной тушью на кальке марки А ГОСТ 893-70. Для курсового и дипломного проектирования допускается выполнение планировки с помощью средств компьютерной графики с последующим выводом на бумажный носитель. Основные надписи на планировках выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104-68. Графу «Наименование» следует заполнять: «Планировка сборочно-монтажного цеха».

Общие требования по оформлению текстовых документов должны соответствовать ГОСТ 2.105-95.

Спецификацию выполнять непосредственно на поле чертежа планировки. В спецификацию следует включать технологическое, контрольно-испытательное, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование и рабочие места.

Графы спецификации заполняются следующим образом: графу «Формат» не заполняют; в графе «Зона» указывается обозначение зоны, в которой находится номер позиции, записываемой составной части планировок; в графе «Поз» указывают порядковые номера составных частей планировки в последовательности записи их в спецификации; в графе «Обозначение» указывают обозначение технологического, контрольно-испытательного и прочего оборудования, в случае отсутствия буквенно-цифрового обозначения графа не заполняется; в графе «Наименование» записывают наименование, технические условия на поставку, а при необходимости модель, тип, краткую характеристику

оборудования; в графе «Кол.» указывают количество единиц оборудования для данного цеха (участка); в графе «Примечание» записывают габаритные размеры в миллиметрах, массу единиц, в тоннах (при необходимости) и мощность в киловаттах.

Чертеж планировки, кроме графического изображения элементов может содержать текстовую часть, состоящую из технических требований, таблицы.

Изображение оборудования, не имеющего УГО, на чертежах планировок должно соответствовать внешним очертаниям.

План помещения изображают в виде разреза горизонтальной плоскостью на уровне 1,5 м от условного пола (с указанием всех дверных и оконных проемов, лестничных маршей).

Для привязки монтируемых изделий по высоте указывают отметки в метрах с тремя десятичными знаками, отделенными запятой. За условную нулевую отметку (условный пол) принимается отметка пола первого этажа, обозначаемого «0.000». Если конструкция включает участки пола разной толщины или расположенные на разных уровнях, условную нулевую отметку рекомендуется присваивать поверхности пола лестничной площадки первого этажа. Отметки ниже нулевого уровня обозначаются знаком минус, например, «-0.100», отметки выше условной нулевой указывают без знака, например, «2.500».



Чертежи планировок выполняют в масштабе 1:100. В обоснованных случаях допускаются масштабы 1:50 и 1:200.

На чертежах планировок допускается помещать технические данные, характер которых определяется назначением планировок. Такие сведения указывают на свободном поле чертежей планировок по ГОСТ 2.316-68.

Условные графические обозначения на чертежах планировок должны соответствовать общепринятым данным (прил. 19) и вычерчиваются в масштабе чертежа, кроме условных изображений, размеры которых определены в настоящей инструкции и соответствующими стандартами. В обозначениях подъемно-транспортного оборудования допускается указывать грузоподъемность.

При расчете ширины проходов, расстояний между рабочими местами, между рабочими местами и колоннами используют нормативные данные (прил. 20).

При составлении технологической планировки поточной линии необходимо обеспечить рациональное направление грузопотока, максимальную прямоточность процесса сборки, рациональную компоновку рабочих мест на линии. Варианты расположения рабочих мест на линии для горизонтально-замкнутого конвейера - приведены на рис. 4.3.

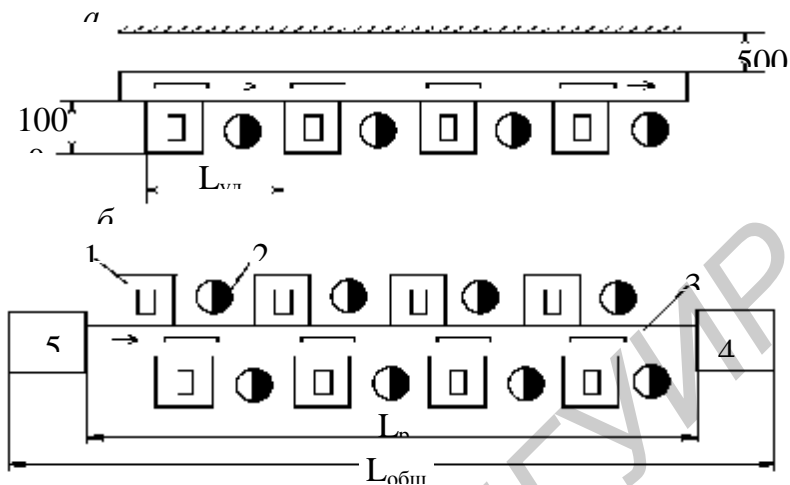


Рис. 4.3 Схемы поточных линий с односторонним (а) и двухсторонним (б) расположением рабочих мест:  
 1 – рабочие места; 2 – сборщик; 3 – лента;  
 4, 5 – натяжная и приводная станции

При составлении планировки должны быть учтены следующие требования:

- 1) технологический поток изготовления изделия должен быть непрерывным;
- 2) транспортно-складские работы должны быть максимально механизированы или автоматизированы и входить в общий технологический поток;
- 3) должна быть обеспечена сохранность материальных ценностей, а также возможность учета деталей, полуфабрикатов и готовых изделий;
- 4) капитальные затраты должны быть оптимальными, а окупаемость оборудования - укладываться в действующие в отрасли нормативы.

При проектировании гибкого автоматизированного производства (ГАП) основной ячейкой планировки

является робототехнический комплекс (РТК), представляющий совокупность технологического, вспомогательного оборудования и управляющих устройств:

1) автоматическое технологическое оборудование (автоматы);

2) робототехническое транспортное оборудование (роботы-манипуляторы, транспортные роботы и т.д.);

3) автоматические загрузочные и разгрузочные устройства;

4) управляющие устройства (стойки управления, мини-ЭВМ и др.).

Оценка рациональности структуры РТК определяется коэффициентом использования производственной площади  $K$

$$K = \left( \sum_{i=1}^n S_{o.i} + S_{всп.i} \right) / S, \quad (4.13)$$

где  $S_{o.i}$  - производственная площадь, занятая основным оборудованием

$$S_{o.i} = (L + b + 0,5h_1)(a + 0,5h_2), \quad (4.14)$$

где  $L$  - длина основного оборудования вдоль фронта;  $b$  - расстояние от стены или колонны до рабочего места;  $h_1$  - величина прохода между оборудованием;  $a$  - ширина оборудования;  $h_2$  - расстояние между оборудованием по ширине;  $S_{всп.i}$  - площадь, занятая вспомогательным оборудованием;  $n$  - количество единиц технологического оборудования.

Площадь под вспомогательное оборудование включает

$$S_{всп.i} = S_{загр} + S_{разгр} + S_{пр} , \quad (4.15)$$

где  $S_{загр}$  ,  $S_{разгр}$  - площади, занятые загрузочно-разгрузочными устройствами;  $S_{пр}$  - площадь, занимаемая промышленным роботом (ПР), определяемая как

$$S_{пр} = K(a + h) \cdot b , \quad (4.16)$$

ГДЕ А - ДЛИНА ПР; В - ШИРИНА ПР; Н - ШИРИНА ПРОХОДА; К - КОЭФФИЦИЕНТ, УЧИТЫВАЮЩИЙ ПЛОЩАДЬ, НЕОБХОДИМУЮ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ПРОФИЛАКТИКИ И РЕМОНТА ПР.

При компоновке РТК возможны два варианта:

- 1) ПР встраивается в существующую технологическую линию, когда требуется большая универсальность робота и наличие у него элементов адаптации;
- 2) ПР проектируется как составная часть сборочного технологического оборудования.

Второй вариант наиболее перспективен, поскольку позволяет в максимальной степени использовать преимущества модульного принципа построения ПР. Оборудование в этом варианте может располагаться вокруг ПР или устанавливаться в линию. Компоновка РТК (рис. 4.4) предусматривает расстановку оборудования 1, 2, 3 по дуге окружности, и для его обслуживания плечо робота 4 должно совершать возвратно-поступательные и вращательные движения. Такая компоновка применяется для выполнения последовательных технологических операций: лужения, отмывки, рихтовки, гибки и контроля параметров ЭРЭ.

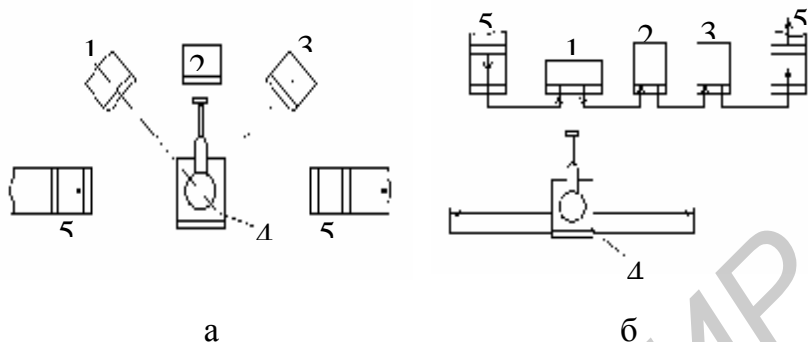


Рис. 4.4 Компоновка РТК по дуге окружности (а) и по линейке оборудования (б)

Компоновка РТК по схеме, приведенной на рис. 4.4, б, предусматривает размещение оборудования в линию, а робот 4 должен быть снабжен модулем перемещения между транспортными конвейерами 5. Такая компоновка оборудования предполагает автоматизацию основных и вспомогательных операций, причем ритм обслуживания должен быть синхронизирован с ритмом работы основного оборудования.

Для обслуживания нескольких групп технологического оборудования связанных транспортной системой, применяется компоновка, где роботы 4 осуществляют загрузку и разгрузку технологического оборудования 2, транспортной системы и складов-накопителей 1, 3. Управление роботами осуществляется от мини-ЭВМ. РТК на базе промышленного робота серии М показан на рис. 4.5.

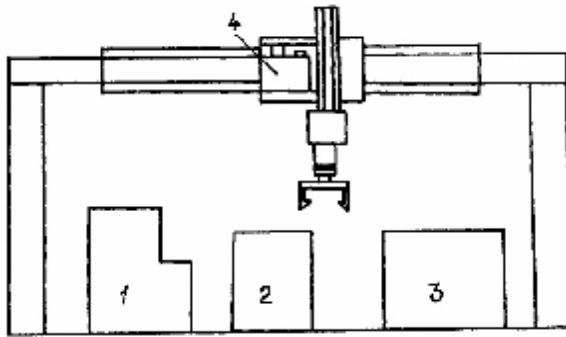


Рис. 4.5 РТК на базе промышленного робота серии М

Вариант планировки участка ГАП типовых элементов сборки (ТЭС) приведен на рис. 4.6.

В данной планировке автоматизированы транспортно-складские операции с помощью автооператора типа СТАС-50, транспортные операции перемещения сборочных единиц по позициям сборки с помощью транспортного робота, а также операции загрузки и разгрузки отдельных видов технологического оборудования с помощью роботов-манипуляторов.

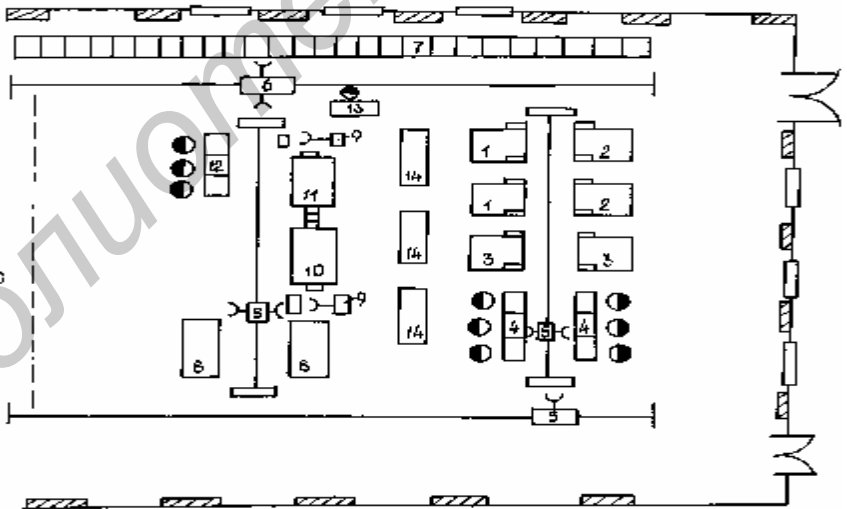


Рис. 4.6 Планировка участка сборки ТЭС с элементами ГАП:

1 - модуль установки ИМС, 2,3 - модули установки ЭРЭ, 3 - модуль установки ЭРЭ, 4 - рабочее место установки ЭРЭ, 5 - транспортный робот, 6 - автооператор СТАС-50, 7 - автоматический склад, 8 - установка сушки, 9 - робот-загрузчик, 10- установка пайки, 11 -установка отмывки, рабочее место контроля и допайки, 13 - рабочее место мастера, 14- управляющие ЭВМ

#### 4.4 Гибкие производственные модули

При проектировании гибкого автоматического производства учитывают, что система ГАП состоит в общем случае из технологической, транспортной, складской подсистем и единой системы управления, координирующей работу всей системы и обеспечивающей быструю перестройку технологии при смене объектов производства. В состав автоматической технологической системы (АТС) входят следующие модули или технологические ячейки: автоматическая обрабатывающая ячейка (АОЯ), включающая переналаживаемое технологическое оборудование, робот-манипулятор и управляющую мини-ЭВМ (рис. 4.7).

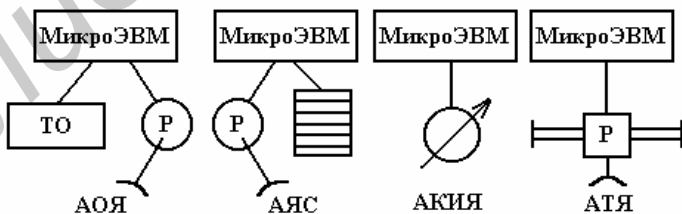


Рис. 4.7 Основные ячейки ГАП

Основными составными частями ГПС являются ГПМ и РТК.

Трудоемкость сборочно-монтажных работ составляет 40-60% общей трудоемкости изготовления РЭС, поэтому повышение производительности труда на этих операциях за счет автоматизации ТП может осуществляться путем внедрения ГПМ.

*ГПМ* - это единица технологического оборудования, автономно функционирующая с программным управлением и имеющая возможность встраивания в ГПС.

*РТК* - это совокупность единицы технологического оборудования, ПР и средств оснащения, автономно функционирующих по заданной программе.

Для организации ГПМ сборки и монтажа предъявляются следующие требования к ИЭТ:

1) наличие четко выраженного и конструктивно оформленного ключа в виде скоса, выступа, выемки и т.п. на корпусе элемента в зоне первого вывода. Нумерация остальных выводов ведется слева направо или по часовой стрелке.

2) Упаковка ИЭТ в тару, допускающую машинную обработку, например элементы 1-й и 2-й групп (неполярные ИЭТ - резисторы, конденсаторы, полярные ИЭТ- диоды, конденсаторы) с осевыми выводами должны поставляться клееными в 2-рядную липкую (бумажную) ленту. Шаг клейки S кратен 5мм. Ширина ленты 6 или 9 мм. Полярные ИЭТ клеиваются в ленту в однозначно ориентированном положении.

Элементы 3, 4 и 8-й групп (с однонаправленными выводами) клеиваются в однорядную



перфорированную ленту шириной 18мм. Шаг клейки 15мм, расстояние между выводами в 2,5 или 5мм.

ИЭТ 5,6,7, и 9-й групп (транзисторы типа КТ, ТО, ИМС) поставляются в специальных прямооточных одноручьевых технологических кассетах.

3) Конструкция ИЭТ должна обеспечивать стойкость к технологическим воздействиям:

- 3 кратной пайке без теплоотводов при 265 °С в течение не более 3с;

- виброотмывке в спирто-бензиновой смеси 1:1 с частотой 50+5 Гц и амплитудой колебаний до 1мм в течение 4 мин;

- УЗ очистке в диапазоне частот 18-22 кГц с интенсивностью 0,4-0,6 Вт/см<sup>2</sup> (амплитуда 4-6 мкм) в течение 2 мин (кроме ППП и ИМС);

- выводы должны иметь хорошую паяемость с используемым ФКСп без дополнительного подогрева в течение 12 месяцев с момента изготовления.

4) Печатные платы должны быть прямоугольными с соотношением сторон не более чем 1:2, для обеспечения их достаточной жесткости при воздействии автоматической укладочной головки.

5) Для фиксации ПП на координатном столе сборочного автомата в конструкции ПП должны быть предусмотрены базовые фиксирующие отверстия с точностью расположения не хуже 0,05мм.

6) Платы должны иметь зоны, свободные от ИЭТ для фиксации их в направляющих координатного стола, накопителях, транспортной таре. Эти зоны располагаются, как правило, вдоль длинных краев ПП

на расстоянии 5мм для бытовой, 2,5мм для специальной аппаратуры.

ГПМ установки на ПП ИМС в корпусах типа 2 предназначен для установки на ПП и при необходимости крепления на ней подгибкой двух выводов ИМС в корпусах типа 2, уложенных в технологических кассетах (рис. 4.8).

Процесс функционирования ГПМ следующий. ПП из накопителя 8 подается устройством загрузки-выгрузки к координатному столу 6 сборочного автомата и фиксируется в нем с помощью фиксирующего устройства 5. Координатный стол при этом выводится в нулевое положение. После фиксации ПП координатный стол перемещается к укладочной головке 3, которая в соответствии с заданной программой производит выбор нужного типа ИМС из накопителя (линейного 1 или роторного 4), установку ИМС выводами в отверстия ПП. При необходимости, подгибочная головка может осуществить подгибку двух выводов с целью дополнительного крепления ИМС на ПП. Для ИМС с числом выводов 14 и более в дополнительном креплении необходимости нет - ИМС держится на ПП за счет упругости выводов, вставленных в отверстия.

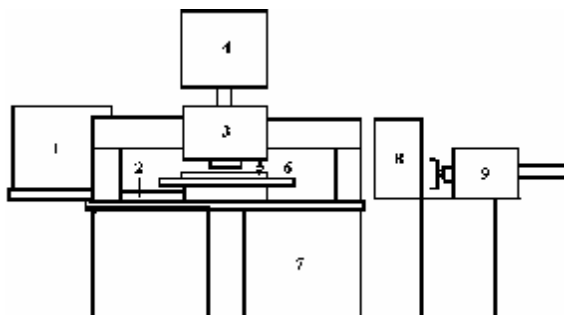


Рис. 4.8 ГПМ установки на ПП ИМС в корпусе типа 2

Технические характеристики различных моделей автоматов, приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 ГПМ установки ИМС на ПП в корпусе типа 2 (DIP)

| Параметры                   | Модель автомата          |                             |
|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
|                             | ГПМ 1.149.01<br>5 (СССР) | DIPG<br>"Dynapert"<br>(США) |
| Производительность, шт/ч    | 2500                     | 4500                        |
| Размеры рабочего поля, мм   | 260×260                  | 475×475                     |
| Емкость накопителя ПП, шт.  | 10; 20                   | 15; 90                      |
| Емкость накопителя ИМС, шт. | 900                      | 1200                        |
| Тип кассеты                 | Этажерочный              | Прямоточный                 |
| Габаритные размеры, мм      | 1400×1000                | 2450×1650                   |
| Масса, кг                   | 480                      | 650                         |

РТК пайки ПП волной припоя - предназначен для выполнения монтажных соединений на ПП способом пайки за счет автоматического выполнения операций загрузки-разгрузки, флюсования, подогрева, пайки и удаления излишков припоя. Технологическая схема и состав РТК представлены на рис. 4.9, техническая характеристика - в табл. 4.3.

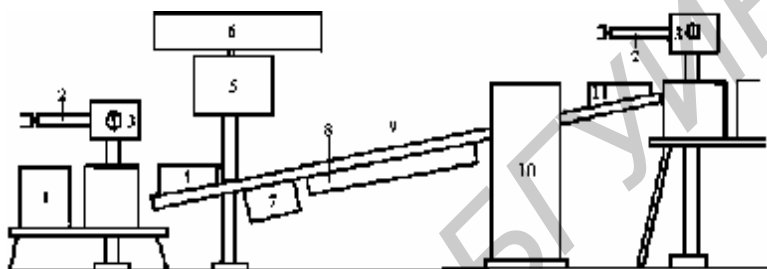


Рис. 4.9 ГПМ пайки волной припоя

Таблица 4.3 Технические характеристики РТК пайки волной

| Наименование установки         | Kirsten, Швейцария | ЛПМ-300, СССР |
|--------------------------------|--------------------|---------------|
| Ширина и высота волны, мм      | 300x20             | 300x12        |
| Скорость транспортера, м/мин   | 0.3-3.0            | 0.3-3.0       |
| Угол наклона, град.            | 0-12               | 0-12          |
| Потребляемая мощность, кВт     | 12                 | 12            |
| Тип нагнетателя припоя         | Электромагнитный   | механический  |
| Управление                     | МПУ, дисплей       | пульт         |
| Габаритные размеры в плане, мм | 3600x900x850       | 3200x1100x670 |

Печатная плата с установленными на ней ИЭТ извлекается роботом 3 из накопителя 1,

устанавливается на специальную кассету и через устройство загрузки 4 передается на транспортер 9 линии пайки. Транспортер (цепной конвейер) последовательно перемещает ПП через агрегаты линии пайки. В агрегате флюсования 7 поверхность монтажных элементов, подлежащих пайке, смачивается флюсом, подающимся в виде пены к нижней поверхности ПП. В агрегате подогрева 8 происходит испарение жидкости, используемой в качестве растворителя флюса, необходимого для предотвращения разбрызгивания расплавленного припоя при попадании на него капелек жидкого флюса с поверхности ПП, а также подогрев ПП до 75-125 °С с целью уменьшения термоудара при погружении ПП в волну расплавленного припоя (260 °С). Способ нагрева - терморadiационный.

При управлении ГПС, включающей в свой состав несколько станков, обслуживающих их средств транспортирования и загрузки и контрольно-измерительных систем, используют одну или несколько ЭВМ, объединяемых в единый комплекс. Чаще всего при управлении используется двухуровневая схема, при которой на нижнем уровне управления модулями решаются локальные задачи управления, а ЭВМ второго уровня координирует их работу, загружая в ЭВМ систем управления модулями необходимые программы (рис. 4.10).

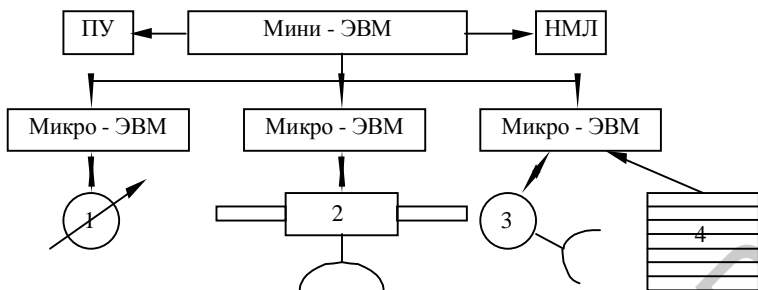


Рис. 4.10 Локальная сеть управления ГАП:

1 - автоматический тестер, 2 - транспортный робот,  
3 - робот-загрузчик, 4 - автоматический склад

Структурная схема системы управления ГПС включает исполнительный и управляющий комплексы. В исполнительный комплекс ГПС входят следующие основные системы: совокупность ячеек, номенклатура которых определяется технологией производства изделий РЭА; транспортная система, состоящая из программно-управляемых транспортных средств и автоматического склада.

Совместное функционирование элементов исполнительного комплекса ГПС обеспечивается системой управления ГПС, которая включает центральную ЭВМ, ряд ЭВМ нижнего уровня для управления ячейками, транспортной системой и автоматическим складом, аппаратуру связи, объединяющую все ЭВМ в единый комплекс, и дополнительные устройства для операторов, контролирующих работу ГПС.

Основными функциями системы управления ГПС являются:

- загрузка в ЭВМ программ для функционирования элементов исполнительской системы в соответствии с планом производства РЭА;

- синхронизация работы элементов ГПС согласно заданной технологии и календарному плану производства РЭА;

- контроль, координация и диспетчирование работы элементов ГПС в автоматическом режиме и по командам операторов ГПС.

Взаимодействие между ЭВМ нижнего уровня может обеспечиваться через центральную ЭВМ, в памяти которой содержатся все сведения о состоянии ГПС. На основе этих данных программа управления ГПС, реализуемая центральной ЭВМ, передается по линиям связи в ЭВМ нижнего уровня. Для уменьшения загрузки центральной ЭВМ вводятся связи между ЭВМ нижнего уровня, управляющими работой ячеек, транспортной и складировочной системами.

Технические характеристики микроЭВМ, имеют, как правило, ограниченный состав реализуемых операций, небольшую емкость памяти и узкую номенклатуру периферийных устройств. Управление структурой ГАП в целом осуществляется с помощью мини-ЭВМ, для которых характерны:

- 1) разнообразие форм представления данных и обработка их с высокой точностью (5-8 десятичных знаков);

- 2) широкая номенклатура операций, включающая все операции арифметики целых и действительных чисел и специальные операции;

- 3) значительная емкость оперативной памяти;
- 4) возможность подключения широкой номенклатуры внешних запоминающих устройств ввода-вывода данных.

Библиотека БГУИР



## 5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ

### 5.1 Общие требования к оснастке

*Технологическая оснастка* представляет собой дополнительные или вспомогательные устройства, предназначенные для реализации технологических возможностей оборудования или работающие автономно на рабочем месте с использованием ручного, пневматического, электромеханического и других приводов. Технологическая оснастка применяется для выполнения следующих операций:

- 1) подготовки выводов ЭРЭ к монтажу (гибка, обрезка, формовка, лужение);
- 2) подготовки проводов и кабелей к монтажу (снятие изоляции, зачистка, заделка, маркировка, вязка жгутов, лужение);
- 3) механосборки (расклепка, развальцовка, запрессовка, свинчивание и др.);
- 4) установки ЭРЭ и ИМС на печатные платы (укладка, закрепление, склеивание);
- 5) монтажных работ (пайка, сварка, накрутка, демонтаж элементов);
- 6) регулировочных и контрольных операций (подстройка параметров, визуальный и автоматический контроль) и т.д.

Разработка технологической оснастки имеет целью механизировать или автоматизировать отдельные операции технологического процесса. Выбор

технологической оснастки проводят в соответствии с ГОСТ 14.305-73 путем сравнения вариантов и определения принадлежности к стандартным системам оснастки. На этом этапе используются отраслевые стандарты: ОСТ 4ГО.054.263 – ОСТ 4ГО.054.268, научно-техническая, патентная и справочная литература.

При выборе технологической оснастки в соответствии с ГОСТ 14.305-73 ЕСТПП определяют по каталогам исходя из вида работы принадлежность конструкции к определенной системе технологической оснастки. К системам технологической оснастки относятся:

- 1) неразборная специальная оснастка (НСО);
- 2) универсально-наладочная оснастка (УНО);
- 3) сборно-разборная оснастка (СРО);
- 4) универсально-безналадочная оснастка (УБО);
- 5) специализированная наладочная оснастка (СНО).

Конструкции оснастки выбирают с учетом стандартных и типовых решений для данного вида технологической операции с учетом:

- габаритных размеров изделия;
- вида заготовки;
- характеристики материала изделия;
- точности параметров изделия;
- технологических схем базирования и фиксации изделий;
- характеристик оборудования;
- типа производства.

Выбор конструкции оснастки осуществляется путем расчета следующих технико-экономических показателей: коэффициента загрузки единицы технологической оснастки и затрат на оснащение технологической операции.

Затраты на оснащение технологической операции  $P_{но}$  рассчитывают:

- для универсально-наладочной и специализированной наладочной оснастки

$$P_{уно} = C_n + C_y P_y + A_{но} / P_o, \quad (5.1)$$

где  $C_n$  - себестоимость изготовления сменной части оснастки (наладки);  $C_y$  - затраты на установку наладки;  $P_y$  - количество установок оснастки за плановый период;  $A_{но}$  - амортизационные отчисления за постоянную часть оснастки;  $P_o$  - количество наладок, закрепленных за постоянной частью (количество оснащаемых операций);

- для универсально-сборочной оснастки

$$P_{усо} = C_{усо} P_c + C_v, \quad (5.2)$$

где  $C_{усо}$  - себестоимость сборки оснастки;  $P_c$  - количество сборок за анализируемый период;  $C_v$  - затраты за время эксплуатации при использовании оснастки с баз проката;

- для сборно-разборной оснастки

$$P_{сро} = C_n + C_{сро} + A_{сро}, \quad (5.3)$$

где  $C_n$  - себестоимость изготовления специальных элементов;  $C_{сро}$  - себестоимость сборки оснастки;

*Асро* - амортизационные отчисления за постоянную часть в анализируемый период времени;

- для универсально-безналадочной оснастки

$$P_{убо} = A_{убо} / П_k , \quad (5.4)$$

где *Аубо* - амортизационные отчисления за анализируемый период; *Пк* - количество оснащаемых операций.

Коэффициент загрузки *Кз* единицы оснастки рассчитывается по формуле

$$K_z = T_{шт.к} N / \Phi_d , \quad (5.5)$$

где *Tшт.к* - штучно-калькуляционное время выполнения технологической операции; *N* - программа выпуска; *Фд* - годовой действительный фонд рабочего времени.

При разработке новой конструкции технологической оснастки разрабатывают техническое задание в соответствии с ГОСТ 15.001-73 ЕС ТПП.

Эффективность выбора технологической оснастки определяется коэффициентом ее загрузки и затратами на оснащение технологических операций. Коэффициент загрузки единицы технологической оснастки

$$K_z = T_{шт.к} N / \Phi_o , \quad (5.6)$$

где *Tшт.к* - штучно-калькуляционное время выполнения технологической операции; *N* - программа выпуска на единицу оснастки; *Фо* - полезный фонд работы оснастки.

Затраты на оснащение технологических операций оснасткой рассчитывают по методике, изложенной в прил. 2 к ГОСТ 14.305-73.

На втором этапе осуществляется доработка конструкции рабочих узлов технологической оснастки в соответствии с размерами обрабатываемых деталей и радиоэлементов и техническими условиями на изделие. Конструкция приспособления должна быть увязана с конструкцией технологического оборудования, например, расположением стола станка, пресса, крепежных пазов на нем.

К проектированию специализированных групповых приспособлений предъявляются следующие требования:

1) приспособление должно иметь комплект сменных или регулируемых элементов (направляющие, установочные, зажимные и др.), обеспечивающих стабильность установки любой из деталей группы;

2) количество деталей, входящих в сменный комплект, должно быть минимальным;

3) переналадка приспособления должна быть простой, доступной рабочему 2-3 разряда, и проводиться не более 5-10 мин.

В настоящее время при проектировании технологических процессов все чаще применяют сложную автоматизированную технологическую оснастку с управлением от ЭВМ. При проектировании процессов с использованием технологии поверхностного монтажа большое распространение получили ручные паяльные инструменты высшего

класса фирм PACE, Coohertools (США) и ERSA (Германия). Так фирмой ERSA разработано современное технологическое оснащение - универсальный настольный комбайн IR500A для ручной пайки (рис. 5.1).

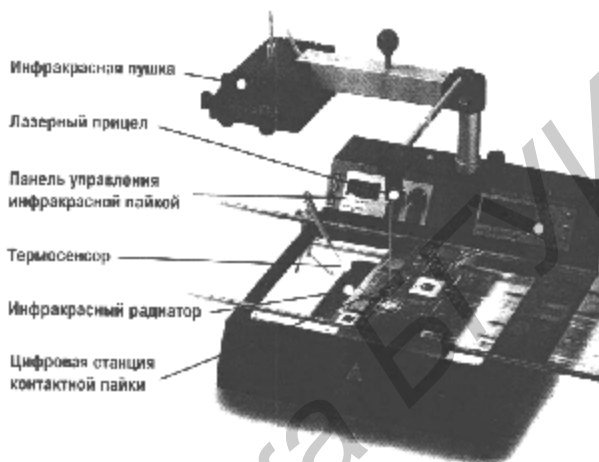


Рис. 5.1 Универсальный настольный комбайн IR500A

В состав настольного комбайна входят инструменты контактного типа с микропроцессорным регулированием температуры и инфракрасные излучатели. При работе с ним не требуется никаких сменных насадок для пайки микросхем в различных корпусах. ИК нагреватель предназначен для монтажа и демонтажа любых компонентов с линейными размерами 10-50 мм, устанавливаемых на плату как поверхностно, так и в отверстия. Монтаж и демонтаж малоразмерных компонентов выполняется контактной пайкой с помощью 4 видов паяльников, входящих в комплект устройства. Максимальная температура в зоне пайки – 450 °С.

Современное технологическое оснащение в настоящее время удобно выбирать с использованием возможностей сети Internet. Практически все крупные фирмы-производители оборудования и технологического оснащения создают сайты с подробной информацией о типах и технических характеристиках выпускаемого оборудования и оснащения. Созданы также сайты с прайс-листами электронных компонентов, оснащения и оборудования, на которых собрана информация о многих фирмах производителях, например, [www.icmicro.ru](http://www.icmicro.ru).

Сборочный чертеж технологической оснастки содержит обычно две-три проекции общего вида с соответствующими разрезами и сечениями, обеспечивающими возможность детализования. На нем указывают габаритные и присоединительные размеры, а также размеры, которые влияют на точность приспособления. К таким размерам относятся различного рода посадки. В технических требованиях приводят следующие сведения:

- характеристики совместно используемого оборудования, тип привода;
- наибольшие габаритные размеры обрабатываемых деталей;
- характер смазки трущихся деталей и др.

В графической части проекта приводят также чертежи вновь разрабатываемых и оригинальных деталей технологической оснастки. При этом в пояснительной записке дается обоснование выбора

материалов деталей, сортамента и вида обработки, степени шероховатости поверхностей, вида термической обработки, типа покрытия. Указанные сведения приводятся в технических требованиях и основной надписи на чертежах деталей. Примерная конструкция технологической оснастки приведена в приложении 21.

На завершающем этапе проектирования технологической оснастки выполняют поверочный расчет, который имеет целью определение ее работоспособности, производительности и других технических характеристик.

## 5.2 Расчет технических данных оснастки

При расчетах чаще всего определяют механические характеристики работы приспособления. Усилие, разрабатываемое винтовым механизмом, зависит от величины приложенного момента, формы рабочего торца винта и вида резьбы. Для винтов со сферическим торцом

$$F = \frac{F_{\text{прил}} L}{r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \xi_{\text{пр}})}, \quad (5.7)$$

где  $F_{\text{прил}}$  - усилие, приложенное к рукоятке винтового механизма, Н;  $L$  - длина рукоятки, м;  $r_{\text{ср}}$  - средний радиус резьбы, м;  $\alpha$  - угол подъема резьбы;  $\xi_{\text{пр}}$  - приведенные угол и радиус трения.

Угол подъема резьбы и приведенный угол трения:

$$\operatorname{tg} \alpha = S / 2\pi \cdot r_{\text{ср}} ; \quad \operatorname{tg} \xi_{\text{пр}} = f / \cos \beta , \quad (5.8)$$



где  $S$  - шаг резьбы, мм;  $f$  - коэффициент трения на плоскости;  $\beta$  - половина угла при вершине профиля резьбы, град.

Для винтов с плоским торцом

$$F = \frac{F_{\text{прпл}} L}{r_{\text{сп}} \operatorname{tg}(\alpha + \xi_{\text{пр}}) + 1/3\mu D}, \quad (5.9)$$

где  $\mu$  - коэффициент трения на торце;  $D$  - диаметр торца.

Условие самоторможения винтового механизма определяется неравенством

$$\alpha < \xi_{\text{пр}}. \quad (5.10)$$

Для резьб величина угла подъема лежит в пределах  $1,5-4^\circ$ , а приведенный угол трения изменяется в зависимости от величины коэффициента трения в пределах от  $6$  до  $16^\circ$ , условие торможения, как правило, выполняется. Для проверочных расчетов винтового механизма выбирают исходные данные в пределах:

$$F_{\text{прпл}} = 15-25 \text{ Н}; \quad L = 0,08-0,24 \text{ м}; \quad f = 0,1-0,15; \quad r_{\text{сп}} = 0,45d;$$

$$D = 0,8d; \quad \mu = 0,1; \quad \beta = 120^\circ,$$

ГДЕ  $D$  - НОМИНАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР РЕЗЬБЫ, В ММ.

КПД винтового механизма рассчитывается по формуле

$$\zeta = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \xi_{\text{пр}})}. \quad (5.11)$$

Для самотормозящихся винтовых механизмов КПД меньше  $0,5$ . Выбрав номинальный диаметр винта в

зависимости от требуемого усилия зажима  $F$ , проверяют прочность винта:

$$\sigma_p = \frac{F}{Kd^2} < \sigma_{p.don}, \quad (5.12)$$

где  $\sigma_p$  - напряжение растяжения винта, МПа;  $\sigma_{p.don}$  - допустимое напряжение растяжения материала винта, МПа;  $K$  - коэффициент, для метрической резьбы с крупным шагом - 0,5.

Для винтов с резьбами М6-М18, изготовленных из углеродистых сталей обыкновенного качества марок Ст3, Ст5, допустимое напряжение до 200 МПа, качественных сталей - до 430 МПа.

Усилие, развиваемое рычажным механизмом (рис. 5.2), определяется по формуле

$$F = F_{пруж} \frac{L_1 - rf_0}{L_2 + rf_0}, \quad (5.13)$$

где  $L_1, L_2$  - плечи рычага;  $f_0$  - коэффициент трения на оси;  $r$  - радиус оси.

В эксцентриковых механизмах применяются круговые и криволинейные эксцентрики, представляющие собой диск или валик со смещенной осью вращения относительно геометрической оси. Угол подъема кругового эксцентрика достигает максимального значения при угле поворота  $90^\circ$ . Однако, при этом возможна нестабильность усилия. В связи с этим для обеспечения незначительного изменения зажимного усилия выбирают рабочий участок профиля кругового эксцентрика в пределах  $30-45^\circ$  влево и вправо от расчетной точки контакта

детали с эксцентриком. Усилие зажима круговым эксцентриком определяют по формуле

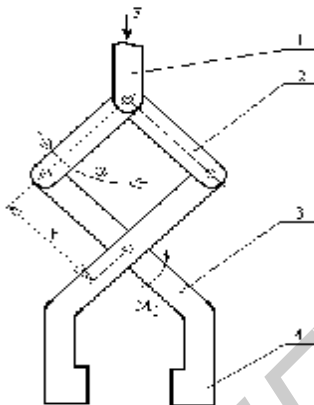


Рис. 5.2 Схема рычажного механизма

$$F = \frac{F_{\text{прил}} L_1}{L_2 [\text{tg}(\alpha + \varphi) + \text{tg}\varphi_1]}, \quad (5.14)$$

где  $F_{\text{прил}}$  - сила, приложенная к рукоятке эксцентрика (100-150 Н);  $L_1$  - плечо приложения силы, м,  $L_1 = L + 0,5D$ , где  $L$  - длина рукоятки;  $D$  - диаметр кругового эксцентрика;  $L_2$  - расстояние от оси вращения эксцентрика до точки соприкосновения с изделием, м;  $\alpha$  - угол подъема кривой эксцентрика, град;  $\varphi$  - угол трения между эксцентриком и изделием, град;  $\varphi_1$  - угол трения на оси эксцентрика, град.

Условие самоторможения кругового эксцентрика

$$D/L \geq 14, \quad (5.15)$$

ГДЕ  $L$  - ЭКСЦЕНТРИСИТЕТ (1,5-5,0 ММ).

При выполнении операций сборки неразъемных соединений путем расклепывания усилие, прикладываемое к детали, определяют таким образом:

$$F = (2,0 - 2,5) \cdot \sigma_B S, \quad (5.16)$$

где  $\sigma_B$  - предел прочности материала детали на растяжение;  $S$  - площадь приложения давления.

Для развальцовки это усилие определяется как

$$F = \sigma_B S. \quad (5.17)$$

При свободной гибке выводов радиоэлементов усилиегиба выбирается из условия

$$F_G = \frac{Ld^2}{6B} \sigma_T, \quad (5.18)$$

где  $L$  - длина линии изгиба;  $d$  - диаметр вывода;  $B$  - плечо гибки, равное  $r + 1,25d$ , где  $r$  - внутренний радиус гибки;  $\sigma_T$  - предел текучести материала выводов.

Рассчитанное усилие, необходимое для работоспособности приспособления, должно быть в 5-8 раз меньше усилия, развиваемого приводом приспособления или технологическим оборудованием. Усилие, развиваемое пневмоприводом (рис. 5.3),

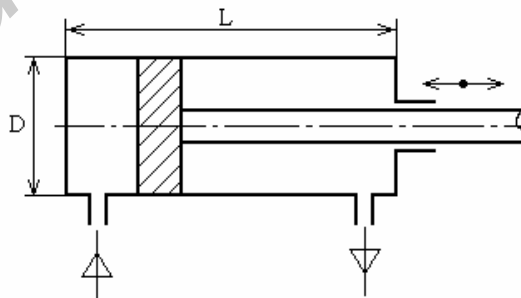


Рис. 5.3 Схема пневмопривода

$$F_{II} = \frac{\pi}{4} DPk - F_C, \quad (5.19)$$

ГДЕ D - ДИАМЕТР ПОРШНЯ ИЛИ ДИАФРАГМЫ В ПНЕВМОЦИЛИНДРЕ; P - ДАВЛЕНИЕ СЖАТОГО ВОЗДУХА; F<sub>C</sub> - УСИЛИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗВРАТНОЙ ПРУЖИНЫ В КРАЙНЕМ РАБОЧЕМ ПОЛОЖЕНИИ ПОРШНЯ; K – КОЭФФИЦИЕНТ НЕГЕРМЕТИЧНОСТИ (0,9-0,93).

Время срабатывания пневмопривода

$$t = \frac{DL}{d_0^2 v}, \quad (5.20)$$

где L - длина хода поршня, для диафрагмы L = 0,25-0,35D; d<sub>0</sub> - диаметр воздухопровода; v - скорость подачи воздуха (1500-2500 м/с).

При автоматизации процессов сборки часто возникает необходимость проектирования технологической тары, которая является организационной технологической оснасткой. При подборе типовых конструкций тары используют отраслевые каталоги. Процесс проектирования аналогичен специальной технологической оснастке. Тара должна быть по возможности универсальной и отличаться простотой изготовления из прочных и недефицитных материалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры / Под ред. А.П. Достанко, Ш.М. Чабдарова. - М.: Радио и связь, 1985. - 264 с.
2. Ханке Х.И., Фабиан Х. Технология производства радиоэлектронной аппаратуры. - М.: Энергия, 1980. - 464с.
3. Автоматизация и механизация сборки и монтажа узлов на печатных платах / Под ред. В.Г.Журавского. - М.: Радио и связь, 1988.-280 с.
4. Мэнгин Ч.-Г., Макклеланд С. Технология поверхностного монтажа. - М.: Мир, 1990. - 276 с.
5. Гибкое автоматическое производство/Под ред. С.А. Майорова, Г.В. Орловского. - Л.: Машиностроение, 1983. - 376с.
6. Волков В.А. Сборка и герметизация микроэлектронных устройств. - М.: Радио и связь, 1982. - 144с.
7. Гуськов Г.Я., Блинов Г.А., Газаров А.А. Монтаж микроэлектронной аппаратуры. - М.: Радио и связь, 1986.- 175с.
8. Павловский В.В., Васильев В.И., Гутман Т.Н. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА. - М.: Радио и связь, 1982. - 160с.
9. Промышленная робототехника /А.В. Бабич, А.Г. Баранов и др. - М.: Машиностроение, 1982. - 415с.
10. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9-ти кн./ Под ред. И.М. Макарова. - М.: Высшая школа, 1986.

11. Организационно-технологическое проектирование ГПС / Под общ. ред. С.П. Митрофанова. - Л.: Машиностроение, 1986. - 294с.
12. Гибкие производственные системы / Н.П.Меткин, М.С.Лапин и др. – М.: Издательство стандартов, 1989. - с.145-168.
13. Емельянов В.Д., Ланин В.Л., Хмыль А.А. Технология электрических соединений в производстве электронной аппаратуры. – Мн.: Бестпринт, 1997. – 112 с.
14. Ланин В.Л., Емельянов В.Д., Хмыль А.А. Проектирование и оптимизация процессов производства электронной аппаратуры. – Мн.: Бестпринт, 1998. – 195 с.
15. Емельянов В.А. Корпусирование интегральных схем. – Мн.: Полифакт, 1998. – 360 с.
16. [www.emt.ie.philips.com](http://www.emt.ie.philips.com) – оборудование для поверхностного монтажа фирмы Philips.
17. [www.imicro.ru](http://www.imicro.ru) – электронные компоненты. База прайс-листов.
18. [www.symmetron.ru](http://www.symmetron.ru) – отечественные и зарубежные электронные компоненты и оборудование для монтажа.
19. Технология поверхностного монтажа: Учеб.пособие / Кундас С.П., Достанко А.П., Ануфриев Л.П. и др. - Мн.: «Армита-Маркетинг, Менеджмент», 2000.- 350 с.
20. ТехАС. Версия 2.0. Руководство пользователя. – Гродно: МП Radius, 1997. – 136 с.

21. TECHCARD. Версия 3.5. Руководство пользователя / А.М. Куприянчик, И.М. Гинзбург, Ф.И. Печков и др. – Мн.: Репринт, 1999. – 183 с.

22. Pro/ENGINEER. Руководство по обучению основам конструирования. – USA: Parametric Technology Corporation. – 1996.- 243 с.

Библиотека БГУИР



**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Факультет:** *компьютерного проектирования*

**"У т в е р ж д а ю"**

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ **А.П.Достанко**

"\_\_" \_\_\_\_\_ **200** \_\_ г.

**З А Д А Н И Е**

**ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ**

Студенту гр. 310204 Иванову И.И.

1. Тема проекта: *Разработка технологического процесса сборки и монтажа блока ЭА*

2. Сроки сдачи студентом законченного проекта

3. Исходные данные к проекту

3.1. Сборочный чертеж блока

3.2. Технические требования к сборке и монтажу:

3.2.1 Установка навесных элементов - по ОСТ 4.010.030:

поз. ... - вариант I а, поз. ... - вариант II а, поз. ... -  
согласно чертежу.

3.2.2. Пайку элементов производить припоем

ПОС 61 ГОСТ 21931-76

3.2.3. Маркировать краской ЧМ черной ТУ29-02-859-78,  
шрифт 4-Пр3 по ГОСТ 8.020 – 80

3.2.4. Резьбовые соединения стопорить по ГОСТ 30133-95  
поз. ... вид 28, поз. ...вид 27. Эмаль ЭП-51 красная  
ГОСТ 9640-85.

3.2.5. Остальные технические требования по СТБ 1022-96

3.3. Программа выпуска изделия - ..... шт./год

3.4. Комплексный показатель технологичности - .....

4. Содержание расчетно-пояснительной записки

Введение

- 4.1. Анализ процессов и устройств для сборки и монтажа
- 4.2. Анализ технологичности конструкции изделия
- 4.3. Разработка технологической схемы сборки
- 4.4. Анализ вариантов маршрутной технологии, выбор технологического оборудования и проектирование технологического процесса
- 4.5. Проектирование участка сборки и монтажа
- 4.6. Разработка оснастки для сборочно-монтажных работ
- 4.7. Требования по технике безопасности и охране труда

Заключение

Список используемых источников

Приложение А – Распечатки результатов расчетов на ПЭВМ

Б – Спецификации к сборочным единицам

В – Технологическая документация

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и графиков)

- 5.1. Сборочный чертеж изделия *1 лист А1*
- 5.2. Технологическая схема сборки *1 лист А2*
- 5.3. Сборочный чертеж оснастки *1 лист А1*
- 5.4. Чертежи деталей оснастки *1 лист А2*

6. Консультанты по проекту (с указанием относящихся к ним разделов проекта)

7. Дата выдачи задания

8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с указанием сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов)

- 8.1. Разделы 4.1, 4.2, 5.1,
- 8.2. Разделы 4.3 ... 4.5, 5.2, 5.3,
- 8.3. Разделы 4.6, 4.7, 5.4.
- 8.4. Сдача проекта на проверку

Руководитель \_\_\_\_\_

Задание принял к исполнению (дата) “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Факультет:** *компьютерного проектирования*

"У т в е р ж д а ю"

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ А.П.Достанко

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

**З А Д А Н И Е**

**ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ**

Студенту гр. 310204 Петрову П.П.

1. Тема проекта: *Автоматизация технологического процесса сборки и  
монтажа блока ЭА*

2. Сроки сдачи студентом законченного проекта

3. Исходные данные к проекту

3.1. Сборочный чертеж блока

3.2. Технические требования к сборке и монтажу

3.3. Программа выпуска изделия - ..... шт./год

3.4. Комплексный показатель технологичности - .....

3.5. Технические характеристики автоматизированного  
технологического оснащения .....

3.6. Системы управления технологическим процессом .....

3.7. Данные о производственных и вспомогательных площадях .....

4. Содержание расчетно-пояснительной записки

Введение

4.1. Анализ средств автоматизации процессов сборки и монтажа

4.2. Анализ технологичности конструкции изделия

4.3. Разработка технологической схемы сборки

4.4. Выбор автоматизированного технологического оснащения и

системы управления технологическим процессом

4.5. Проектирование участка ГАП сборки и монтажа

4.6. Разработка нестандартного технологического оснащения

4.7. Требования по технике безопасности и охране труда

Заключение

Список используемых источников

Приложение А – Распечатки результатов расчетов на ПЭВМ

Б – Спецификации к сборочным единицам

В – Технологическая документация

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и графиков)

5.1. Сборочный чертеж изделия *1 лист А1*

5.2. Планировка участка ГАП сборки *1 лист А2*

5.3. Сборочный чертеж оснастки *1 лист А1*

5.4. Чертежи деталей оснастки *1 лист А2*

6. Консультанты по проекту (с указанием относящихся к ним разделов проекта)

7. Дата выдачи задания

8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с указанием сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов)

8.1. Разделы 4.1, 4.2, 5.1,

8.2. Разделы 4.3 ... 4.5, 5.2, 5.3

8.3. Разделы 4.6, 4.7, 5.4.

8.4. Сдача проекта на проверку

Руководитель \_\_\_\_\_

Задание принял к исполнению (дата) “\_\_” \_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Факультет:** *компьютерного проектирования*

**"У т в е р ж д а ю"**

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ А.П. Достанко

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

**З А Д А Н И Е**

**ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ**

Студенту гр. 310204 Сидорову С.С.

1. Тема проекта: *Исследование технологического процесса  
производства РЭУ*

2. Сроки сдачи студентом законченного проекта

3. Исходные данные к проекту

3.1. Технические данные изделия

3.2. Исследуемые технологические параметры процесса

3.3. Параметры, подлежащие оптимизации

3.4. Алгоритмы и программные продукты .....

4. Содержание расчетно-пояснительной записки

Введение

4.1. Аналитический обзор по данному направлению исследований

4.2. Анализ исходных данных и выбор методики исследований

4.3. Разработка технических средств для исследований

4.4. Исследования влияния технологических факторов на параметры, подлежащие оптимизации

4.5. Моделирование и оптимизация параметров исследуемого процесса

4.6. Разработка технологической инструкции на исследуемый процесс

Заключение

Список используемых источников

Приложение А – Распечатки результатов расчетов на ПЭВМ

Б – Спецификации к сборочным единицам

В – Технологическая документация

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и графиков)

5.1. Схемы и алгоритмы исследований *1 лист А1*

5.2. Графики исследований *1 лист А1*

5.3. Чертежи исследовательского оснащения *1 лист А1*

6. Консультанты по проекту (с указанием относящихся к ним разделов проекта)

7. Дата выдачи задания

8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с указанием сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов)

8.1. Разделы 4.1, 4.2, 5.1,

8.2. Разделы 4.3 ... 4.5, 5.2,

8.3. Разделы 4.6, 5.3.

8.4. Сдача проекта на проверку

Руководитель \_\_\_\_\_

Задание принял к исполнению (дата) “\_\_” \_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

Факультет: *компьютерного проектирования*

Кафедра: *электронной техники и технологии*

К защите допустить

А.В. Петров

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ**

*НА ТЕМУ:*

**Разработка технологического процесса сборки и  
монтажа  
блока ЭА**

Разработал: ст. гр. 310201

\_\_\_\_\_ И.П. Иванов

Принял:

\_\_\_\_\_ А.В. Петров

**МИНСК 2001**

Приложение 3  
Нормирование отдельных сборочно-монтажных операций

| №  | Содержание работы  | Условия работы            | Топ, мин |
|----|--|---------------------------|----------|
| 1  | 2  | 3                         | 4        |
| 1  | Установка и закрепление деталей и сборочных единиц с приспособлением при массе не более 5,0 кг | Винтовой зажим            | 0,14     |
|    |  | Пневматический зажим      | 0,08     |
| 2  | Установка контактных лепестков (на 1 лепесток)   | Развальцовка вручную      | 0,15     |
|    |  | Расклейка на прессе       | 0,13     |
| 3  | Закрепление винтами при диаметре резьбы до 6 мм и длине продвижения деталей до 15 мм           | Ручная отвертка           | 0,25     |
|    |  | Механическая отвертка     | 0,2      |
| 4  | Развальцовка втулок, осей при диаметре до 10 мм  | Молоток, подставка        | 0,27     |
|    |  | Ручной пресс              | 0,14     |
|    |  | Пневматический пресс      | 0,13     |
| 5  | Стопорение резьбовых соединений (на 1 соединение)  | Кернением                 | 0,12     |
|    |  | Стопорной шайбой          | 0,15     |
|    |  | Краской, клеем            | 0,05     |
| 6  | Проверка изделия на отсутствие дефектов при размерах плат до 400x400 мм                        | Визуальным осмотром       | 0,207    |
| 7  | Измерение линейных размеров изделия при длине до 100 мм  | Масштабная линейка        | 0,06     |
|    |  | Штангенциркуль            | 0,25     |
| 8  | Распаковка и проверка ЭРЭ (на 100 штук)  | на картоне                | 1,00     |
|    |  | на ленте                  | 0,6      |
|    |  | россыпью                  | 0,27     |
| 9  | Рихтовка выводов ЭРЭ пинцетом  | на 1 элемент с 2 выводами | 0,036    |
| 10 | Обрезка выводов бокорезами   | -"-                       | 0,066    |
| 11 | Формовка выводов ЭРЭ (картонная лента с ЭРЭ, на 1 элемент с 2 выводами)                        | на приспособлении         | 0,1      |
|    |  | на автомате               | 0,02     |
| 12 | Формовка и обрезка выводов микросхем (на 1 микросхему)   | на приспособлении         | 0,3      |
|    |  | на полуавтомате           | 0,09     |
|    |  | на автомате               | 0,04     |



продолжение прил. 3

| 1  | 2  | 3                                    | 4     |
|----|--|--------------------------------------|-------|
| 13 | Лужение выводов ЭРЭ и микросхем с предварительным флюсованием в ванне  | <i>на 1 элемент<br/>с 2 выводами</i> | 0,102 |
| 14 | Надевание изоляционных трубок 0,5-3,0 мм на выводы ЭРЭ   | <i>на 1 элемент<br/>с 2 выводами</i> | 0,14  |
| 15 | Снятие изоляции с проводов 2-6мм при длине снимаемой изоляции 10-15мм<br>( <i>на 1 провод</i> )                  | щипцами специальными                 | 0,115 |
|    |  | электрообжигалкой                    | 0,048 |
|    |  | приспособлением                      | 0,035 |
|    |  | полуавтоматом                        | 0,025 |
| 16 | Установка ЭРЭ и перемычек<br>( <i>на 1 элемент с 2 выводами</i> )  | пинцетом с подгибкой                 | 0,83  |
|    |  | без подгибки                         | 0,59  |
|    |  | полуавтоматом                        | 0,08  |
|    |  | автоматом                            | 0,064 |
| 17 | Установка микросхем на платы<br>( <i>на 1 микросхему</i> )   | вручную                              | 1,11  |
|    |  | на полуавтомате                      | 0,072 |
|    |  | на автомате                          | 0,05  |
| 18 | Установка микросхем с технологической фиксацией  | <i>на 1 микросхему</i>               | 1,27  |
| 19 | Установка вилок разъемов<br>( <i>на 1 элемент</i> )  | в монтажное отверстие                | 1,44  |
|    |  | на монтажные площадки                | 1,33  |
|    |  | с приспособлением                    | 1,2   |
| 20 | Маркировка знаков краской на деталях и платах<br>( <i>на 1 знак высотой 5 мм</i> )                               | штемпелем, валиком                   | 0,094 |
|    |  | трафаретом, кистью                   | 0,070 |
|    |  | прессом ручным                       | 0,085 |
| 21 | Пайка паяльником концов проводов, перемычек и выводов ЭРЭ с нанесением флюса<br>( <i>1 провод на 1 контакт</i> ) | места пайки в один ряд               | 0,071 |
|    |  | места пайки в разброс                | 0,087 |
| 22 | Пайка выводов ЭРЭ и микросхем на платы<br>( <i>на 1 плату</i> )  | волной припоя                        | 0,82  |
|    |  | АСП-902П                             | 0,1   |
|    |  | АДПМ                                 | 0,2   |

СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ БЛОКОВ НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

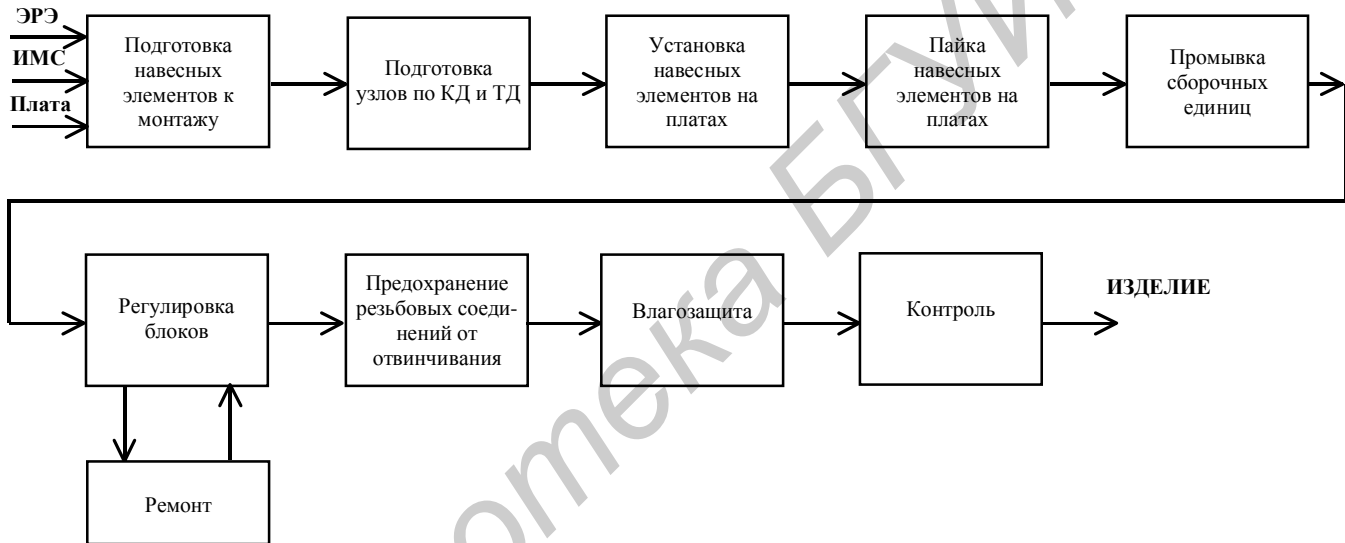
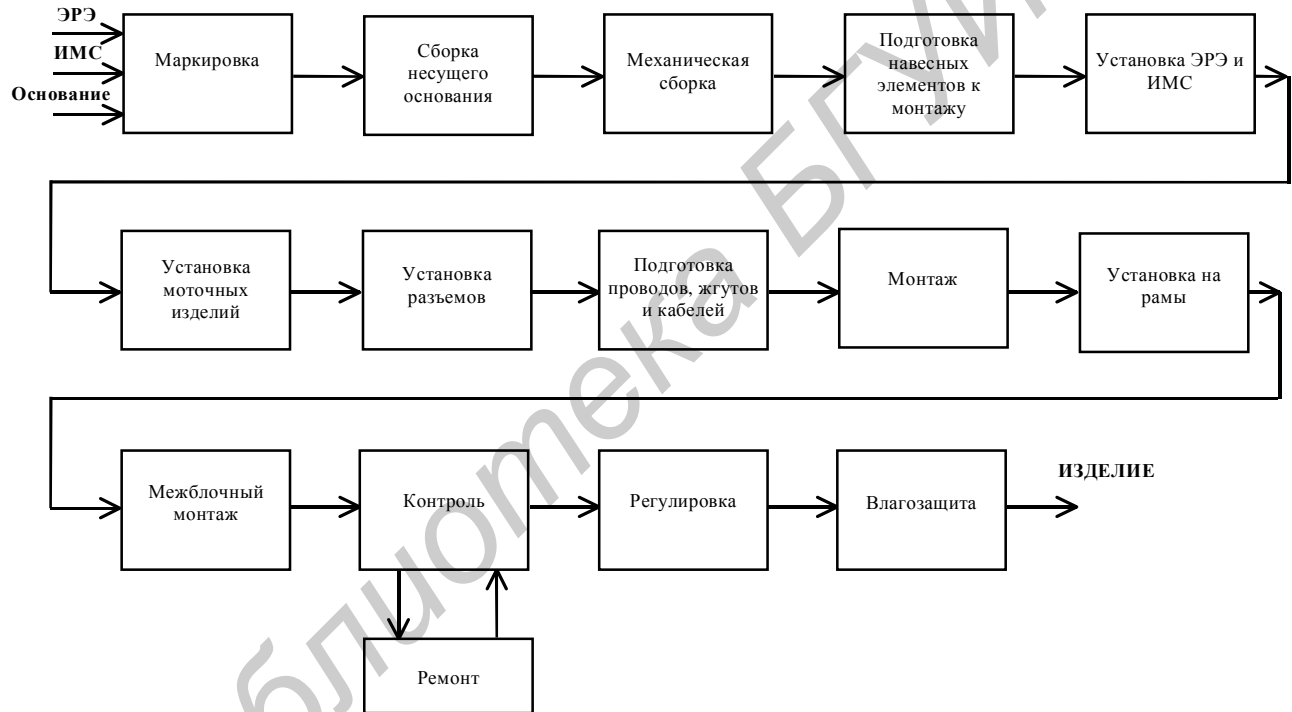


СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ СУББЛОКОВ



## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И МОНТАЖА ЭЛЕМЕНТОВ

116

| Наименование                                  | Тип условный шифр | Тип ЭРЭ, ИМС   | Производительность шт/час | Габаритные размеры |
|---|-------------------|--|---------------------------|--------------------|
| 1   | 2                 | 3  | 4                         | 5                  |
| <b>ЭРЭ С ОСЕВЫМИ ВЫВОДАМИ</b>                 |                   |  |                           |                    |
| Полуавтомат подготовки резисторов и диодов    | ГГ-2420           | Резисторы С2 (0,125-1,0),<br>Диоды 2Д503,504   | 3000                      | 600x500x800        |
| Автомат П-образной формовки выводов ЭРЭ       | ГГ-1611           | Резисторы С2 (0,125-0,5)   | 3600                      | 330x380x405        |
| Аппарат подготовки выводов (СССР)             | АВП-1             | ЭРЭ в цилиндрич. корпусе диаметром 2-4мм, длина 6-15мм, уст. размеры 10-35мм   | 9700                      | 700x400x610        |
| Полуавтомат формовки UNITRA (Польша)          | PK-R-007          | ЭРЭ с осевыми выводами и установочными размерами 5-40мм  | 5000                      | 480x230x220        |
| Полуавтомат формовки H.Streckfueck (Германия) | С-043             | ЭРЭ с осевыми выводами диаметром 2-15мм, длина 6-15мм,устан. размер 7,5-50мм   | 7000                      |                    |
| Устройство установки радиоэлементов УР-5      | ГГ-1936           | Автоматическая установка ЭРЭ с осевыми выводами на плату и подгибка выводов: резисторы типа С2-23 0,125-0,5; диоды Д9, конденсаторы КМ-3а. Мощность 200 Вт | 2500                      |                    |
| Полуавтомат укладки элементов УР-10           | ГГ-2487           | Установка ЭРЭ и ИМС на плату: резисторы типа С2-23 0,125-1,0; диоды Д9, ИМС - 201.14-1. Мах размер печатной платы 250x160x3. Мощность 180 Вт.              | 4800 (ИМС)<br>3600 (ЭРЭ)  | 1100x730x1370      |

Продолжение прил. 6

| 1   | 2                 | 3   | 4    | 5             |
|---|-------------------|---|------|---------------|
| <b>ЭРЭС ОДНОНАПРАВЛЕННЫМИ ВЫВОДАМИ</b>              |                   |   |      |               |
| Полуавтомат подготовки диодов                       | ДМВМ<br>2.241.006 | Диоды Д223, П-образная формовка в установочный размер 20,0 мм                   | 4500 | 900x850x900   |
| Полуавтомат рихтовки и обрезки выводов транзисторов | ГГ-2293           | МП42, МП416, ГТ309  | 300  | 295x215x275   |
| Автомат подготовки транзисторов                     | ДМВМ<br>2.241.009 | Транзисторы КТ 315, установочный размер 2,5 мм                                  | 1500 | 700x450x1200  |
| Полуавтомат подготовки ИМС                          | ГГ-2125           | Корпуса типа 301.12-1;301.8-1   | 300  | 335x300x305   |
| Автомат формовки выводов микросхем                  | ГГ-2629           | Корпуса 101 МС 14-1, 401, 403   | 1200 | 900x400x1500  |
| Автомат формовки (СССР)                             | АФЗ-1             | Транзисторы КТ1-КТ26,<br>Конденсаторы К-10-7В, КМ-5<br>с устан. размером 5-30мм | 6000 | 800x500x600   |
| Полуавтомат формовки UNITRA (Польша)                | РК-Р-042          | Конденсаторы КЕ1-КТ12, КМ5<br>с устан размером 5-30мм                           | 2000 | 360x470x400   |
| Автомат комплексной подготовки микросхем            | АКПМ-020          | ИМС типа 401.14. Формовка, лужение, напрессовка                                 | 900  | 1650x640x1450 |

| 1   | 2                 | 3  | 4    | 5             |
|---|-------------------|--|------|---------------|
| Полуавтомат подготовки конденсаторов      | ДМВМ<br>2.241.005 | К10-78 с размером корпуса от 4x4 до 12x12мм, формовка с “зигзагом” в установочный размер 5,0мм | 1500 | 800x800x900   |
| Автомат комплексной подготовки резисторов | АКПР-2            | ЭРЭ с осевыми выводами. Рихтовка, обрезка, формовка, лужение                                   |      |               |
| <b>УСТАНОВКИ ЛУЖЕНИЯ</b>                  |                   |  |      |               |
| Установка лужения ИМС                     | ГГ-2630           | ИМС типа 401.14  | 1200 | 1200x400x1400 |
| Автомат лужения микросхем                 | АЛМ-1             | ИМС типов 429.42, 402.16, 405.24, 244.46   | 600  | 920x700x1500  |
| Автомат лужения ЭРЭ с осевыми выводами    | ДМВМ<br>2.241.003 | Резисторы типа С2, конденсаторы МБМ и др.  | 3500 | 800x550x1300  |

## 1. Светомонтажные столы

|  |          |  |           |           |
|--|----------|--|-----------|-----------|
| Светомонтажный стол                              | УПСР-904 | ЭРЭ из 60 ячеек на плату 300x200<br>слайдопроектор             | 500...600 | 1260x760  |
| Стол программной сборки                          | ТРЕК     | ЭРЭ из 80 ячеек на плату 410x410                               | 500...600 | 2800x2100 |
| Полуавтомат Logpoint (Universal Instruments США) | 6235     | ЭРЭ из 120...280 ячеек на плату 280x200.<br>Микропроцессор Z80 | 1000      | 1400x850  |
| Светомонтажный стол                              | ТС-1400  | ИМС из 30 ячеек на плату 410x250.<br>МикроЭВМ “Электроника 60” | 500       | 1760x600  |

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПАЙКИ И ОЧИСТКИ

| Наименование,<br>тип  | Технические<br>характеристики   | Скорость<br>конвейера,<br>м/мин | Габаритные<br>размеры, мм |
|---|---|---------------------------------|---------------------------|
| 1   | 2   | 2                               | 3                         |
| Автомат пайки<br>микросхем АРПМ<br>(СССР)                   | Микросхемы в корпусе 401.14, 50 шт в кассете, 30<br>кассет<br>Производительность – 400 шт/ч   | -                               | 1400x850x1020             |
| Автомат сборки плат<br>АСП 901                              | Установка и пайка ИМС в корпусе 401.14-3,4 на<br>платы групповым паяльником.<br>Производительность – до 800 шт/ч<br>Емкость накопителя – 1500 шт<br>Сжатый воздух из пневмосети 0,5-0,6 МПа<br>Микропроцессорное управление МПУ-901 | -                               | 1380x830x1300             |
| Линия пайки<br>механизированная<br>ЛПМ-300 (СССР)           | Пайка плат волной припоя с шириной до 300 мм.<br>Механический нагнетатель припоя, пенное<br>флюсование. Масса припоя – 180 кг<br>Потребляемая мощность – до 12 кВт  | 0,3-3,0                         | 3200x1100x670             |
| Установка пайки<br>Astra-300<br>Hollis Engineering<br>(США) | Пайка плат широкой волной припоя (до 400 мм).<br>Воздушный нож для удаления излишков припоя,<br>микропроцессорное управление. Масса припоя –<br>188 кг  | 0,5-5,0                         | 3600x1067x1620            |
| 1   | 2   | 2                               | 3                         |

|   |   |          |                        |
|---|---|----------|------------------------|
|   |   |          | продолжение<br>прил. 7 |
| Установка пайки<br>6TF/160<br>Kirsten (Швейцария)       | Пайка плат шириной до 160 мм.<br>Электромагнитный нагнетатель припоя.<br>Настольное исполнение. Масса припоя – 15 кг                    | 0,3-3,0  | 2300x680x560           |
| Установка пайки<br>Econopak-229<br>Electrovert (Канада) | Пайка обычных и чиповых элементов двойной<br>волной припоя шириной до 380 мм.<br>Микропроцессорное управление. Масса припоя –<br>310 кг | 0,3-3,0  | 4267x1700x1910         |
| Линия промывки<br>плат ЛПП-901                          | Групповая 4-х стадийная отмывка плат в<br>растворителях. Мощность – 30 кВт.   | 0,15-1,2 | 3200x900x1400          |
| Линия промывки<br>плат Aquarak                          | Многостадийная отмывка плат после пайки.<br>Число ванн – 2-5. Мощность – 24 кВт.  | 2-6      | 5000x600x1100          |



Приложение 8

Приспособления для сборки, монтажа и контроля

| Наименование, тип   | Назначение  | Производительность, шт/час | Габаритные размеры, мм |
|---|---|----------------------------|------------------------|
| Подставка для сборки блоков ГГ 7879-4123                                      | Для крепления блоков при монтажно-сборочных работах                     | -                          | 690x550x340            |
| Приспособление для визуального контроля ГГ 63669/012                          | Визуальный контроль качества сборки при увеличении x2,5                 | -                          | 300x200x250            |
| Приспособление для формовки выводов ЭРЭ ГГ 1499-4003                          | Формовка выводов ЭРЭ с цилиндрической формой корпуса и осевыми выводами | 800                        | 255x305x295            |
| Приспособление для формовки выводов конденсаторов ГГ 1420-4023                | Формовка выводов конденсаторов типа КМ, К10-17                          | 350                        | 195x500x450            |
| Приспособление для формовки выводов ИМС ГГ 1490-4087                          | Формовка выводов микросхем в плоских корпусах                           | 300                        | 200x140x750            |
| Паяльник электрический с 595.00.00  | Предназначен для пайки монтажных соединений. Контроль температуры       | -                          | 240, диаметр 18        |
| Паяльник электрический с автоматической стабилизацией температуры ПВНРС 65-36 | Пайка монтажных соединений, температура стержня от 200 до 390 °С        | -                          | 290, диаметр 26        |
| Паяльник электрический с подачей припоя ЗЯ 0838-0011                          | Пайка трубчатым или проволочным припоем                                 | -                          | 224x18x50              |

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

| Наименование, тип                            | Назначение   | Технические характеристики  |
|--|--|---|
| 1  | 2  | 3   |
| Установка трафаретной печати 903.001/903.002 | Ручное нанесение паяльной пасты через металлические шаблоны ракелем  | Рабочее поле<br>903.001 – 160x100 мм<br>903.002 – 360x235 мм  |
| Полуавтомат трафаретной печати SP-20         | Нанесение паяльной пасты в полуавтоматическом режиме с высокой точностью и возможностью подключения вакуума. Ручная загрузка-выгрузка плат   | Рабочее поле - 406x356 мм<br>Повторяемость совмещения трафарета с рисунком платы ±13 мкм<br>Скорость ракеля – 38-152 мм/с     |
| Полуавтомат трафаретной печати SPM           | Нанесение паяльной пасты в полуавтоматическом режиме. Встроенная микропроцессорная система управления, система технического зрения с монитором. Автоматическое совмещение трафарета с рисунком платы | Габариты платы – до 521x470 мм<br>Повторяемость совмещения ±12,5 мкм<br>Скорость ракеля 9,5-127 мм/с                          |
| Автомат трафаретной печати Ulmpaprint 2000   | Нанесение паяльной пасты в автоматическом режиме. Автоматическое управление от компьютера, загрузка и выгрузка плат, совмещение, контроль качества. Память на 200 программ                           | Габариты платы – до 508x406 мм<br>2-х или 3-х мерный оптический контроль нанесенной пасты.<br>Скорость ракеля – 6,35-127 мм/с |

| 1  | 2   | 3  |
|--|---|--|
| <p>Манипулятор<br/>LM900<br/>(<i>Philips, Holland</i>)</p>   | <p>Ручная установка компонентов на платы с помощью вакуумного пинцета, перемещаемого по осям x/y/z</p>  | <p>Производительность – до 300 шт/ч<br/>Питатели – россыпью, ленты, кассеты<br/>Компоненты – от чип до микросхемы PLCC</p>   |
| <p>Манипулятор<br/>LM901<br/>(<i>Philips, Holland</i>)<br/>Полуавтомат<br/>SM902<br/>(<i>Philips, Holland</i>)</p> | <p>Ручная установка компонентов на платы, встроенная система автоматического включения вакуума при захвате и установке<br/>Установка компонентов по программе от ПЭВМ с 2-х координатным механизмом наведения головки на рабочую позицию.<br/>Быстрая переналадка при смене платы</p> | <p>Производительность – до 600 шт/ч<br/>Питатели – россыпью, ленты, кассеты<br/>Количество типономеров – до 1500<br/>Производительность – до 900 шт/ч<br/>Количество типономеров – до 1500</p> |
| <p>M<sub>A</sub>(NM-2521B)<br/>(<i>Panasonic, Japan</i>)</p>   | <p>Полуавтоматическая установка компонентов на платы. Поворот компонентов через 45°, подача клея</p>  | <p>Производительность – 1,5-2,4 шт/ч<br/>Количество типономеров – до 32<br/>Габариты платы – до 330x250 мм<br/>Компоненты – SOT-23, SOT-89, SO-14</p>  |
| <p>C<sub>x</sub>-4040<br/>(<i>TDK, Japan</i>)</p>  | <p>Полуавтоматическая установка компонентов на платы. Техническое зрение с 2-мя камерами</p>  | <p>Производительность – 1,44 шт/ч<br/>Количество типономеров – до 40<br/>Габариты платы – до 457x356 мм<br/>Компоненты – PLCC, LCC, SOP, QFP</p>   |

| 1   | 2   | 3  |
|---|---|--|
| <p>Автомат<br/>ECM96<br/>(<i>Philips, Holland</i>)</p>        | <p>Автоматическая установка компонентов с шагом до 0,5 мм и возможностью гибкой переналадки и управлением от ПЭВМ</p> | <p>Производительность – до 3500 шт/ч<br/>Питатели – ленты, кассеты, матричные поддоны<br/>Компоненты – от чип 1,0x0,5 мм до микросхем PLCC 40,0x40,0 мм<br/>Габариты платы – до 450x400 мм</p> |
| <p>M<sub>T-D</sub>(NM-2501)<br/>(<i>Panasonic, Japan</i>)</p> | <p>Автоматическая установка компонентов с возможностью гибкой переналадки и управлением от ПЭВМ</p>                   | <p>Производительность – до 10000 шт/ч<br/>Компоненты – чип, SOT-23, SOT-89<br/>Количество типономеров – до 48<br/>Габариты платы – до 380x210 мм</p>   |
| <p>HS180<br/>(<i>Siemens, Germany</i>)</p>                    | <p>Автоматическая установка компонентов с возможностью гибкой переналадки и управлением от ПЭВМ</p>                   | <p>Производительность – до 12000 шт/ч<br/>Компоненты – чип, ИМС<br/>Габариты платы – до 450x450 мм</p>   |
| <p>MCMIII<br/>(<i>Philips, Holland</i>)</p>                   | <p>Автоматическая установка компонентов.<br/>Программирование движений механической оснастки от ПЭВМ</p>              | <p>Производительность – до 46000 шт/ч<br/>Компоненты – чип<br/>Количество типономеров – до 36<br/>Габариты платы – до 320x120 мм</p>   |
| <p>MCMIV<br/>(<i>Philips, Holland</i>)</p>                    | <p>Автоматическая установка компонентов.<br/>Система технического зрения</p>  | <p>Производительность – до 30000 шт/ч<br/>Компоненты – чип<br/>Количество типономеров – до 32<br/>Габариты платы – до 320x120 мм</p>   |

| 1   | 2  | 3  |
|---|--|--|
| Автомат<br>GEM Sapphire<br>(Philips, Holland)   | Быстродействующий автомат на GEM платформе с 2-мя блоками по 12 головок в каждом и видеопроцессором  | Производительность – до 25000 шт/ч<br>Компоненты – от чип (SOT, SOD, MELF, SOP, QFP) до микросхем PLCC 25,0x25,0 мм            |
| Установка пайки двойной волной Esonopak I SMT   | Пайка двойной волной припоя типа «лямбда» или «омега» с цифровым управлением и индикацией. Пригодна и для обычных компонентов. Содержит пенный флюсователь с двойным аэратором и встроенным компрессором | Габариты платы – до 457x407 мм<br>Регулировка высоты волны и автоматическое ее включение<br>Скорость конвейера – 0,3-3,0 м/мин |
| Печь конвекционного оплавления OmniFlo 5, 7, 10 | Групповая пайка компонентов в крупносерийном производстве путем ИК нагрева и подачи инертного газа, компьютерное управление  | Скорость конвейера – до 1,78 м/мин<br>5, 7 или 10 зон нагрева  |
| Система отмывки SK 300, 500                     | Групповая отмывка плат в растворителе по программе, ополаскивание до 5 раз, сушка горячим воздухом   | Размер плат – до 500x500 мм<br>Производительность – до 100 плат/ч  |
| Система отмывки ICOM 8000L                      | Групповая 3-х стадийная отмывка плат в растворителях до уровня не более 0,3 мг/см <sup>3</sup> NaCl эквивалента. Управление от ПЭВМ, самодиагностика   | Размер плат – до 500x400 мм<br>Производительность – до 150 плат/ч  |

Приложение 10  
 ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
 ДОКУМЕНТАЦИИ

|   |                  |   |                  |
|---|------------------|---|------------------|
|   | КПКП.01188.00002 | 1 |                  |
| БГУИР   | КПКП.941342.100  |   | КПКП.01188.00005 |
| Акустоэлектронное устройство терапии  |                  |   | О                |
| <p><b>Министерство образования Республики Беларусь</b><br/>                 Белорусский государственный университет<br/>                 информатики и радиоэлектроники</p> <p style="text-align: right;">Утверждаю<br/>                 зав.кафедрой ЭТТ<br/>                 _____ /А.П. Достанко/<br/>                 " ____ " _____ 2001г.</p> <p style="text-align: center; margin-top: 40px;"><b>Комплект документов<br/>                 на технологический процесс<br/>                 сборки и монтажа</b></p> <p style="text-align: right; margin-top: 40px;">Разработал:<br/>                 студент гр. _____<br/>                 _____</p> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;">Проверил:<br/>                 _____ /<br/>                 " ____ " _____ 200_г.</p> |                  |   |                  |
| ТЛ  |                  |   |                  |

## Классификация технологических операций

| Код операции                      | Наименование операции            | Код операции | Наименование операции    |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------------------|
| 1                                 | 2                                | 3            | 4                        |
| Операции общего назначения (0100) |                                  |              |                          |
| 0101                              | разметка                         | 0130         | очистка                  |
| 0102                              | нарезка                          | 0135         | очистка УЗ               |
| 0103                              | нагрев                           | 0150         | травление                |
| 0104                              | раскрой                          | 0160         | пропитка                 |
| 0108                              | слесарная                        | 0168         | подготовка               |
| 0109                              | зачистка                         |              | (оборудования,           |
| 0125                              | промывка                         |              | оснастки и т.д.)         |
| 0126                              | промывка водой                   | 0170         | сушка                    |
| 0127                              | промывка<br>растворителем        |              |                          |
| Технический контроль              |                                  |              |                          |
| 0200                              | контроль                         | 0320         | контроль                 |
| 0310                              | контроль<br>механических величин |              | электрических<br>величин |
| Перемещение (0400)                |                                  |              |                          |
| 0401                              | транспортирование                | 0406         | разгрузка                |
| 0405                              | загрузка                         | 0440         | складирование            |
| Пайка (8000)                      |                                  |              |                          |
| 8011                              | тепловым контактом               | 8018         | волной припоя            |
| 8013                              | индукционная                     | 8019         | погружение               |
| Электромонтаж (8500)              |                                  |              |                          |
| 8501                              | регулировка,<br>настройка        | 8535         | намотка, перемотка       |
| 8504                              | разделка провода                 | 8536         | каркасная намотка        |
| 8531                              | формовка выводов                 | 8537         | Бескаркасная намотка     |
| Сборка (8800)                     |                                  |              |                          |
| 8801                              | базирование                      | 8870         | сборка и монтаж          |
| 8821                              | стопорение                       |              | электронной техники      |
| 8823                              | запрессовка                      | 8871         | сборка корпуса           |
| 8831                              | свинчивание                      | 8876         | монтаж плат на           |
| 8841                              | клепка                           |              | основание                |
| 8842                              | развальцовка                     | 8879         | загрузка кассет          |
| 8863                              | сборочно-монтажная               |              | комплектующими           |
| 8866                              | приклеивание                     |              | изделиями                |

продолжение прил. 11

| 1             | 2                   | 3    | 4              |
|---------------|---------------------|------|----------------|
| Сварка (9000) |                     |      |                |
| 9003          | термокомпрессионная | 9026 | лазерная       |
| 9010          | контактная          | 9030 | дуговая        |
| 9011          | точечная            | 9080 | ультразвуковая |
| 9012          | шовная              | 9090 | холодная       |

Приложение 12

Коды условий и степени механизации труда

| Код | Наименование условий труда (УТ) |
|-----|---------------------------------|
| 1   | Нормальные                      |
| 2   | Тяжелые и вредные               |
| 3   | Особо тяжелые и особо вредные   |

| Код | Определение степени механизации труда (СМ)  |
|-----|---|
| 1   | Рабочие, выполняющие работу на автоматах, автоматизированных агрегатах, установках, аппаратах |
| 2   | Рабочие, выполняющие работу при помощи машин и механизмов                                     |
| 3   | Рабочие, выполняющие работу вручную при машинах и механизмах                                  |
| 4   | Рабочие, выполняющие работу вручную не при машинах и механизмах                               |
| 5   | Рабочие, выполняющие работу вручную по наладке и ремонту машин и механизмов                   |



## Классификация профессий рабочих и служащих

| Код профессии | Наименование профессии  |
|---------------|---|
| 1             | 2   |
| 10021         | Автоматчик  |
| 10226         | Аппаратчик диффузии   |
| 11410         | Варщик электроизоляционных лаков  |
| 11735         | Гравер  |
| 11768         | Грузчик   |
| 12001         | Заготовщик  |
| 12312         | Изготовитель жгутов   |
| 12460         | Изготовитель трафаретов, шкал и плат                                    |
| 12837         | Комплектовщик   |
| 12920         | Контролер   |
| 13301         | Лаборант по ультразвуковой технике                                      |
| 13399         | Литейщик пластмасс  |
| 13460         | Маркировщик   |
| 14544         | Монтажник   |
| 14618         | Монтажник радиоэлектронной аппаратуры и приборов                        |
| 14989         | Наладчик станков  |
| 15023         | Намотчик катушек  |
| 15029         | Намотчик катушек трансформаторов  |
| 15483         | Оператор автоматических линий подготовки и пайки ЭРЭ на печатных платах |
| 15511         | Оператор вакуумно-напылительных процессов                               |
| 15582         | Оператор диффузионных процессов   |
| 15707         | Оператор микросварки  |
| 16081         | Оператор технологических установок                                      |
| 16107         | Оператор ультразвуковых установок                                       |
| 16456         | Паяльщик  |
| 17861         | Регулировщик РЭА и приборов   |
| 18165         | Сборщик изделий из пластмасс  |
| 18193         | Сборщик микросхем   |
| 18249         | Сборщик радиодеталей  |
| 18279         | Сборщик трансформаторов   |
| 18316         | Сборщик электроизмерительных приборов                                   |
| 18350         | Сварщик термитной сварки  |
| 18466         | Слесарь механосборочных работ   |
| 18569         | Слесарь сборщик РЭА и приборов  |

| 1     | 2                              |
|-------|--------------------------------|
| 18596 | Слесарь электромонтажник       |
| 18809 | Станочник широкого профиля     |
| 18874 | Столяр                         |
| 19149 | Токарь                         |
| 19479 | Фрезеровщик                    |
| 19630 | Шлифовщик                      |
| 19700 | Штамповщик                     |
| 19756 | Электрогазосварщик             |
| 19798 | Электромонтажник               |
| 19975 | Юстировщик оптических приборов |
| 20290 | Ведущий научный сотрудник      |
| 20780 | Главный конструктор            |
| 21037 | Главный технолог               |
| 21296 | Декан                          |
| 21629 | Диспетчер                      |
| 21795 | Доцент                         |
| 22177 | Инженер                        |
| 22211 | Инженер-конструктор            |
| 22493 | Инженер-технолог               |
| 23187 | Мастер                         |
| 24456 | Профессор кафедры              |
| 24940 | Техник                         |
| 25062 | Технолог                       |
| 25351 | Экономист                      |
| 25401 | Электрик участка               |

Приложение 14  
ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ МАРШРУТНОЙ КАРТЫ

|                                      |   |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
|--------------------------------------|---|-----------------|----|------|---|---|----|----|--------|------|-----|---|--|
|                                      |   |                 |    |      | КПКП.01188.00001                          |   |    |    | 5      |      | 1   |   |  |
| БГУИР                                |   | КПКП.941342.100 |    |      |   | КПКП.10188.00002                        |    |    |        |      |     |   |  |
| Акустоэлектронное устройство терапии |   |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     | 0 |  |
| В                                    | Цех   | Уч              | РМ | Опер | Код, наименование операции                |   |    |    |        |      |     |   |  |
| Г                                    | Обозначение документа   |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| Д                                    | Код оборудования  |                 |    |      | Наименование, модель оборудования         |   |    |    |        |      |     |   |  |
| Е                                    | СМ  | Проф            | Р  | УТ   | КР  | КОИД                                    | ЕН | ОП | Кшт    | Тпз  | Тшт |   |  |
| Л/М                                  | Наименование детали, сб. Единицы или материала                    |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| НМ                                   | Обозначение, код  |                 |    |      | ОГП                                       | ЕВ                                      | ЕН | КИ | Н.расх |      |     |   |  |
| 01                                   |   |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| В02                                  |   |                 |    |      | 005                                       | 0168 Подготовка конденсаторов к монтажу |    |    |        |      |     |   |  |
| Г03                                  | КПКП.60188.01242,   |                 |    |      | ИОТ 1846-98                               |   |    |    |        |      |     |   |  |
| Д04                                  |   |                 |    |      | Полуавтомат для формовки выводов ЭРЭ      |   |    |    |        |      |     |   |  |
| 05                                   |   |                 |    |      | ДМВМ2.241.005                             |   |    |    |        |      |     |   |  |
| Е06                                  | 18249   | 3               |    | 1    |   | 1                                       |    | 1  | 15     | 0.74 |     |   |  |
| О07                                  | 1. Извлечь кассету с ЭРЭ из тары и загрузить в кассетоноситель    |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| 08                                   | Полуавтомата  |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| 09                                   |   |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| О10                                  | 2. Формовать и обрезать выводы ЭРЭ в автоматическом режиме        |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| О11                                  | 3. Извлечь кассету с ЭРЭ с отформованными выводами из             |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| 12                                   | кассетоносителя полуавтомата.                                     |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| О13                                  | 4. Проверить выборочно качество формовки и обрезки выводов ЭРЭ    |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| О14                                  | 5. Уложить кассету с ЭРЭ в тару                                   |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| Т15                                  | Тара 1-6  |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| 16                                   |   |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| 17                                   |   |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| В18                                  |   |                 |    |      | 010                                       | 8841 Механосборочная                    |    |    |        |      |     |   |  |
| 19                                   |   |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| Г20                                  | КПКП.60188.01243  |                 |    |      | ИОТ 1857-98                               |   |    |    |        |      |     |   |  |
| Д21                                  |   |                 |    |      | Стол монтажный СМ-3 ГОСТ 3.1192-72        |   |    |    |        |      |     |   |  |
| Е22                                  | 14562   | 3               |    | 1    |   | 1                                       |    | 1  | 10     | 0.58 |     |   |  |
| О23                                  | 1. Извлечь печатную плату из тары и установить на ловители прессы |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| Т24                                  |   |                 |    |      | БМ 769-1358 Пневмопресс для расклепывания |   |    |    |        |      |     |   |  |
| О25                                  | 2. Извлечь заклепку из тары, совместить отверстия в ручках        |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| 26                                   | и плате, вставить заклепки в отверстия                            |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| О27                                  | 3. Расклепать заклепки на приспособлении                          |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| О28                                  | 4. Повторить переходы 2, 3 для всех ручек                         |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| О29                                  | 5. Снять планку с приспособления, проверить качество соединений   |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| 30                                   | визуальным осмотром, уложить в тару                               |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
| 31                                   |   |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |
|                                      |   |                 |    |      | Разраб.                                   | Иванов И.И.                             |    |    |        |      |     |   |  |
|                                      |   |                 |    |      | Проверил                                  | Петров В.Л.                             |    |    |        |      |     |   |  |
|                                      |   |                 |    |      | Нач.бюро                                  |   |    |    |        |      |     |   |  |
|                                      |   |                 |    |      | Согл.БМН                                  |   |    |    |        |      |     |   |  |
|                                      |   |                 |    |      | Н.контр.                                  | Сидоров Н.С.                            |    |    |        |      |     |   |  |
| МК                                   |   |                 |    |      |   |   |    |    |        |      |     |   |  |

Приложение 15  
ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНСТРУКЦИИ

|   |                 |          |       |                   |              |   |   |
|---|-----------------|----------|-------|-------------------|--------------|---|---|
|   |                 |          |       | КПКП.01103.00002  |              | 3 | 1 |
| БГУИР   | КПКП.941342.100 |          |       | КПКП. 25103.00003 |              |   |   |
| Акустоэлектронное устройство терапии  |                 |          |       |                   |              | 0 |   |
| <p style="text-align: center;">Настоящая инструкция предназначена для настройки акустоэлектронного устройства при помощи установки измерительной терапии АУТ-1М комплексной К2-43</p> <p style="text-align: center;"><b>1 ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ИНСТРУМЕНТ</b></p> <p>При проведении измерений используются следующие виды оборудования, приспособлений и инструмента:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Установка измерительная комплексная К2-43</li> <li>1.2 Акустоэлектронное устройство терапии АУТ-1М</li> <li>1.3 Паяльник электрический ПВНРС 65-36</li> <li>1.4 Отвертка монтажная ГОСТ 17199-71</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>2 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Подготовка рабочего места</li> <li>2.2 Организация трудового процесса</li> <li>2.3 Проведение настройки</li> <li>2.4 Контроль качества настройки</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>3 ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1 Подготовка рабочего места согласно инструкции ДПКП.941342.001 ТИ</li> <li>3.2 Отрегулировать высоту сидения и спинки стула для удобства работы</li> <li>3.3 Расположить на рабочем месте материалы, полуфабрикаты, оснастку согласно планировки рабочего места</li> <li>3.4 Проверить записи в сопроводительном листе, убедиться в наличии штампа контролера отдела технического контроля. При обнаружении несоответствия сообщить мастеру или технологу, партию в работу не принимать</li> <li>3.5 Вставить вилку электропитания установки комплексной К2-43 в розетку</li> <li>3.6 Включить установку комплексную К2-43 в сеть тумблером, расположенным на передней панели установки, при этом должны загореться красная</li> </ol> |                 |          |       |                   |              |   |   |
|   |                 |          |       | Разраб.           | Иванов И.И.  |   |   |
|   |                 |          |       | Проверил          | Петров В.Л.  |   |   |
|   |                 |          |       | Нач.бюро          |              |   |   |
|   |                 |          |       | Согл.БМН          |              |   |   |
| Изм   | Лист            | № докум. | Подп. | Н.контр.          | Сидоров Н.С. |   |   |
| ТИ  |                 |          |       |                   |              |   |   |

Приложение 16  
ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ КОМПЛЕКТОВОЧНОЙ КАРТЫ

|                  |                             |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
|------------------|-----------------------------|--|------------------|-------|----------------------------|--------------|----------|------------------|---|
|                  |                             |  |                  |       | КПКП.01188.00003           |              |          | 3                | 1 |
| КПКП.401343.001  |                             |  |                  |       | -                          |              |          | КПКП.30188.00177 |   |
| Блок интегратора |                             |  |                  |       |                            |              |          |                  | 0 |
| В                | Цех                         | Уч.  | РМ               | Опер. | Код, наименование операции |              |          |                  |   |
| Л/М              | Поз.                        | Наименование детали, сб. единицы или материала |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| Н/М              | Обозначение                 |  |                  | ОПП   | ЕВ                         | ЕН           | КИ       | Н. расх.         |   |
| Я                |                             |  |                  |       | Раз. п.                    | Общ. п.      | Такт. п. |                  |   |
| C01              | Плата                       |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 02               | БГУИ.ХХХХХХ.ХХХ             |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| V03              | 110                         | 005  | (8863) Сборочная |       |                            |              |          |                  |   |
| K04              | 1                           | Плата  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 05               | БГУИ.ХХХХХХ.ХХХ             |  |                  | 26    | ХХХ                        | 1            | 1        |                  |   |
| 06               | 3                           | Кронштейн                                      |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 07               | БГУИ.ХХХХХХ.ХХХ             |  |                  | 26    | ХХХ                        | 1            | 1        |                  |   |
| 08               | 5                           | Заклепка                                       |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 09               | БГУИ.ХХХХХХ.ХХХ             |  |                  | 24    | ХХХ                        | 1            | 4        |                  |   |
| 10               | 8                           | Лепесток                                       |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 11               | БГУИ.ХХХХХХ.ХХХ             |  |                  | 24    | ХХХ                        | 1            | 4        |                  |   |
| 12               |                             |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| M13              | Лак ЭП-9114 ОСТ 180365-82   |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 14               |                             |  |                  | 9     | г                          | 1            | -        | 0.55             |   |
| 15               |                             |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| C16              | Плата                       |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 17               | БГУИ.ХХХХХХ.ХХХ             |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| V18              | 21                          | 010  | (8870) Сборочная |       |                            |              |          |                  |   |
| K19              | 40                          | Диод КД102А ТТ3.362.083 ТУ                     |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 20               |                             |  |                  | 20    | ХХХ                        | 1            | 4        |                  |   |
| 21               | 44                          | Конденсатор КМ-5а-М1500-330 пФ ОЖО.460.043 ТУ  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 22               |                             |  |                  | 20    | ХХХ                        | 1            | 5        |                  |   |
| M23              | Припой ПОС-61 ГОСТ 21931-76 |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 24               |                             |  |                  | 9     | г                          | 1            | -        | 129              |   |
| 25               |                             |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 26               |                             |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 27               |                             |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 28               |                             |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 29               |                             |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
| 30               |                             |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |
|                  |                             |  |                  |       | Разраб.                    | Иванов И.И.  |          |                  |   |
|                  |                             |  |                  |       | Проверил                   | Петров В.Л.  |          |                  |   |
|                  |                             |  |                  |       | Нач.бюро                   |              |          |                  |   |
|                  |                             |  |                  |       | Согл.БМН                   |              |          |                  |   |
|                  |                             |  |                  |       | Н.контр.                   | Сидоров Н.С. |          |                  |   |
| КК               |                             |  |                  |       |                            |              |          |                  |   |

## Технические характеристики конвейеров

| Тип            | Съем изделия       | Характер движения | Шифр конвейера | Ширина несущего органа, мм | Вес изделия, кг | Скорость, м/мин | Длина, м    | Ширина, м | Высота, м | Мощность привода, кВт |
|----------------|--------------------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------|-----------|-----------------------|
| Ленточные      | Ручной             | Непрерывный       | ПТ-92          | 200                        | 15              | 0,6-1,45        | 17,7-50,2   | 0,37      | 0,82      | 0,6                   |
|                |                    |                   | ПТ-94          | 400                        | 15              | 0,6-1,45        | 17,7-50,2   | 0,57      | 0,82      | 0,6                   |
|                |                    |                   | ПТ-95          | 500                        | 15              |                 | 17,7-50,2   | 0,67      | 0,82      | 0,6                   |
|                |                    | Периодический     | ПТ-106         | 200                        | 15              | 10              | до 50       | 0,37      | 0,82      | 0,6                   |
|                |                    |                   | ПТ-107         | 300                        | 15              | 10              | до 50       | 0,47      | 0,82      | 0,6                   |
|                |                    |                   | ПТ-109         | 500                        | 15              | 10              | до 50       | 0,67      | 0,82      | 0,6                   |
|                | Механизованный     | ПТ-136            | 200            | 6                          | 20              | 16,9            | 0,82        | 0,82      | 0,6       |                       |
|                |                    | ПТ-138            | 400            | 15                         | 10              | до 50           | 1,2         | 0,8       | 0,6       |                       |
|                | Пластинчатые       | Без съема         | Периодический  | ПТ-110                     | 300             | 15              | 10          | 15,9-49,5 | 0,47      | 0,87                  |
| ПТ-111         |                    |                   |                | 400                        | 30              | 10              | 15,9-49,5   | 0,57      | 0,87      | 0,6                   |
| ПТ-112         |                    |                   |                | 500                        | 40              | 10              | 15,9-49,5   | 0,67      | 0,87      | 0,6                   |
| Механизованный |                    | ОПР 274           | 100            | 0,05                       |                 | 18,5-13,4       | 0,5         | 1,2       | 0,4       |                       |
|                |                    | ПТ-14             | 100            | 0,2                        |                 | 18,5-13,4       | 1,1         | 0,84      | 0,6       |                       |
|                |                    |                   |                |                            |                 |                 |             |           |           |                       |
| Тележечный     | Ручной и без съема | Непрерывный       | ПТ-97          | 200x250                    | 25              | 0,53-1,3        | 16,8-49,8   | 1,5       | 0,98      | 0,6                   |
|                |                    |                   |                | 500x350                    | 25              | 0,53-1,3        | 16,8-49,8   | 1,5       | 0,98      | 0,6                   |
|                |                    |                   |                | 400x500                    | 25              | 0,6-1,0         | до 50       | 1,5       | 0,7       | 1,0                   |
|                |                    | Периодический     | ПТ-113         | 200x250                    | 25              | 10,8            | 16,5-49,5   | 1,5       | 0,98      | 0,6                   |
|                |                    |                   |                | 300x350                    | 25              | 10,8            | 16,5-49,5   | 1,5       | 0,98      | 0,6                   |
|                |                    |                   |                | 450x500                    | 50              | 4               | до 50       | 1,23      | 0,85      | 1,7                   |
|                | Механизованный     | Непрерывный       | ПТ-91          | 400x400                    | 15              | 5               | 21,4-73,2   | 0,6       | 0,8       | 1,0                   |
|                |                    |                   | ПТ-104         | 410x390                    | 25              | 12              | 15,04-58,24 | 1,06      | 0,8       | 1,0                   |

## Техническая характеристика промышленных мини-роботов

| Параметр  | Тип робота         |                   |                  |                 |                 |                  |                 |                  |
|---|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
|   | ПМП-0.5<br>154-КПВ | ПМП-0.5<br>254-ПВ | РС-4             | РС-6            | РС-222          | Гном-<br>3Р      | Гном-<br>52     | РМ-01            |
| Число степеней подвижности                            | 4                  | 3                 | 5                | 4               | 4               | 2                | 3               | 6                |
| Горизонтальное перемещение,<br>мм                     | 154                | 254               | 255              | 240             | 240             | 30-180°          | 250<br>0-180°   |                  |
| Средняя скорость горизонтального<br>перемещения, мм/с | 400                | 400               | 400              | 400             | 400             | -                | 500             | 500              |
| Вертикальное перемещение, мм                          | 50                 | 50                | 48               | 48              | 48              | 40               | 50              |                  |
| Средняя скорость, мм/с                                | 100                | 100               | 100              | 100             | 100             | 100              | 100             |                  |
| Точность позиционирования                             | 0.29               | 0.29              | 0.05             | 0.05            | 0.05            | 0.5              | 0.25            | 0.1              |
| Система управления                                    | Позиционная        |                   | Циклов.          | Позиц.          | Цикловая        |                  | Цикловая        | ЭВМ              |
| Масса груза, кг                                       | 0.5                | 0.5               | 0.5              | 0.5             | 0.5             | 1.0              | 0.63            | 2.5              |
| Габаритные размеры, мм                                | 1100x805<br>x500   | 460x805<br>x266   | 1100x850<br>x430 | 560x850<br>x450 | 560x720<br>x430 | 456x456<br>x1122 | 855x625<br>x400 | 600x600<br>x1800 |

Графические изображения на технологических планировках

| Наименование  | Обозначение |
|---|-------------|
| 1   | 2           |
| <b>Строительные конструкции (по ГОСТ 21.107-78)</b> |             |
| Кирпичная стена или перегородка существующая        |             |
| Кирпичная стена или перегородка разбираемая         |             |
| Закладываемый проём                                 |             |
| Пробиваемый проём                                   |             |
| Кирпичная перегородка вновь строящаяся              |             |
| Стеклоблочная перегородка                           |             |
| Металлическая перегородка                           |             |
| Дверной проём                                       |             |
| Закрытая дверь                                      |             |
| Дверь двухпольная                                   |             |
| Дверь однопольная                                   |             |
| Колонна   |             |
| Окно  |             |
| Вытяжной шкаф                                       |             |
| Вытяжной короб                                      |             |
| Клапан огнезадерживающий (вентиляционный)           |             |
| Камера вентиляционная приточная                     |             |
| Кондиционер   |             |
| Канал подпольный                                    |             |
| Кран подвесной одноблочный                          |             |
| Кран консольный                                     |             |
| Кран мостовой                                       |             |
| Кран мостовой одноблочный                           |             |

Продолжение прил. 19





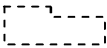





1

2



|  |   |
|--|---|
| Конвейер                                   |   |
| Конвейер подвесной грузонесущий            |  |
| Конвейер подвесной толкающий               |  |
| Тельфер на монорельсе                      |  |
| Канализация ливневая                       |  |
| Водопровод производственно-противопожарный |  |
| Трубопровод горячей воды                   |  |
| Теплотрасса                                |  |
| Газопровод низкого давления                |  |
| Люк  |  |

### *1.1.1.1. Технологическое оборудование*

|  |   |
|--|---|
| Бак, ванна   |    |
| Верстак  |    |
| Место рабочего                                       |    |
| Место рабочего при обслуживании двух станков и более |    |
| Место резервное под оборудование                     |    |
| Оборудование вновь устанавливаемое                   |    |
| Оборудование переставливаемое                        |   |
| Оборудование установленное                           |  |
| Печь газовая   |  |
| Печь электрическая                                   |  |
| Плита контрольная                                    |  |

Продолжение прил. 19

|                      |  |
|----------------------|--|
| Плита<br>разметочная |  |
| Стол                 |  |
| Стол<br>контрольный  |  |
| Стеллаж              |  |

### Промышленные подводы


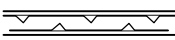



|  |  |
|--|--|
| Вентиляция местная<br>(обдув, кондиционирование) |  |
| Освещение<br>местное                             |  |
| Относ местный<br>вентиляционный                  |  |
| Подвод<br>Горячей воды                           |  |
| Подвод горячей воды<br>с отводом в канализацию   |  |
| Подвод пара                                      |  |
| Подвод<br>сжатого воздуха                        |  |
| Подвод холодной<br>воды                          |  |
| Подвод холодной воды<br>с отводом в канализацию  |  |
| <b>2. Подвод эмульсии</b>                        |  |

|                        |  |
|------------------------|--|
| Электрические розетки: |  |
| двухфазная             |  |
| трёхфазная             |  |

Продолжение прил. 19

|   |   |
|---|---|
| 1 | 2 |
|---|---|

2.1. Графические обозначения общего применения

|  |   |
|--|---|
| Деревья лиственные                                     |     |
| Деревья хвойные  |    |
| Кустарник свободнорастущий                             |    |
| Газон  |    |
| Бассейн  |    |
| Цветник  |    |
| Заземление   |    |
| Колодец водопроводный                                  |    |
| Колодец канализационный                                |    |
| Место складирования                                    |    |
| Помещение для хранения легковоспламеняющихся жидкостей |    |
| Отметка уровня   |    |
| Трап   |    |
| Шкаф медицинский                                       |    |
| <b>Сантехнические устройства (ГОСТ 2.768-70)</b>       |   |
| Раковина   |  |
| Умывальник   |  |
| Ванна обыкновенная                                     |  |
| Продолжение прил. 19                                   |   |
| 1  | 2   |
| Унитаз   |  |
| Писсуар настенный                                      |  |

|   |   |
|---|---|
| Фонтанчик<br>питьевой                   |   |
| Автомат газированной<br>воды            |  |
| Сетка<br>душевая                        |  |
| Колодец на<br>сети                      |  |
| Колодец на сети<br>с пожарным гидрантом |  |
| Радиатор<br>отопления                   |  |

Библиотека БГУИР

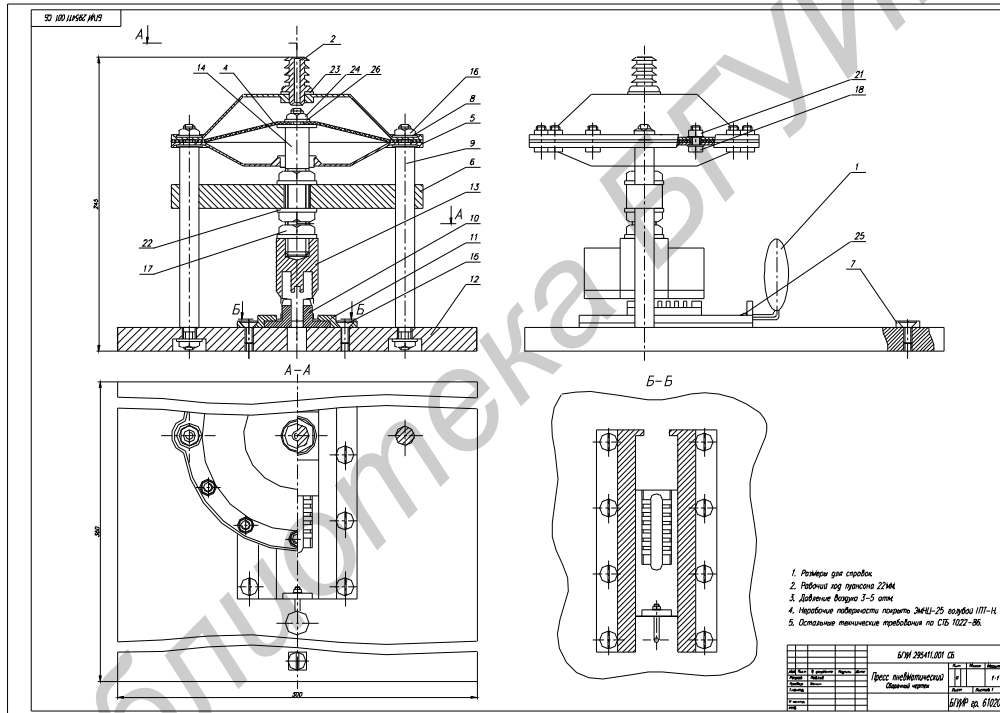
Нормы ширины проходов, расстояний между рабочими местами, рабочими местами и колоннами

| Тип конвейера     | Расположение рабочих столов                  | Ширина прохода, мм               |                           | Расстояния между рабочими местами, мм | Расстояния между рабочими местами и колоннами, мм |
|-------------------|--|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---|
|                   |  | между линиями 2-х конвейеров, мм | между линией и стеной, мм |                                       |   |
| Распределительный | Приставные рабочие столы в шахматном порядке | 1300                             | 1000                      | 1200-1600                             | 500   |
|                   | Общий рабочий стол                           | 1400                             | 1000                      | 1000-1200                             | 1300  |
| Рабочий           | Общий рабочий стол                           | 1400                             | 1800                      | 1200                                  | 1300  |

Техническая характеристика транспортных роботов

| Параметр                         | Модель робота |        |           |                  |                   |        |
|----------------------------------|---------------|--------|-----------|------------------|-------------------|--------|
|                                  | ТР-1          | ТРМ-50 | РТШ8-50   | Электроника      | СЧ 057.26         | МП-12Т |
| Тип робота                       | монорельсовый |        | по полосе | рельсовый        | робокара          |        |
| Грузоподъемность, кг             | 200           | 50     | 50        | 500              | 250               | 200    |
| Число степеней подвижности       | 6             | 2      | 2         | 4                | 2                 | 6      |
| Скорость передвижения, м/с       | 0-1,4         | 1,0    | 0,5       | 0,2-0,8          | 0,1-2,0           | 0,5    |
| Вертикальный ход, мм             | 400           | 2700   | 2200      | 200              | 50                | -      |
| Погрешность позиционирования, мм | ±5            | ±10    | ±10       | ±5               | ±5                | ±10    |
| Система управления               | ЭВМ           |        | Циклов.   | ЭВМ              | -                 | ЭВМ    |
| Габаритные размеры, мм           | 1500x         |        |           | 2000x290<br>x700 | 1900x990x<br>1180 | 1700x  |
|                                  | 1100x         |        | -         |                  |                   | 1050x  |
|                                  | 800           |        | -         |                  |                   | 1800   |

Пример технологической оснастки



Учебное издание

**Ануфриев** Леонид Петрович  
**Бондарик** Василий Михайлович  
**Ланин** Владимир Леонидович  
**Хмыль** Александр Александрович

**ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА.**

**Курсовое проектирование**

*Учебное пособие*

Редактор А.А. Хмыль  
Компьютерный дизайн И.В. Авсиевич  
Ответственная за выпуск Л.С. Жукова

Подписано в печать \_\_. \_\_. 2001 Формат 60x84 1/16

Бумага офсетная №2. Гарнитура Таймс.

Уч.-изд. л. 8,0. Усл. печ. л. 8,56

Тираж 200 экз. Заказ №

УП «Бестпринт». Лицензия ЛВ № 260 от 11.09.2000.

Отпечатано на ризографе в типографии УП «Бестпринт»  
222007, г. Минск, ул. Фабрициуса 5.