

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. БОРОЛЕВА

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО РЭА

Учебное пособие

Под общей редакцией Б. Н. Березкова

КУЙБЫШЕВ 1989

Авторы: В. И. Бережной, Б. Н. Березков, А. В. Капцов,
Н. Г. Чернобровин

УДК 621.396.6.002

Автоматизированное производство РЭА: Учебное пособие/
В. И. Бережной, Б. Н. Березков, А. В. Капцов, Н. Г. Чернобровин. — Куйбышев: КуАИ, 1989. — 68 с.

В учебном пособии рассматриваются вопросы проектирования технологических процессов автоматизированного изготовления РЭА. Даны принципиальные основы и порядок оценки подготовленности изделий к автоматизированной сборке, разработки технологических процессов, расчета оборудования и технологических планировок, проектирования технологической оснастки. Большое внимание уделяется экономическому анализу и автоматизации разработки технологических процессов с использованием ЭВМ. В приложении приведены необходимые для проектирования нормативно-справочные материалы.

Пособие предназначено для студентов, выполняющих курсовые проекты по курсу «Технология РЭА, оборудование и автоматизация» и дипломные проекты технологической тематики.

Ил. 7. Табл. 14. Библиогр. — 19 назв.

Рецензенты: С. М. Тоскин, В. В. Павлов

Печатается по решению редакционно-издательского совета Куйбышевского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С. П. Королёва

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современное производство радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) является одним из наиболее сложных производств. Быстрое развитие радиотехнической промышленности, рост номенклатуры выпускаемой радиоэлектронной аппаратуры делают жизненно необходимой автоматизацию технологических процессов. Это тем более важно, что автоматизация сборочных работ, и особенно в радиоаппаратостроении, ведется медленнее, чем автоматизация работ для механообработки, заготовительных операций. Этим объясняется тот факт, что трудоемкость сборочных работ в общем объеме производства еще высока.

Эффективность внедрения сборочного оборудования не всегда достаточна. Встречается оборудование низкой надежности, не обеспечивающее требуемого качества собираемых изделий. Поэтому важным при выполнении проекта является проведение технико-экономических обоснований применения средств механизации и автоматизации.

Имеющаяся литература по комплексной автоматизации производства носит скорее теоретический характер, в ней рассматриваются общие принципы построения комплексно-автоматизированных производств, а пособия по проектированию технологических процессов ориентируют студентов на применение в основном ручного труда. Поэтому данное пособие должно в какой-то мере восполнить пробел в учебной литературе по проектированию современных автоматизированных технологических процессов производства РЭА.

1. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ

1.1. ОЦЕНКА ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ИЗДЕЛИЯ К АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ ПРОИЗВОДСТВУ

При разработке технологических процессов сборки РЭА на автоматах и полуавтоматах, кроме оценки технологичности проводят специальную оценку степени подготовленности изделий к автоматизированному производству. В основу методики оценки положен принцип поэлементного анализа конструкции изделия по классификатору конструктивно-технологических признаков с точки зрения возможности и технической целесообразности автоматического выполнения дискретных операций ориентации деталей в пространстве и во времени, подачи их в рабочие органы, базирования (установки) в рабочей позиции, съема, послеоперационного транспортирования. При этом предполагается, что автоматическое выполнение непосредственного соединения (основных технологических операций) обоснованно и оправданно.

Один из вариантов классификаторов представлен в табл. 1 [9]. Он распространяется на малогабаритные изделия (с наибольшим размером до 250 мм, массой не более 3 кг). Информативность классификатора высока. Он содержит около 20 млн. комбинаций конкретных признаков. Восемь групп признаков соответствуют определенной совокупности признаков, характеризующих форму, конфигурацию сборочного компонента, наличие и вид центрального отверстия, частные признаки наружной конфигурации, симметричность, сцепляемость при транспортировании, возможность повреждения, методы пространственной ориентации. Каждому признаку присвоено кодовое число, определенное экспертным методом.

Чем сложнее автоматизировать процесс по данному признаку, тем более высокой цифрой (по разряду) характеризуется балл этого признака.

Признаки 1-й группы характеризуют форму объектов. В зависимости от соотношения размеров выделяют объекты стержневые, пластинчатые (толстые и тонкие), которые, в свою очередь, могут быть круглыми и некруглыми. В эту же группу

Классификатор признаков

Признак	Код (балл)				
<i>1 группа</i>					
Свойства формы не учитываются	0				
Стержневые: круглые	1				
некруглые	2				
Пластинчатые: толстые — круглые	3				
некруглые	4				
тонкие — круглые	5				
некруглые	6				
Коробчатые (корпусные, кронштейны):					
круглые	7				
некруглые	8				
<i>2 группа</i>					
Свойства формы не учитываются	0				
Гладкие: прямые	0				
гнутые	3				
Ступенчатые: с одной стороны — прямые	1				
гнутые	5				
с двух сторон — прямые	2				
гнутые	6				
Витые: прямые	8				
гнутые	9				
<i>3 группа</i>					
Свойства формы не учитываются	0				
Центральное отверстие сквозное:					
круглое — гладкое	1				
ступенчатое	4				
некруглое — гладкое	3				
ступенчатое	6				
Центральное отверстие глухое:					
круглое — гладкое	2				
ступенчатое	7				
некруглое — гладкое	5				
ступенчатое	8				
<i>4 группа</i>					
Свойства формы не учитываются				0	
Паз, отверстие, выступ на торце:				1	
центральный — сквозной				1	
глухой				2	
нецентральный — сквозной				4	
глухой				4	
Паз, отверстие, выступ на образующей:				3	
продольный — сквозной				5	
глухой				4	
поперечный — сквозной				6	
глухой				6	

включены малогабаритные коробчатые детали (корпусные, кронштейны) простейшей конфигурации. К круглым относят детали типа тел вращения. Стержневыми считают объекты с соотношением размеров $l/b > 1$, $l/d > 1$ (рис. 1,а,б). Могут быть объекты равноразмерными ($h \approx b \approx l$; $d \approx l$). К толстым пластинам, которые бывают круглыми и некруглыми, относят объекты с соотношением размеров $l/h > 0,02$. Для тонких пластин $l/h \leq 0,02$.

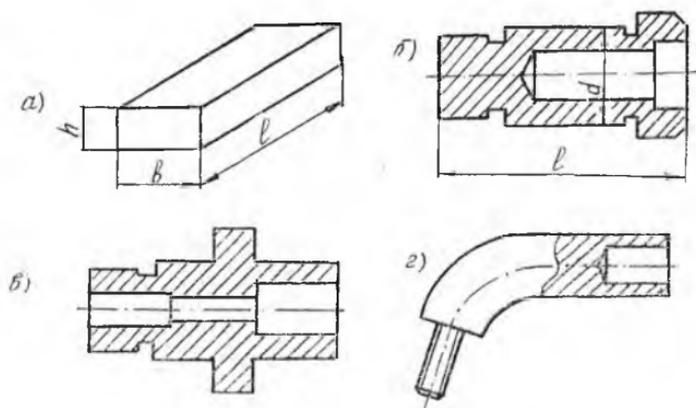


Рис. 1. Виды формы деталей

Во 2-ю группу включены признаки, конкретизирующие представление об объектах, которые по внешней конфигурации могут быть гладкими (см. рис. 1,а) и ступенчатыми, т. е. с уступами с одной или с двух сторон (рис. 1,в), витыми (пружинны), и не только прямыми, но и гнутыми (рис. 1,г).

Признаки 3-й группы определяют наличие или отсутствие, а также форму и конфигурацию центрального отверстия. Центральным считается отверстие, ось которого совпадает с направлением соединения, является осью вращения или осью инерции. Такое отверстие может быть и сквозным, и глухим, и ступенчатым (см. рис. 1,б,в,г).

В 4-ю группу включены частные признаки элементов конструкции объекта, влияющие на автоматизацию его загрузки, транспортировки, сборки и съема (рис. 2).

Признаки 5-й группы особых пояснений не требуют (рис. 3).

Признаки 6-й группы характеризуют сцепляемость объектов при их хранении, ориентированной загрузке, транспортировке и т. д. Их подразделяют на несцепляемые, сопрягаемые (по элементам контура), сцепляемые механически, полем и адгезией, саморазбирающиеся. Признаки саморазбираемости характеризуют сборочную единицу без жесткой фиксации (без

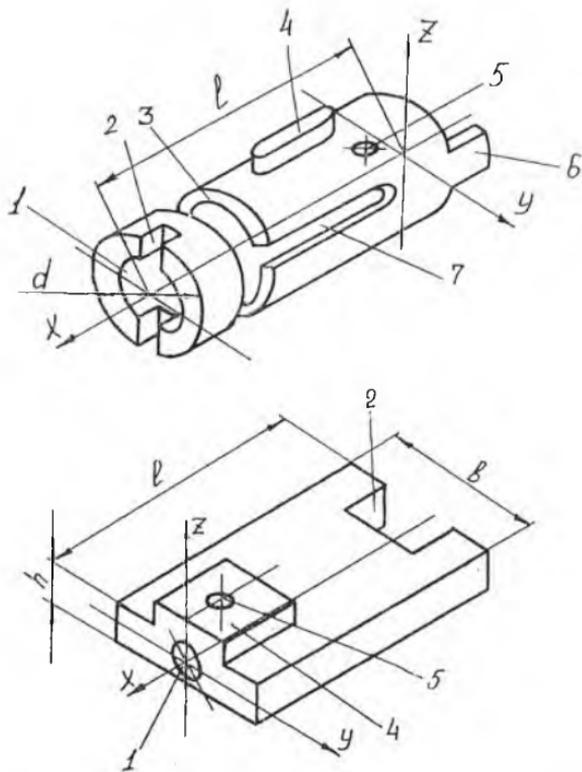


Рис. 2. Частные признаки конфигурации деталей:
 1 — центральное отверстие; 2 — паз на торце;
 3 — паз на образующей; 4 — выступ на образующей; 5 — отверстие на образующей; 6 — выступ на торце — нецентральный; 7 — паз на образующей — глухой

закрепления) отдельных сборочных компонентов после их соединения, способную легко разбираться (рассыпаться). Устранение подобного явления требует встройки в автоматическое оборудование специальных устройств временного скрепления сборочной единицы.

Признаки 7-й группы характеризуют устойчивость формы и поверхности сборочного компонента при реализации операций сборки. В отдельные разряды выделены признаки, определяющие изделие и его составляющие как сборочные компоненты с элементами малой жесткости (например, резисторы, конденсаторы, диоды с тонкими длинными выводами), непостоянных формы и размеров, которые дополнительно могут быть повреждены.

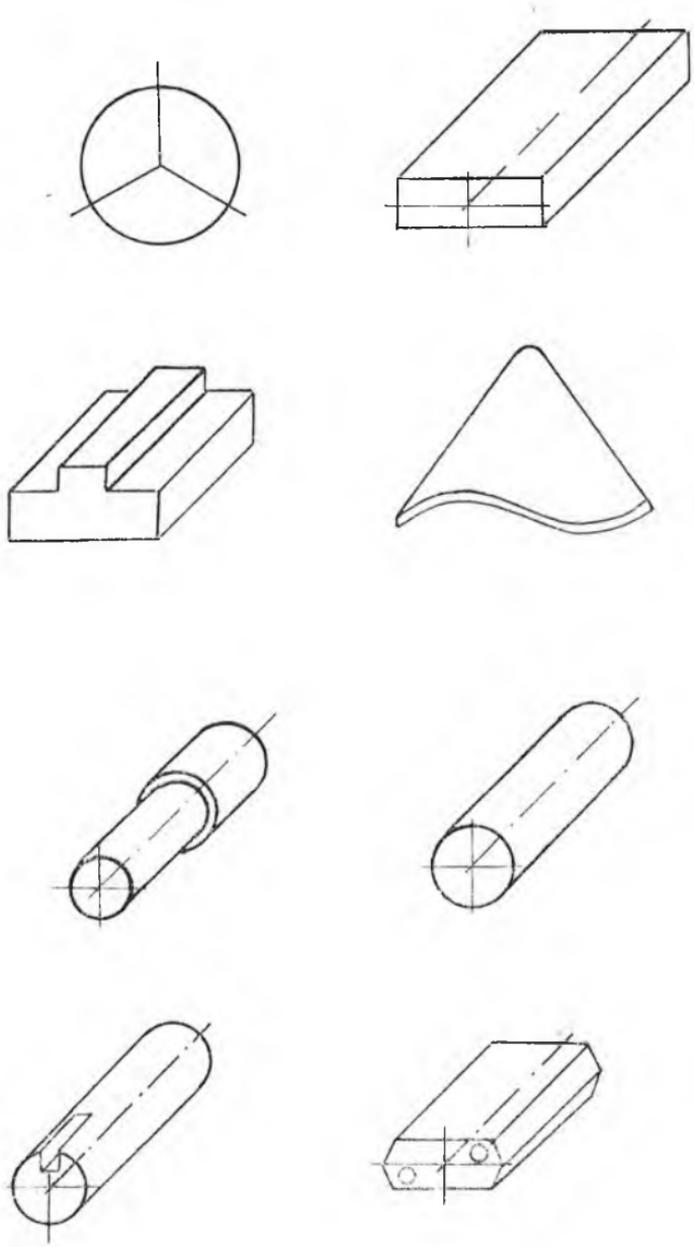


Рис. 3. Виды деталей с характерными признаками симметрии

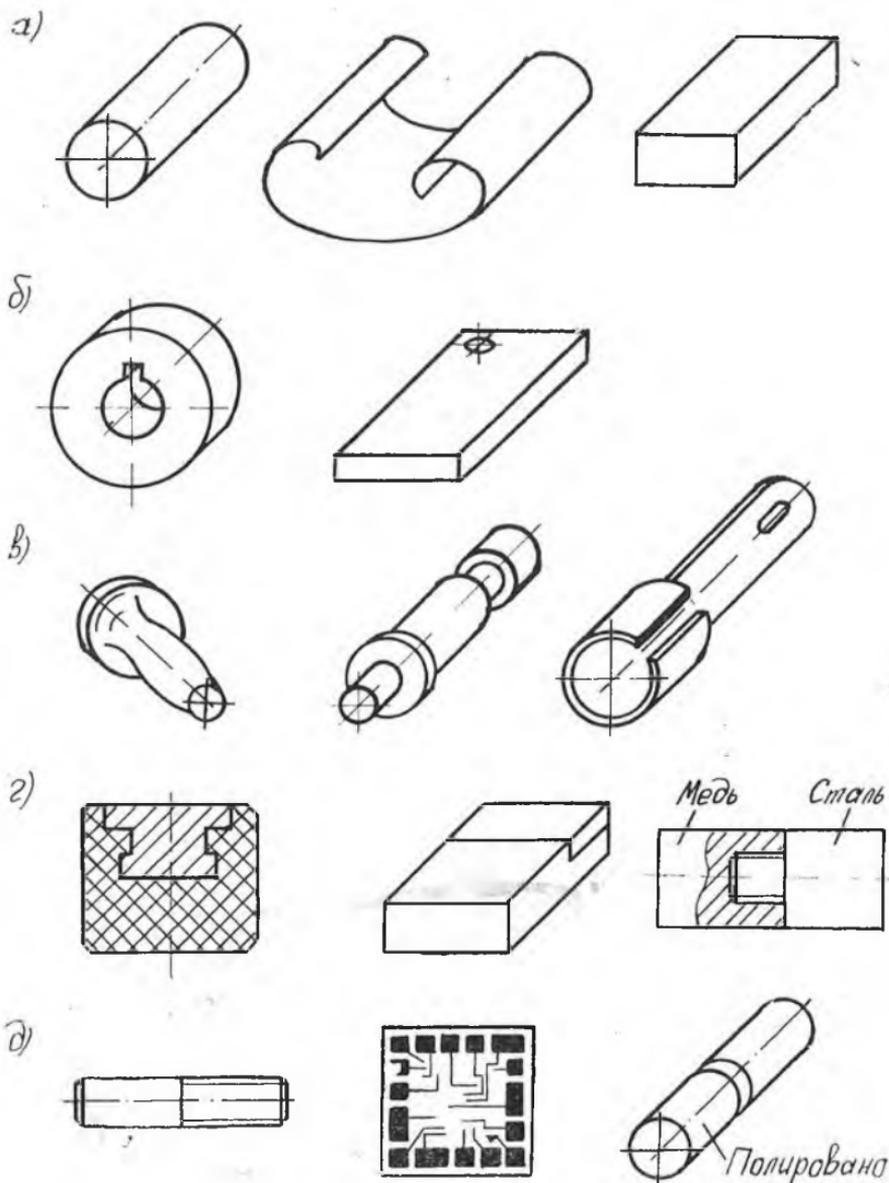


Рис. 4. Детали с характерными признаками асимметрии: а — наружной конфигурации; б — внутренней конфигурации; в — центра массы; з — физических свойств в сечении; д — свойств поверхности

8-я группа отражает признаки ориентации и асимметрии (рис. 4). Ряд признаков, иногда характерных для конкретного сборочного компонента, могут не оказывать влияния на автоматизацию сборки изделий, такие признаки вынесены в особый (первый) разряд. Анализ сложности детали (так же как и сборочной единицы) следует выполнять во взаимосвязи с технологическим процессом, при этом может оказаться, что одна и та же деталь характеризуется разными показателями сложности.

Восьмизначное число (по количеству групп классификатора), составленное из кодовых чисел отдельных признаков, образует кодовое обозначение детали (например, 63012004). Если код (балл) признака в кодовом обозначении соответствует 6 и выше, то деталь (изделие) считается сложной с точки зрения автоматической загрузки. Однако наличие одного или даже нескольких баллов высокого порядка не дает полной характеристики сложности детали. Более полно характеризует сложность детали сумма баллов отдельных признаков (в нашем примере $b=16$). В зависимости от суммы баллов установлены четыре категории сложности автоматизации K . Характеристики этих категорий приведены в табл. 2. Категория сложности повышается на единицу, если в кодовом обозначении детали имеются коды признаков, соответствующие 8 и 9.

Таблица 2

Характеристика категорий сложности автоматизации

Сумма баллов, b_i (или B)	Категория сложности, K_i (или K)	Характеристика
до 10	1	Невысокая сложность автоматизации. Сборочные компоненты (детали, сборочные единицы, изделие) достаточно простой формы. Операции ввода (ориентации, загрузки, базирования), пересадки (межоперационной транспортировки, поворота), вывода (съема и укладки) легко автоматизируются. Известны аналоги технических решений
10—20	2	Автоматизация средней сложности. При отсутствии аналогов целесообразна экспериментальная проверка принимаемых технических решений устройств, механизмов, систем
20—25	3	Высокая сложность автоматизации. Необходимо обоснование экономической целесообразности проектно-конструкторских работ и определение оптимального (экономически обоснованного) уровня механизации и автоматизации

Сумма баллов, b_i (или B)	Категория сложности, K_i (или K)	Характеристика
--------------------------------	---------------------------------------	----------------

Свыше 25

4

Весьма высокая сложность автоматизации. Возможна для исключения влияния вредных условий на человека и субъективных ошибок оператора при сборке и управлении процессом сборки, при невозможности выполнения операций вручную, при комплексной автоматизации процесса. В остальных случаях автоматизация нецелесообразна.

Сложность автоматизации сборки изделия оценивают по итоговому и среднему значению суммы баллов и категорий сложности:

$$B_{\Sigma} = \sum_{i=1}^z b_i;$$

$$B = (\sum_{i=1}^z b_i) / z;$$

$$K = (\sum_{i=1}^z K_i) / z,$$

где b_i — сумма баллов i -й детали (материального элемента);

K_i — категория сложности i -й детали;

z — количество деталей (материальных элементов), входящих в изделие.

За критерий совершенства подготовленности конструкции изделия к автоматизированному изготовлению принимают

$$B_{\Sigma} = \min; B = \min; K = \min.$$

1.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ УЗЛОВ И БЛОКОВ РЭА НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СБОРКИ

Узлы и блоки на печатных платах (ПП) являются наиболее распространенными сборочными единицами РЭА. Поэтому в результате многолетней практики выработались конкретные технологические требования к конструкции таких узлов и блоков, обеспечивающие возможность механизированной и автоматизированной их сборки. Эти требования закреплены в ряде стандартов.

ГОСТ 19591—74. Резисторы и конденсаторы. Упаковка для автоматизированного монтажа. Стандарт предусматривает два вида упаковки электрорадиоэлементов (ЭРЭ): в двойную клейкую ленту, между липкими поверхностями которой закрепляют выводы радиоэлементов, и в перфорированную ленту, в которой закрепляют радиоэлементы. Даны соответствующие размеры и отклонения от них.

ОСТ4.ГО.052.206. Технологические требования к конструкции узлов и блоков радиоэлектронной аппаратуры на печатных платах для механизированной сборки. В стандарте излагаются общие требования к конструкции узлов и блоков, а также требования к конструкции одноплатных изделий с дискретными ЭРЭ и с микросхемами с планарными и штыревыми выводами.

ОСТ4.070.010—78. Платы печатные под автоматическую установку элементов. Конструкция и основные размеры. Действие стандарта распространяется на односторонние ПП с жестким основанием, предназначенные для бытовой аппаратуры.

ОСТ4.091.124—79. Отраслевая система технологической подготовки производства. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Требования технологические к конструкции печатных плат для автоматизированной сборки. Стандарт распространяется на узлы изделий одноплатной конструкции с односторонним расположением ЭРЭ на печатной плате при установке их в автоматическом режиме.

Из указанных стандартов вытекают в обобщенном виде следующие требования.

1. Необходимо преимущественно применять односторонние печатные платы. Только при повышенной плотности компоновки — многослойные печатные платы.

2. Конструкция узлов и блоков должна предусматривать применение наиболее технологичной элементной базы: микросхем в корпусах типа 4 и 2 (401.14-3, 401.14-4, 402.16-1, 402.16-2, 201.14-1 и др.) по ГОСТ 17467-72; дискретных ЭРЭ с цилиндрической формой корпуса и осевыми выводами или ЭРЭ в корпусах типа 301.8-1 и 301.12-1.

3. В конструкциях узлов и блоков необходимо: максимально использовать простоту конструкции; максимально сократить номенклатуру применяемых материалов (припоев, клеев, лаков, герметиков и т. п.); применять унифицированные установочные размеры навесных элементов в соответствии с ОСТ4.ГО.010.030; обеспечивать минимальное число положений сборочных единиц в процессе сборки.

4. Навесные перемычки на ПП допускаются как исключение. Количество навесных перемычек не должно быть более 3—4 на 100 см² рабочей площади ПП.

5. В конструкции ПП должны быть предусмотрены базовые отверстия для фиксации их на рабочем столе сборочного оборудования. Диаметр базовых отверстий должен быть от 3 до 4,5 мм. Базовые отверстия должны быть максимально разнесены на плоскости ПП. В технически обоснованных случаях в качестве базовых отверстий могут использоваться крепежные отверстия, если их размеры соответствуют базовым. Вокруг базового отверстия должна быть предусмотрена свободная от элементов зона диаметром от 8 до 10 мм.

6. ЭРЭ следует располагать параллельно одной из осей плоскости ПП. Для повышения эффективности механизированной сборки расположение ЭРЭ на ПП должно удовлетворять одному из условий:

Вариант 1 — расположение рядное, ЭРЭ в рядах имеют один установочный размер, выводы ЭРЭ в рядах расположены по одной из осей;

Вариант 2 — расположение рядное, ЭРЭ в рядах имеют один установочный размер, выводы ЭРЭ в рядах расположены по одной из осей, элементы в рядах могут быть развернуты по полярности на 180° один относительно другого;

Вариант 3 — расположение рядное, каждый ряд имеет единый установочный размер для всех ЭРЭ данного ряда, выводы ЭРЭ в рядах расположены по одной оси, ЭРЭ в рядах могут быть развернуты по полярности на 180° один относительно другого;

Вариант 4 — расположение рядное, ряды расположены по двум взаимно перпендикулярным осям, ЭРЭ в рядах имеют один установочный размер, выводы ЭРЭ в каждом ряду расположены по одной оси.

7. Шаг установки микросхем следует выбирать с учетом применения координатной сетки по ГОСТ 19317—72. Шаг, кратный 2,5 мм, берется для микросхем с шагом расположения выводов 2,5 мм; шаг, кратный 1,25 мм, — для микросхем с шагом расположения выводов 1,25 мм. Микросхемы со штыревыми выводами устанавливаются только с одной стороны ПП, микросхемы с плазменными выводами — с двух сторон.

8. В одноплатных изделиях выбранные варианты формовки и установки дискретных ЭРЭ, их установочные размеры должны отвечать требованиям ОСТ4 ГО.010.030. Необходимо применять следующие варианты установки:

вплотную — при условии отсутствия печатных проводников под ЭРЭ или при наличии изоляции между ЭРЭ и ПП;

с зазором — в соответствии с ОСТ4 ГО.010.030 при наличии под ЭРЭ печатных проводников.

ЭРЭ должны крепиться на ПП подгибкой выводов в пределах зоны контактных площадок ПП. Должны быть предусмотре-

рены свободные зоны ЭРЭ (в соответствии с ОСТ4.091.124-79) — зоны, занимаемые исполнительным механизмом установочной головки автоматизированного оборудования в момент установки ЭРЭ на печатную плату, где не должны находиться ранее установленные ЭРЭ.

9. При совместной компоновке микросхем и большого количества крупногабаритных ЭРЭ для обеспечения повышенных требований к плотности компоновки и технологичности печатного монтажа следует группировать микросхемы в отдельные узлы, соизмеримые по высоте с ЭРЭ.

10. Конструкция узлов и блоков должна предусматривать: последовательное соединение деталей и сборочных единиц без переориентации их на оборудовании;

соединение пайкой, сваркой, накруткой, склеиванием, пластической деформацией и другими методами, пригодными для механизированной и автоматизированной сборки.

Детали крепления ЭРЭ, деталей, сборочных единиц (крепеж) должны обеспечивать применение механизированной сборки.

11. Не допускается:

установка дискретных ЭРЭ корпусами в отверстия печатных плат;

установка перемычек в незадействованные переходные отверстия печатных плат;

многоярусное расположение ЭРЭ на печатных платах;

вертикальная установка ЭРЭ с осевыми выводами на печатные платы.

2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

2.1. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ ЭРЭ

В основу разработки технологических процессов положено два принципа — технический и экономический. По техническому принципу технологический процесс должен полностью обеспечить выполнение всех требований конструкторской документации изделия. По экономическому принципу сборка должна вестись с минимальными затратами труда и издержками производства.

К исходным данным для проектирования технологических процессов сборки относятся: сборочный чертеж изделия, технические условия его приемки, программа выпуска, срок выполнения задания, а также условия, в которых предполагается

организовать и осуществлять подготовку, изготовление и выпуск изделий (вновь создаваемый или действующий завод, имеющееся на нем оборудование, перспективы получения нового оборудования).

Под сборкой РЭА понимается технологический процесс, в результате которого производится соединение, координирование, фиксация в пределах требуемой точности и монтаж всех сборочных единиц и деталей, составляющих РЭА. В сборочные процессы включают также операции и переходы, связанные с пригонкой, очисткой, окраской и отделкой деталей сборочных единиц радиоаппарата в целом, а равно операции и переходы, связанные с контролем и регулировкой РЭА. В соответствии с делением РЭА на сборочные единицы и детали различают сборку общую и узловую.

Сборочные работы в зависимости от уровня кооперации иногда составляют 40—60% от общей трудоемкости изготовления РЭА, что объясняется особенностями радиотехнического производства, главными из которых являются следующие.

1. Сложность современных конструкций РЭА. Она в первую очередь проявляется в большом количестве ЭРЭ и деталей, входящих в состав конструкции, и в высоких требованиях к качеству и надежности изделий. Следствием этого является наличие длинных размерных цепей и большого количества связей. Отклонения параметров РЭА, как правило, определяются точностью изготовления деталей и разбросом параметров ЭРЭ.

Однако такие операции как пропитка, обволакивание, заливка, пайка, также могут существенно влиять на выходные параметры. Поэтому в процессе сборки достаточно велик объем регулировочных и контрольных работ.

2. Низкий уровень механизации и автоматизации производства. Это объясняется преобладанием мелкосерийного выпуска продукции, недостаточной унификацией элементной базы РЭА, нехваткой и несовершенством автоматического сборочного оборудования.

Важнейшими задачами современного производства РЭА являются всемерное повышение технологичности разрабатываемых конструкций и перевод ручной сборки на механизированную и автоматизированную.

2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА И ВЫБОР ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СБОРКИ

Согласно ГОСТ 14.004—74 ЕСТПП тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций

$$K_{\text{з.о}} = O/P, \quad (1)$$

где O — количество различных операций технологического процесса;

P — количество рабочих мест для выполнения различных операций.

Количество операций определяется по схеме сборочного состава. Количество рабочих мест рассчитывают исходя из заданной программы выпуска, фонда времени и трудоемкости сборки одного изделия.

Легко показать, что

$$K_{30} = R/t_{\text{ш ср}}, \quad (2)$$

где R — такт (ритм) выпуска изделий;

$t_{\text{ш ср}}$ — среднее штучное время операций сборки.

Для массового производства $K_{30} \leq 1$;
крупносерийного $1 < K_{30} < 10$;
серийного $10 < K_{30} < 20$;
мелкосерийного $20 < K_{30} < 40$;
единичного K_{30} не регламентируется.

Исходя из определенного типа производства выбирают форму организации процесса сборки. Для массового производства широко применяют однономенклатурные поточные линии, для крупносерийного и серийного — многономенклатурные поточные линии, для мелкосерийного и единичного — предметно-замкнутые участки. Для массового и крупносерийного (и даже для серийного) производства экономически целесообразной может оказаться автоматическая сборка. Окончательно вопрос о выборе той или иной формы организации процесса сборки решают на основе технико-экономических расчетов. Технико-экономические расчеты рекомендуется выполнять с использованием ЭВМ: в этом случае удастся создавать модели технологических процессов, полнее учитывающие многочисленные факторы, в том числе и случайные.

Номинальный (календарный) годовой фонд времени работы сборочного оборудования (в часах)

$$F_{\text{н}} = 2070 d,$$

где d — количество смен работы (1, 2, 3).

С учетом потерь времени на ремонт оборудования действительный фонд рабочего времени составляет $F = K_{\text{н}} F_{\text{н}}$, где $K_{\text{н}}$ — коэффициент, учитывающий потери времени на ремонт оборудования (табл. 3).

Значения коэффициента K_{Π} для различных видов оборудования

Вид оборудования	K_{Π} при работе		
	в одну смену	в две смены	в три смены
Верстаки и стелды ручной сборки	1	1	1
Неавтоматизированное	0,98	0,97	0,96
Автоматизированное	0,94	0,92	0,90
Автоматические линии	0,92	0,92	0,88

2.3. ТОЧНОСТНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА СБОРКИ

Серийное и массовое изготовление РЭА требует организации производства по принципу взаимозаменяемости. *Взаимозаменяемость* — это принцип конструирования, производства и эксплуатации изделий, обеспечивающий возможность сборки (или замены при ремонте) независимо изготовленных сопрягаемых деталей в узел и узлов в изделие.

Весь комплекс вопросов, связанных с проблемой точности и взаимозаменяемости, может быть условно разделен на две группы. К первой группе относятся все вопросы обеспечения размерной (геометрической) взаимозаменяемости. Ко второй относятся условия, связанные с функциональной взаимозаменяемостью и определяющие соответствие выходных характеристик самой разнообразной физической природы заданным процессам. Для изделий современного радиоаппаратостроения нельзя провести резкую границу между геометрической и функциональной взаимозаменяемостью.

По методу обеспечения допустимого разброса замыкающего звена размерной цепи различают сборку: с полной, неполной и групповой взаимозаменяемостью; с компенсированием погрешности замыкающего звена (с пригонкой и регулированием).

Сборка с полной взаимозаменяемостью обеспечивает требуемое качество непосредственным соединением сопрягаемых деталей и частей изделия без каких-либо дополнительных работ (пригонки, регулировки, подбора деталей). Допуск замыкающего звена размерной цепи

$$\delta = \sum_{i=1}^{m-1} \gamma_i \delta_i, \quad (3)$$

где δ_i — допуск i -го составляющего звена размерной цепи;

γ_i — коэффициент влияния i -го звена;

m — общее число звеньев размерной цепи.

Для цепей с параллельными звеньями $|\gamma_i| = 1$.

Метод полной взаимозаменяемости позволяет организовать поточную сборку, кооперацию производства, упрощает снабжение запасными частями и ремонт изделий, находящихся в эксплуатации. Этот вид сборки применяют в массовом и серийном производстве; в единичном производстве его используют при постановке стандартных деталей (крепежа, подшипников качения и др.). Применение сборки с полной взаимозаменяемостью ограничивается высокой себестоимостью изготовления точных деталей, что имеет место у изделий с многозвенными размерными цепями и узкими допусками на их замыкающие звенья.

Сборка с неполной взаимозаменяемостью позволяет расширить допуски на размеры сопрягаемых деталей по сравнению со сборкой с полной взаимозаменяемостью. Требуемая точность замыкающего звена достигается не у всех собираемых объектов, а только у большей их части, т. е. имеет место определенный риск. При этом допуск замыкающего звена размерной цепи

$$\delta = t \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \gamma_i^2 \lambda_i \delta_i^2}. \quad (4)$$

Коэффициент t в зависимости от принимаемого процента риска P при совпадении центра группирования с координатой центра отклонения (для нормального закона распределения и равновероятного выхода за обе границы поля допуска) выбирают из следующего ряда:

P	32	10	4,5	1,00	0,27	0,1	0,01
t	1,00	1,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89.

Коэффициенты λ принимают равными $1/3$, если при расчете неизвестен закон распределения случайных величин (для изделий мелкосерийного и единичного производства); $1/6$, если распределение величин близко к закону треугольника; $1/9$, если нормальный закон распределения (для изделий крупносерийного и массового производства).

В основу метода положена теория вероятностей, по которой крайние величины звеньев размерной цепи встречаются реже, чем средние. Поэтому процент изделий, у которых замыкающее звено выходит за пределы допуска, незначителен. Дополнительные затраты на исправление небольшого числа изделий (путем подбора или пригонки) обычно малы по сравнению с экономией труда и средств, получаемой при изготовлении деталей с более широкими допусками. Сборку применяют в серийном производстве для изделий с многозвенными размерными цепями.

Сборку с групповой взаимозаменяемостью (селективную сборку) применяют в тех случаях, когда конструктивные допуски меньше технологических погрешностей. Требуемые по конструктивным соображениям допуски посадок получают путем подбора сопрягаемых деталей, изготовленных с увеличенными допусками. Детали соединяют после непосредственного подбора; предварительной сортировки на размерные группы; предварительной сортировки с непосредственным подбором.

А. При непосредственном подборе сборщик из всех деталей выбирает такие, которые по шупу или на ощупь дают нужную посадку. Этот метод непригоден для поточной сборки из-за большой затраты времени на подбор и зависимости качества сборки от квалификации сборщиков.

Б. При предварительной сортировке деталей на размерные группы по чертежу изделия определяют конструктивные допуски δ_a и δ_b на размеры сопрягаемых деталей (рис. 5,а). Устанавливают приемлемые для производства расширенные технологические допуски на изготовление сопрягаемых деталей δ_{aT} и δ_{bT} . Эти допуски должны быть кратны конструктивным допускам. Число групп сортировки деталей

$$n = (\delta_{aT} + \delta_{bT}) / (\delta_a + \delta_b).$$

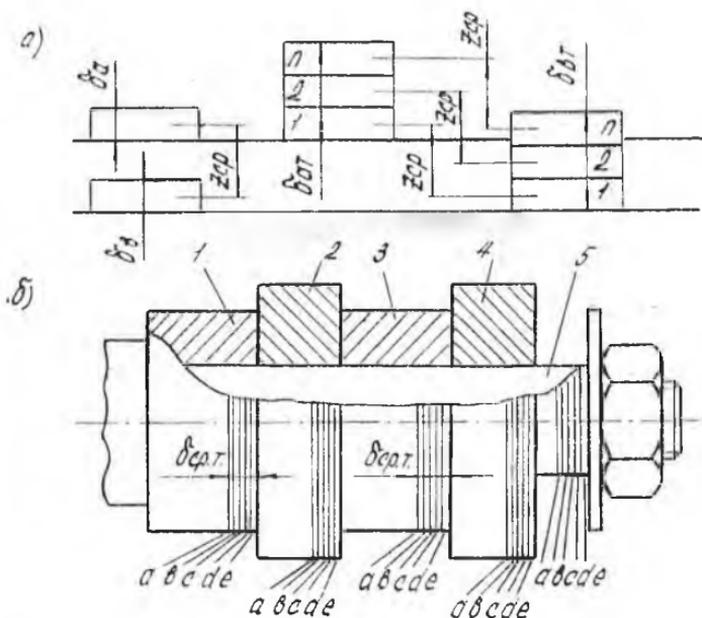


Рис. 5. Схемы для расчета точности сборки методом групповой взаимозаменяемости

Для того чтобы средний зазор $z_{ср}$ (или натяг) был одинаковым у всех размерных групп, нужно выдержать два условия: $\delta_a = \delta_b$ и $\delta_{a_T} = \delta_{b_T}$. Если первое условие не выдерживают, то в чертеж изделия необходимо внести соответствующие коррективы.

Для обеспечения полной комплектации сопрягаемых деталей при их сортировке на размерные группы существенно, чтобы распределение их размеров происходило по одинаковым законам. При разных законах распределения могут оставаться некомплектующие детали, для которых необходимо изготавливать соответствующие парные детали. При сортировке деталей на размерные группы применяют специальные инструменты (ступенчатые калибры), приспособления, а также высокопроизводительные сортировочные автоматы.

Сборка с групповой взаимозаменяемостью наиболее просто реализуются для изделий с малозвенными размерными цепями, когда сопрягаются детали из одноименных размерных групп; она применима для изделий и с многозвенными размерными цепями. Зная допуск на замыкающее звено размерной цепи δ , устанавливают средний допуск на ее остальные звенья $\delta_{ср} = \delta / (m - 1)$. Далее принимают средний технологический допуск $\delta_{срТ}$ на эти звенья, причем $\delta_{срТ} / \delta_{ср} = n$, здесь n — число групп размерной сортировки деталей. На рис. 5,б показана схема многозвенной цепи с делением звеньев на размерные группы (a, b, \dots, e). Для того чтобы замыкающее звено оставалось постоянным у всех собираемых изделий, необходимо выдерживать определенную последовательность сборки. С деталью 1 группы a сопрягают деталь 2 группы e . С деталью 3 группы a соединяют деталь 4 группы e . При четном m ставят последней деталь 5 средней группы c (число групп в этом случае должно быть нечетным). Собирая второе изделие, сочетают группы b и d у всех пар деталей цепи. Для третьего изделия берут все детали только средней группы c и т. д. При данном методе сборки можно значительно расширить допуски на изготовление деталей, получив высокую точность сборки. В каждом конкретном случае могут быть составлены соответствующие таблицы с учетом равномерного использования деталей по полю допуска.

В. Комбинация сортировки деталей на группы с подбором заключается в том, что в пределах каждой группы производят непосредственный подбор сопрягаемых деталей, чем достигается лучшая посадка. Такой комбинированный метод используют при сборке особо точных изделий.

Сборка с пригонкой позволяет получить заданную точность сопряжения изменением размера одной из деталей (технологического компенсатора) посредством снятия необходимого слоя

материала во время процесса сборки. При этом детали изготавливают по экономически целесообразным допускам, а излишнюю возможную величину погрешности замыкающего звена удаляют за счет компенсирующего звена. Уменьшение доли пригоночных работ может быть достигнуто предварительной сортировкой и подбором сопрягаемых деталей. Этот метод используют в единичном и мелкосерийном производстве. Он не пригоден для автоматизированного производства.

Сборка с регулированием заключается в том, что заданной точности сопряжения достигают путем изменения величины заранее выбранного компенсирующего звена без снятия с него слоя материала. Преимущества этого метода сборки: возможность обработки входящих в соединение деталей по расширенным допускам; простота сборки при высокой ее точности; возможность регулирования не только при сборке, но и в процессе эксплуатации. Метод малоприменим для автоматизированного производства.

Тот или иной метод сборки выбирают при анализе размерных цепей собираемого изделия. Выбирая метод сборки, устанавливают прежде всего возможность применения метода полной взаимозаменяемости. Для этого сравнивают конструкторские допуски на звенья размерной цепи из формулы (3) с технологическими погрешностями. Технологические погрешности для некоторых видов обработки деталей приведены в табл. 4.

Если конструкторские допуски уже погрешностей, а уменьшение последних приводит к сильному удорожанию производства, пробуют использовать метод неполной взаимозаменяемости, позволяющий при сборке применить детали с более широкими конструкторскими допусками. Из выражений (3) и (4) легко получить

$$\delta''/\delta' = \sqrt{m-1}, \quad (5)$$

где δ' и δ'' — средние допуски на размеры звеньев размерной цепи при методе полной и неполной взаимозаменяемости соответственно (здесь принято $\gamma_i=1$; $\lambda_i=1/9$; $t=3$).

Из выражения (5) следует, что если, например, число звеньев $m=5$, то допуски δ'' по сравнению с δ' расширяются вдвое при одном бракованном соединении на 370 годных (при $t=3$ риск несобираемости $P=0,27\% = 1/371$).

В случае малозвенной цепи и высокой точности замыкающего звена применяют метод групповой заменяемости, указывая в сборочных чертежах допуски на изготовление сопрягаемых деталей и принятое число размерных групп. В остальных случаях при сборке применяют методы пригонки и регулирования.

Значения технологических погрешностей

Наименование параметра, операций	Значения, мм
Размеры заготовок ПП, получаемых: резкой на роликовых и гильотинных ножницах штамповкой	$\pm (0,5 \dots 1,5)$ $\pm (0,1 \dots 0,2)$
Размеры ПП, обрезаемых по контуру: фрезами алмазными кругами вырубкой штампами	$\pm 0,1$ $\pm 0,05$ $\pm (0,02 \dots 0,04)$
Межцентровые расстояния отверстий, получаемых сверлением: на станках с ЧПУ при ручной разметке по кондуктору	$\pm (0,02 \dots 0,1)$ $\pm 0,2$ $\pm (0,05 \dots 0,1)$
Межцентровые расстояния отверстий, получаемых штамповкой Биевие сверла сверлильного станка	$\pm 0,04$ 0,02
Отклонение диаметра при сверлении отверстий: при диаметре до 0,4 мм —»— от 0,4 до 0,8 мм —»— свыше 0,8 мм	+0,05 +0,1 +0,12
Диаметр (ширина) выводов ЭРЭ и микросхем Расстояние между выводами ЭРЭ после их формовки	$\pm 0,05$ $\pm 0,01$
Токарная обработка деталей (точение, растачивание) грубая, черновая чистовая тонкая	14 квалитет 12 » 11 »
Фрезерование: черновое чистовое тонкое цилиндрическое тонкое торцевое	14 » 12 » 11 » 10 »
Шлифование: предварительное и однократное чистовое	10 » 9 »

2.4. ПОСТРОЕНИЕ МАРШРУТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ И СБОРОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Маршрутная технология устанавливает наиболее целесообразную последовательность операций общего технологического процесса сборки РЭА. Последовательность сборки определяется на основе анализа конструкции изделия и разработанной

ранее технологической схемы сборки и с учетом выбранной формы организации производства.

При определении последовательности сборки анализируют размерные цепи изделия. Если изделие имеет несколько размерных цепей, то сборку следует начинать с наиболее сложной и ответственной цепи. В каждой размерной цепи сборку завершают установкой тех элементов соединения, которые образуют ее замыкающее звено. При наличии размерных цепей с общими звеньями начинают сборку с элементов той цепи, которая наиболее влияет на точность изделия. Если цепи равноценны по точности получаемых результатов, то сборку начинают с более сложной цепи.

На последовательность сборки влияют функциональная взаимосвязь элементов изделия, конструкция базовых элементов, условия монтажа несущих конструкций и кинематических передач, желательность постановки легко повреждаемых ЭРЭ и деталей в конце сборки, размеры и масса присоединяемых элементов, степень взаимозаменяемости элементов изделия. При производстве невзаимозаменяемых изделий на последовательность сборки влияют пригоночные работы, промежуточные разборка и сборка соединений, дополнительная обработка, очистка и контроль деталей.

При составлении маршрута сборки большое значение имеет назначение местоположения и содержание операций технического контроля и других вспомогательных операций. Необходимость и целесообразность введения контроля на данной стадии сборки в общем случае определяется стоимостью и эффективностью контрольных операций [2]. Практически контроль предусматривается после операций, содержащих регулировку или пригонку, а также после операций, при выполнении которых может появиться брак.

Составление технологической схемы и маршрутной технологии облегчается при наличии образца изделия. В этом случае наиболее выгодная последовательность сборки может быть установлена путем его пробной разборки. Содержание операций устанавливается таким образом, чтобы на каждом рабочем месте выполнялась по возможности однородная по характеру работа. Такая дифференциация способствует специализации рабочих мест и повышает производительность труда. Вместе с тем при чрезмерной дифференциации работа становится однообразной и утомительной. Большое влияние на выбор степени дифференциации оказывает необходимость получения в результате выполнения каждой сборочной операции технологически завершенного сборочного элемента, удобного для транспортировки

и контроля. Поэтому дифференциацию следует проводить осмотрительно, за исключением случаев автоматической сборки, когда для простых операций можно применить дешевые роботы-манипуляторы с жестким цикловым управлением, для более сложных операций—более дорогие работы (станки) с числовым программным управлением (ЧПУ).

Для поточной сборки уточняют число и содержание операций предварительно составленного технологического процесса с целью их синхронизации. Средняя загрузка всех рабочих мест сборочной линии при этом должна быть достаточно высокой (не ниже 0,85...0,9).

При серийном производстве содержание операций принимают таким образом, чтобы на отдельных рабочих местах выполняемая сборка данного и других изделий периодически сменяемыми партиями обеспечивала достаточно высокую загрузку рабочих мест. Этому соответствует условие

$$\left(\sum_{i=1}^l T_{сб\ i} N_i + \sum_{i=1}^l T_{пз\ i} p_i \right) m \leq F, \quad (6)$$

где $T_{сб\ i}$ — трудоемкость сборки i -го изделия;

N_i — годовая программа выпуска i -го изделия;

$T_{пз\ i}$ — подготовительно-заключительное время для i -го изделия;

p_i — число партий i -го изделия в год;

m — число рабочих мест;

l — число собираемых на участке изделий.

Найденное из формулы (6) значение m округляют до ближайшего большего $m_{окр}$. При этом коэффициент загрузки рабочих мест $\eta = m/m_{окр}$ должен быть достаточно высоким ($\eta > 0,7$ — $0,8$).

Размер (а следовательно и число) партий можно устанавливать с учетом наименьших затрат на изготовление изделий:

$$C_{год} = C_{сч} N + C_n p + C_x; \quad p = \int_0^{t_n} n(t) dt, \quad (7)$$

где $C_{год}$ — годовые затраты на изготовление изделий;

$C_{сч}$ — себестоимость сборки одного изделия;

C_n — издержки на одну переналадку сборочного оборудования; включают оплату труда наладчиков и потери, связанные с простоем оборудования при переналадке;

p — число партий, $p = N/n$;

n — размер партии;

C_{xp} — затраты на хранение одного изделия в единицу времени;

t_n — время сборки одной партии, $t_n = F/p$.

Последнее слагаемое в правой части формулы (7) определяет затраты, связанные с ростом незавершенного производства при увеличении размера партии, и затраты на расширение производственных площадей для хранения изделий (существенно при больших габаритах). Для определения C_{xp} можно воспользоваться данными [17], что затраты на хранение в течение года могут доходить до 15—20% от стоимости хранимого.

Учитывая, что $n(t) = Nt/F$, получим оптимальный размер партии

$$n_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2 C_n N}{C_{xp} F}}.$$

При окончательном выборе размера партий следует принимать во внимание также такие факторы, как кратность партий размеру месячной производственной программы; необходимость загрузки оборудования и рабочих не менее, чем на целую смену; емкость накопителей оборудования; размер изделий.

2.5. НОРМИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ РАБОТ

Нормирование времени сборочных работ производят на основании технологических документов и нормативов времени. Задача нормирования возникает на различных этапах проектирования технологического процесса сборки.

А. Вначале ее приходится решать для установления типа производства. На основе разработанной технологической схемы сборки выявляют несколько характерных операций и для них определяют нормы времени по укрупненным нормативам или другими приближенными методами нормирования.

Например, при наличии изделия — аналога трудоемкость сборки можно рассчитать по формуле

$$T_{cb} = T_a K_{\text{пр}}, \quad (8)$$

где T_a — трудоемкость сборки изделия — аналога;

$K_{\text{пр}}$ — общий коэффициент приведения,

$$K_{\text{пр}} = K_1 K_2 \dots K_n,$$

где K_1 — коэффициент приведения по сложности;

K_2 — коэффициент снижения трудоемкости;

K_n — коэффициент приведения, учитывающий другие особенности собираемого изделия.

Коэффициент приведения по сложности

$$K_1 = P/P_a, \quad (9)$$

$$\text{или} \quad K_1 = P_a/P, \quad (10)$$

где P, P_a — основной технический параметр (мощность, чувствительность, точность, масса, габариты и т. п.) соответственно искомого изделия и изделия — аналога.

Формулы (9) или (10) применяются в зависимости от того, что принято за основной технический параметр с целью обеспечения условия $K_1 > 1$.

Коэффициент снижения трудоемкости

$$K_2 = \left(\frac{1}{1 + K_{\text{пт}}} \right)^t,$$

где $K_{\text{пт}}$ — планируемый ежегодный рост производительности труда (в относительных единицах);

t — период времени от начала проектирования до запуска изделия в производство (в годах).

Из рассчитанного по формуле (8) значения трудоемкости легко определить среднюю продолжительность операции сборки. Сопоставляя полученную тем или иным способом среднюю продолжительность операции сборки с тактом работы по формуле (2), устанавливают тип производства.

Б. На этапе разработки маршрутной технологии нормы времени устанавливают на все операции технологического процесса после выявления их структуры и содержания.

Штучное время при сборке $t_{\text{ш}} = t_{\text{оп}} K_1 (1 + K_2/100)$, где $t_{\text{оп}}$ — оперативное время; K_1 — коэффициент, учитывающий категорию РЭА и тип производства (табл. 5); K_2 — коэффициент, учитывающий время на организационно-техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности рабочего. Значение K_2 берут по нормативам в зависимости от условий выполнения операции (3...10,5%; для конвейерной сборки $K_2 = 9,3\%$). Оперативное время определяют по нормативам, представляющим собой продолжительность выполнения отдельных элементов работы (прил. 1).

Таблица 5

Категория РЭА и ее характеристика	Значения K_1 при типе производства:				
	единич- ное	мелко- серийное	средне- серийное	крупно- серийное	массо- вое
Широковещательная аппаратура и аппаратура проводной связи массового применения	—	—	1,0	0,75	0,7
Спец аппаратура стационарная и бортовая наземная	1,8	1,5	1,2	—	—
Спец аппаратура бортовая (кроме наземной)	1,9	1,8	1,5	—	—

В. На этапе разработки операционной технологии для точного производства установленные ранее нормы времени корректируют в процессе синхронизации операций.

Г. В серийном производстве при сборке партиями (размером n изделий) определяют штучно-калькуляционное время операции

$$t_{шк} = t_{ш} + \frac{t_{пз}}{n},$$

где $t_{пз}$ — время, которое затрачивает сборщик на ознакомление с чертежом изделия, подготовку и наладку оборудования, снятие и сдачу приспособлений и инструментов после выполнения работы и сдачу собранных изделий.

Д. При использовании автоматического сборочного оборудования штучное время определяют без учета времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности рабочего, т. е. принимают $K_2=0$. Продолжительность вспомогательных движений оперативного времени сводят к минимуму, осуществляя их на повышенных скоростях или совмещая эти движения (частично или полностью) с основной работой.

Е. В условиях комплексно-механизированного и автоматизированного производства значительно увеличивается объем наладки и текущего обслуживания. Соответственно возникает задача установления норм обслуживания для наладчиков.

Норма обслуживания — количество единиц оборудования, закрепленных за одним или группой рабочих, рассчитывается по формуле $m_{об} = F/t_{об}$, где F — фонд рабочего времени (в смену, месяц); $t_{об}$ — норма времени обслуживания единицы оборудования для соответствующего календарного периода.

2.6. АВТОМАТИЧЕСКАЯ СБОРКА

Автоматическая сборка повышает качество изделий, производительность, улучшает условия труда и высвобождает большое число рабочих. Сдерживают ее нетехнологичность конструкции изделий, недостаточная унификация и малая серийность их выпуска, отсутствие типового сборочного оборудования, малое число апробированных на производстве примеров решений.

При автоматической сборке должна быть использована прогрессивная и проверенная на практике технология. Недопустимо простое копирование ручной сборки. Создание технологии автоматической сборки тесно связано с глубоким изучением сущности сборочных процессов. В основе этой работы должна лежать типизация технологических процессов сборки.

Процесс развития автоматизации сборки проходит ряд стадий: частичная и комплексная механизация, частичная и комп-

лексная автоматизация. При частичной механизации сборщик освобождается от трудоемких приемов по выполнению данной операции. При комплексной механизации используют системы механизированных устройств, обеспечивающих выполнение основных и вспомогательных работ. Частичная автоматизация заключается в том, что наряду с обычным сборочным оборудованием используют автоматы и полуавтоматы. Более эффективна комплексная автоматизация сборки, при которой система непрерывно действующих автоматических сборочных машин функционирует как единый взаимосвязанный комплекс. Комплексная автоматизация—высшая форма автоматизации сборки.

Цель автоматизации — получить минимум затрат живого и прошлого труда при выпуске заданного количества продукции. Но определенный уровень механизации и автоматизации достигается ценой капиталовложений. И, как правило, чем выше уровень механизации и автоматизации, тем больше капиталовложения. Следовательно каждому варианту технических решений, обеспечивающих тот или иной уровень механизации и автоматизации, соответствует определенная сумма приведенных затрат. Поэтому задача состоит не в том, чтобы во всех случаях стремиться к максимизации уровня механизации и автоматизации, а в том, чтобы выбрать экономически обоснованный уровень, обеспечивающий при некоторых заданных ограничениях наибольшую экономическую эффективность производства.

Технологический процесс автоматической сборки существенно отличается от технологического процесса ручной и механизированной сборки. Если при ручной сборке необходимы простейшие инструменты, то при автоматической сборке нужны автоматически действующие устройства, надежно выполняющие все переходы сборки. Для автоматической сборки нужно иметь:

бункерно-ориентирующие устройства для простых деталей, магазины (кассеты), загружаемые более сложными по своей конфигурации деталями и ЭРЭ в предварительно ориентированном виде;

накопители, соединяемые с бункерно-ориентирующими устройствами лотками;

отсекатели-устройства для поштучной выдачи деталей из накопителя на сборочную позицию автомата (работа отсекаателя строго согласована во времени с работой автомата);

питатели-устройства для передачи детали из накопителя после освобождения ее отсекателем на сборочную позицию автомата (питатели направляют деталь для точного соединения ее с сопрягаемой деталью изделия; для этой цели исполь-

зуют направляющие устройства и досылатели, принудительно заталкивающие соединяемую деталь в заданное положение);

устройства для получения соединений (прессовых, развальцованных, клепаных и др.);

устройства, контролирующие правильность выполненного соединения;

механизмы для удаления собранного изделия из автомата в тару или на транспортер (лоток) для передачи на следующий автомат без потери ориентации.

Сложные базовые детали собираемого изделия (например ПП) устанавливаются в приспособление на сборочной позиции вручную или манипулятором из магазина с последующим ее закреплением и откреплением в конце сборки. Из перечисленных этапов наиболее сложный — этап ориентации и соединения сопрягаемых деталей. Погрешность ориентации сопрягаемых деталей является важнейшим фактором, определяющим возможность сборки. Погрешность ориентации есть результат действия большого числа первичных погрешностей, в том числе разброса размеров собираемых деталей и погрешностей механизмов сборочных автоматов (табл. 6).

Таблица 6

Погрешности основных элементов механизмов для установки ЭРЭ на печатные платы

Погрешность	Значение, мм
Позиционирования ПП	$\pm 0,025$
Позиционирования штока установочной головки	$\pm 0,02$
Положения инструмента относительно штока	$\pm 0,02$
Ширины направляющих канавок под выводы	$\pm 0,01$
Расстояния между направляющими канавками	$\pm 0,02$
Позиционирования, обусловленная нежесткостью механизма	$\pm 0,01$

Большое значение для автоматической сборки имеет надежность работы оборудования. Пусть на автоматической линии (многопозиционном сборочном автомате), состоящей из m исполнительных и k контрольных устройств, собирается изделие из n деталей. Вероятности безотказной работы в течение единицы времени (надежность) исполнительных устройств равны P_1', P_2', \dots, P_m' , контрольных устройств — $P_1'', P_2'', \dots, P_k''$ и вероятности качественного изготовления деталей изделия $P_1''', P_2''', \dots, P_n'''$. Если указанные величины — вероятности независи-

мых событий, то вероятность безотказной работы автоматической линии

$$P = (P_1' P_2' \dots P_m') (P_1'' P_2'' \dots P_k'') (P_1''' P_2''' \dots P_n''') P_y = P' P'' P''' P_y,$$

где P_y — вероятность безотказной работы управляющего устройства.

При плановом такте (ритме) R работы сборочной линии штучное время $t_{ш}$ (время цикла) на выполнение сборки должно быть меньше такта на величину потерь, вызываемых отказами

$$t_{ш} = R [1 - (1 - P) \bar{t}_{обс}], \quad (11)$$

где $\bar{t}_{обс}$ — среднее время на устранение отказов (среднее время обслуживания).

Выражение (11) справедливо при $(1 - P) \ll 1$.

Для повышения вероятности безотказной работы исполнительные устройства сборочных автоматов по конструкции и качеству исполнения должны быть высоконадежными. Число исполнительных устройств следует уменьшать до возможного минимума. Например, в многопозиционных сборочных автоматах и полуавтоматах карусельного типа число позиций рекомендуется не более 12. Автоматическую линию для установки ЭРЭ на печатные платы не делают такой длинной, чтобы всю печатную плату смонтировать за один проход. Длину автоматической линии подбирают таким образом, что печатная плата проходит эту линию несколько раз до полного завершения сборки. Это предполагает промежуточное хранение на складе частично собранных печатных плат и персоналаживание линии.

Другой путь повышения вероятности безотказной работы — использование таких исполнительных устройств в сборочных автоматах, которые позволили бы осуществить сборку без вынужденного ужесточения допусков на размеры сопрягаемых деталей.

Если отказы происходят из-за некачественно изготовленных элементов собираемого изделия, то следует использовать такие автоматы, которые в случае брака не останавливаются, и недособранное бракованное изделие сбрасывается в отдельную тару для последующей ручной сборки.

Чтобы в этом случае получить N годных изделий, нужно запустить $N + \Delta N$ изделий, где ΔN — вероятное число недособранных (бракованных) изделий: $\Delta N = (1 - P''') (N + \Delta N)$, где $P''' = P_1''' P_2''' \dots P_n'''$. После преобразований получим $N + \Delta N = N / P'''$. Штучное время выполнения сборки

$$t'_{ш} = R P''' [1 - (1 - P' P'' P_y) \bar{t}_{обс}]. \quad (12)$$

Сопоставляя выражения (11) и (12), можно видеть, что $t'_{ш} > t_{ш}$.

Это означает, что для обеспечения заданного выпуска изделий такт работы линии во втором случае будет более длительным. При равных тактах производительность этой линии будет более высокой.

В автоматизации производства РЭА есть ряд особенностей по сравнению с машино- и приборостроением, обусловленных, как отмечалось выше, сложностью РЭА и серийным характером производства. Из всей совокупности технологических процессов, применяемых в производстве РЭА, самыми сложными и наиболее трудоемкими являются процессы сборки, регулировки, комплексных испытаний. Уровень механизации и автоматизации на сборке и монтаже составляет 0,25—0,6 в зависимости от сложности аппаратуры и 0,15—0,3 при регулировке РЭА, в то время как при формообразовании деталей 0,6—0,85 [3]. Автоматизация сборки в настоящее время охватывает часть технологических операций: подготовка ЭРЭ и микросхем к монтажу, установка их на платы, пайка «волной» припоя, контроль и др. [7, 11].

2.7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ

При разработке технологического процесса сборки РЭА должно быть обеспечено не только изготовление изделия в строгом соответствии с требованиями, предъявляемыми в чертежах и ТУ, но и выбран оптимальный по экономичности вариант технологического процесса. Показатели экономической эффективности определяют как сравнительные величины. Поэтому их оценка зависит от правильного выбора базового варианта. При разработке новой технологии в качестве базы для сравнения выбирают наиболее совершенный технологический процесс сборки, известный в СССР и за рубежом. При усовершенствовании действующих технологических процессов в качестве базы для сравнения принимают существующий на данном заводе технологический процесс.

Для экономической оценки в основном используют два показателя: себестоимость или трудоемкость сборки. Если сравниваемые варианты значительно разнятся единовременными капитальными затратами, то в качестве показателя для оценки следует использовать приведенные затраты.

Сравнение вариантов технологического процесса по технологической себестоимости. При экономическом анализе технологических процессов можно рассматривать не всю себестоимость изделий, а только технологическую. Технологическая себестоимость представляет ту часть полной себестоимости, которая включает затраты, зависящие от выбранного варианта

технологического процесса. Более экономичным будет вариант, обладающий меньшей технологической себестоимостью.

Технологическая себестоимость выполнения сборки одного изделия

$$C = \sum_1^n t_{\text{шт}} (Sk + S_m) + \sum_1^{n'} t_{\text{пз}} S_{\text{п}} + \frac{\sum_1^{n''} (k_a + k_э) S_0}{N}, \quad (13)$$

где $t_{\text{шт}}$ — штучное время сборки, мин;

S — минутная заработная плата одного сборщика (прил. 2 и 3);

k — коэффициент, учитывающий отчисления на соцстрах, оплату отпусков и другие доплаты, $k = 1,13 \dots 1,14$;

S_m — стоимость одной минуты работы сборочного оборудования;

$t_{\text{пз}}$ — подготовительно-заключительное время, отнесенное к одному изделию на одну операцию, мин;

$S_{\text{п}}$ — минутная заработная плата одного наладчика;

k_a и $k_э$ — коэффициенты амортизации и эксплуатации сборочной оснастки ($k_a = 0,2-1,0$ — в зависимости от сложности: для сложной оснастки $k_a = 0,2$; для простой $k_a = 1,0$; $k_э = 0,2$);

S_0 — стоимость единицы оснастки (прил. 5 и 6);

N — годовой выпуск изделий;

n — число сборочных операций;

n' — число переналаживаемых сборочных операций;

n'' — число сборочных приспособлений.

Стоимость одной минуты работы сборочного оборудования приближенно определяют по формуле $S_m = S_a + S_э + S_{\text{аз}} + S_{\text{доп}}$, где S_a — расходы на амортизацию сборочного оборудования, в том числе и на его ремонт; $S_э$ — расходы на электроэнергию (сжатый воздух, воду); $S_{\text{аз}}$ — расходы на амортизацию здания (производственной площади), занимаемого сборочным оборудованием; $S_{\text{доп}}$ — дополнительные расходы.

Расходы на амортизацию сборочного оборудования определяют по формуле

$$S_a = \frac{S_{\text{маш}} a}{60 F},$$

где $S_{\text{маш}}$ — балансовая стоимость машины; в состав $S_{\text{маш}}$ включают затраты на транспортирование, монтаж, наладку и ввод в эксплуатацию оборудования в процентах от стоимости по прейскуранту (прил. 4, 7, 8): (8—12)% — для станков, (12—15)% — для поточных линий из автоматизированного оборудования, (15—20)% — для специальных линий;

α — коэффициент амортизационных отчислений (табл. 7);
 F — годовой фонд времени работы машины, ч.

Таблица 7

Нормативные коэффициенты амортизационных отчислений

Производственные фонды	α , %		
	Всего	α_1	α_2
Универсальные станки:			
в массовом и крупносерийном производстве	14,1	6,7	7,4
в серийном производстве	11,6	5,3	6,3
Агрегатные, специальные станки и автоматические линии:			
в массовом и крупносерийном производстве	12,7	9,1	3,6
в серийном производстве	10,3	7,1	3,2
ЭВМ общего назначения, специализированные и управляющие	12	10	2
Здания производственные	2,4	1,0	1,4

Амортизационные отчисления создают необходимые средства для выполнения капитальных ремонтов оборудования, поэтому в табл. 7 указаны обе составляющие коэффициента α : на восстановление стоимости α_1 и на ремонт α_2 .

Стоимость электроэнергии

$$S_э = \frac{W \alpha S'_э t_{III}}{60}$$

где W — установленная мощность электродвигателей, кВт;
 α — коэффициент использования установленной мощности,
 $\alpha = 0,3 \dots 0,7$;

$S'_э$ — стоимость 1 кВт·ч электроэнергии (1,2...1,7 к.).

Расходы $S_{аз}$, если не известна стоимость здания, можно укрупненно определить по исходным данным расчетной величины занимаемой площади и усредненной стоимости на единицы

$$S_{аз} = \frac{f k S'_3 \alpha}{60 F}$$

где f — производственная площадь, занимаемая оборудованием и рабочими местами, включая расстояния между станками, проезды и проходы и т. д.;

k — коэффициент, учитывающий дополнительную площадь на вспомогательные помещения, $k = 1,2 \dots 1,5$;

S_3' — стоимость 1 кв. м производственной площади; при ориентировочных расчетах можно принимать $S_3' = 125$ — 150 р;

a — коэффициент амортизационных отчислений (см. табл. 7).

К дополнительным расходам отнесены затраты на текущий ремонт и обслуживание оборудования, на вспомогательные материалы и другие эксплуатационные расходы в размере (5—8) % от стоимости оборудования.

В состав технологической себестоимости могут быть включены и общезаводские расходы — в тех случаях, когда в зависимости от изменения технологического процесса изменяется выпуск продукции цеха или завода. В состав этих расходов входят разнообразные затраты, зависящие от многих факторов. Отдельные составляющие общецеховых расходов обычно невелики и оказывают малое влияние на себестоимость продукции. Однако в сумме общецеховые расходы имеют основное содержание в себестоимости. Они составляют обычно 90—110% средней заработной платы производственных рабочих. С этой точки зрения следует уделять достаточное внимание вопросам поэлементного и общего нормирования общецеховых расходов.

Сравнение вариантов технологического процесса по трудоемкости сборки. Для анализа или выбора более экономичного варианта технологического процесса иногда ограничиваются использованием трудоемкости сборки

$$T = \sum_1^n t_{\text{ин}} + \frac{T_{\text{пз}}}{m},$$

где $T_{\text{пз}}$ — суммарное подготовительно-заключительное время на партию m изделий.

Могут быть и другие принципы оптимизации; например, если в кратчайший срок необходимо обеспечить выпуск новой продукции, то иногда целесообразно применять менее экономичный, но более производительный технологический процесс.

Сравнение вариантов технологического процесса по приведенным затратам. Основным критерием определения экономической эффективности использования новой техники принят годовой экономический эффект как результат сопоставления приведенных затрат по базовой и новой технике:

$$\Delta U = U_1 - U_2 = (C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2), \quad (14)$$

где U_1 и U_2 — приведенные затраты на производство годового продукта с помощью базовой (1) и новой (2) техники;

C_1 и C_2 — себестоимость годовой продукции;

K_1 и K_2 — капитальные вложения;

E_{II} — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Лучшим из сравниваемых вариантов признается тот, при котором приведенные затраты минимальны, следовательно, экономический эффект по сравнению с базовым вариантом положительен.

Если внедрение новой техники позволяет повысить качество изделий, то сокращение убытков от брака за год на величину $\Delta C_{бр}$ обеспечит годовой экономический эффект $\Delta U = C_1 - C_2 + E_{II}(K_1 - K_2) + \Delta C_{бр}$. Потери от брака $C_{бр} = (1 - \gamma) S_{\text{мат}} N$, где γ — доля изделий, отвечающих требованиям качества; $S_{\text{мат}}$ — стоимость материалов, необходимых для производства единицы изделия.

Затраты на операцию, в которой выявлен брак, относительно малы и в данной формуле не учитываются.

Себестоимость годового продукта можно представить (без стоимости основных материалов и амортизационных отчислений от стоимости зданий) в виде

$$C = S_{II} + m + Ka; \quad (15)$$

где S_{II} — годовой фонд производственной зарплаты;

m — годовые эксплуатационные затраты (на инструмент, приспособления, электроэнергию, вспомогательные материалы), $m = m'N$;

m' — зарплаты на единицу изделия.

С учетом формулы (15) приведенные затраты при базовом варианте составят $U_1 = C_1 + E_{II}K_1 = S_{II1} + m_1 + K_1(E_{II} + a)$.

Если при тех же характеристиках базового варианта увеличить выпуск годной продукции в φ раз, то для реализации потребуется φ технологических комплектов исходного варианта. Приведенные затраты по базовому варианту, скорректированные на более высокий уровень выпуска,

$$U_1 = \varphi [S_{II1} + m_1 + K_1(E_{II} + a)].$$

Искомый вариант (2) по сравнению с базовым имеет в φ раз более высокую производительность ($N_2 = \varphi N_1$), в σ раз — стоимость капитальных вложений ($K_2 = \sigma K_1$), в ϵ раз — меньшее количество обслуживающих рабочих; в δ раз меняются удельные эксплуатационные затраты, приходящиеся на единицу продукции, доля годных изделий повышается до γ_2 , ($\gamma_2 > \gamma_1$). Тогда приведенные затраты по сравниваемому варианту (для объема выпуска $N_2 = \varphi N_1$) будут

$$U_2 = S_{II2} + m_2 + K_2(E_{II} + a) = S_{II1}/\epsilon + \delta \varphi m_1 + \sigma K_1(E_{II} + a).$$

Годовая экономия от сокращения брака

$$\Delta C_{бр} = (\gamma_2 - \gamma_1) S_{\text{мат}} \varphi N_1.$$

Отсюда годовой экономический эффект

$$\Delta U = (\varphi - 1/\varepsilon) S_{\text{п1}} + \varphi (1 - \delta) m_1 + (E_{\text{п}} + a) \cdot (\varphi - \sigma) K_1 + (\gamma_2 - \gamma_1) \varphi S_{\text{мат}} N_1. \quad (16)$$

Формула (16) может служить основой решения различных задач. Задачи решаются либо как граничные ($\Delta U = 0$), либо как экстремальные ($\Delta U = \Delta U_{\text{макс}}$); при необходимости основное уравнение «реверсируют», т. е. значения $\Delta U = 0$ или $\Delta U = \Delta U_{\text{макс}}$ ставят аргументом, а искомые характеристики — функцией.

2.8. ОБОЗНАЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Обозначения технологических документов [12] регламентирует ГОСТ 3.1201—74 ЕСТД, который предусматривает присвоение каждому разрабатываемому технологическому документу самостоятельного обозначения. Обозначение документа структурно состоит из следующих 3-х элементов:

XXXX.XXXX.XXXX

Порядковый регистрационный номер
Код характеристики документа
Код организации-разработчика

В учебном заведении допускается использование в качестве кода организации-разработчика начальных букв учебного заведения, например, КуАИ (Куйбышевский авиационный институт).

Пятизначный код характеристики документа включает в себя следующие 3 элемента

XX X XX

Вид техпроцесса по методу выполнения
Вид техпроцесса по его организации
Вид технологического документа

Кодовые обозначения характеристики документа находятся по табл. 8—10.

Код	Вид технологического документа
05	Пояснительная записка
10	Маршрутная карта
20	Карта эскизов
25	Технологическая инструкция
30	Комплектовочная карта
40	Ведомость документов
42	Ведомость оснастки
43	Ведомость материалов
44	Ведомость деталей (сборочных единиц)
50	Карта технологического процесса (маршрутная)
60	Операционная карта

Таблица 9

Код	Вид технологического процесса (операции) по его организации
0	Без указания
1	Единичный процесс (операция)
2	Типовой процесс (операция)
3	Групповая технология

Таблица 10

Код	Вид технологического процесса по методу выполнения
01	Технологический процесс изготовления изделия
02	Ремонт
03	Технический контроль
04	Перемещение
05	Складирование
06	Раскрой и отрезка заготовок
10	Литье
11	Литье в песчаные формы
12	Литье в металлические формы
13	Литье в оболочковые формы
14	Литье по выплавляемым моделям
30	Холодная штамповка
40	Механическая обработка
46	Обработка на станках с ЧПУ
50	Термическая обработка
60	Изготовление деталей из пластмасс
65	Изготовление деталей порошковой металлургией
70	Нанесение защитного и декоративного покрытия
75	Электрофизическая обработка
80	Пайка
88	Слесарные, слесарно-сборочные и электромонтажные работы
89	Обмоточные и пропиточные работы
90	Сварка

Порядковые регистрационные номера технологическим документам присваивает служба организации-разработчика, ответственная за ведение картотеки учета обозначений.

При выполнении учебного проекта установлено, что пятизначный регистрационный номер отражает учебную группу студента и год выполнения (последние две цифры).

Пример обозначения технологического документа
КуАИ.10288.55889

КуАИ — организация-разработчик (Куйбышевский авиационный институт);

10 — код вида технологического документа (маршрутная карта);

2 — код процесса по его организации (типовой);

88 — код процесса по методу выполнения (электромонтажные работы);

558 — номер учебной группы;

89 — год выполнения проекта (1989).

2.9. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЕЧАТНО-КОДИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Единая система технологической подготовки производства предусматривает замену заполнения технологических карт ручным способом распечаткой технологических процессов с применением ЭВМ, АРМ и т. д. Все более широко применяется механизированный метод проектирования технологических процессов с применением электронных печатно-кодирующих устройств (ЭПКУ), основанный на использовании классификаторов технологических операций, классификаторов технологических процессов и комплексных технологических маршрутов по видам производства.

Классификаторы технологических операций определяют единую форму трактовки каждой операции и размещения ее на бланке технологической карты, а также ее код согласно отраслевому стандарту. Классификаторы технологических процессов содержат характеристики классификационных группировок и коды технологических процессов.

Отраслевая система подготовки производства (ОСТПП) группирует все виды работ и производственные подразделения предприятий в десять классов: «0» — комплекточный; «1» — заготовительный; «2» — вспомогательный; «3» — литейно-прессовый; «4» — сборочно-сварочный; «5» — физико-химический; «6» — механообрабатывающий; «7» — холодноштамповочный; «8» — сборочно-монтажный; «9» — контрольный, регулировоч-

ный и испытательный. Основой классификационного деления технологических процессов являются признаки технологического подобия и общность процессов обработки.

Кодирование технологических процессов осуществляется последовательно по классификационным группировкам:

класс — специализация производства;

подкласс — метод производства;

группа — сложность производства;

подгруппа — уточнение сложности производства.

Каждая технологическая операция классификатора операций занесена на единичную перфоленку и хранится в библиотеке под номером своего кода. Информация, занесенная на единичную ленту, называется постоянной и содержит код операции, наименование, содержание, вид оборудования, приспособления и инструмента, сведения по технике безопасности. Для ввода переменной информации служит код ЭПКУ «Стоп» на перфоленке и соответствующий ему специальный знак на бланке карты.

Комплексные технологические маршруты (КТМ) объединяют в себе несколько типовых технологических процессов, имеющих общий маршрут, причем каждая операция КТМ имеет такое количество переходов, которое путем их выборки позволяет составить технологический процесс на конкретное изделие.

Комплексные технологические маршруты составляются технологами-разработчиками, формируются на общем носителе (перфоленке или магнитной ленте) путем последовательной перезаписи с единичных лент, хранятся в библиотеке и используются для разработки единичных технологических процессов с помощью карт-программ-документов, содержащих коды технологических операций и переменную информацию для конкретного техпроцесса.

Проектирование технологических процессов с помощью ЭПКУ ведется в следующей последовательности.

Предварительно необходимо изучить следующую нормативно-технологическую документацию (НТД):

ОСТ4 ГО.040.211—84 «Порядок разработки технологических процессов с применением средств механизации и автоматизации»;

ОСТ4 ГО.040.011 «Классификатор технологических процессов. Сборочно-монтажное производство»;

ОСТ4 ГО.040.012 «Классификатор технологических операций (КТО). Сборочно-монтажное производство»;

КТМ, разработанные на предприятии по видам производства;

правила разработки и заполнения карт-программ;

правила работы на комплексе технических средств ЭПКУ.

После изучения НТД работа проводится в следующем порядке.

1. По чертежу определяются класс и подкласс узла, соответствующие методу его изготовления.

2. По классификатору технологических процессов определяется номер (группа) технологического процесса, соответствующий данному подклассу и группе узлов.

3. По номеру технологического процесса определяется соответствующий КТМ.

4. По КТМ разрабатывается конкретный кодированный маршрут изготовления заданного узла.

5. Технологические операции маршрута разбиваются на переходы: их коды, определяемые из КТМ, и переменная информация заносятся в бланки карты-программы для последующей распечатки техпроцессов изготовления конкретного изделия.

6. Для автоматизированной распечатки заданного технологического процесса на основании карты-программы и КТМ разрабатывается управляющая перфоленга.

7. Механизированная и автоматизированная распечатка осуществляется оператором в соответствии с инструкцией по эксплуатации конкретного комплекса технических средств ЭПКУ.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ

3.1. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЦЕХОВ

Исходными данными для проектирования сборочных цехов (участков) являются разработанная технология, производственная программа, конструкторская документация на изделия. В проекте на основе ранее разработанного ТП решают следующие основные вопросы:

определяют состав и число работающих по участкам и группам;

разрабатывают планы расположения рабочих мест и оборудования производственных участков и определяют производственную площадь цеха;

определяют состав вспомогательных отделений цеха, оборудование, число работающих и площади;

разрабатывают компоновочный план цеха с учетом создания рациональных транспортных потоков полуфабрикатов, деталей, готовых изделий;

определяют грузооборот цеха, выбирают тип и рассчитывают число единиц межоперационного транспорта, грузоподъемных устройств и производственной тары;

определяют виды и количество необходимой энергии (электроэнергия, сжатый воздух, вода);

определяют основные технико-экономические показатели работы цеха.

На радиотехнических предприятиях сборочные цехи занимают особое положение, т. к. в них выполняются разнообразные операции, и сборка оказывает большое влияние на качество изделий. В сборочных цехах выполняются производственные работы следующих видов: комплектование; узловая и общая сборка; монтаж; регулировка РЭА; контроль и испытания РЭА; вспомогательные работы; упаковка изделий; намоточные работы; пропиточно-заливочные работы; механическая обработка.

Проектирование цехов ведут в зависимости от формы организации работ в цехе. Существуют различные формы организации работ.

1. *По видам оборудования:* оборудование располагается по признаку однородности обработки, т. е. создаются участки, предназначенные для одного вида операций, — намоточный, монтажный, участок пайки и т. п. Такая форма организации используется в единичном и мелкосерийном производстве.

2. *Предметная:* оборудование располагается в порядке последовательности выполнения технологических операций для одного или нескольких изделий, требующих одинакового порядка сборки. В той же последовательности организуется движение изделий. Сборка ведется партиями, при этом время выполнения операций на одном оборудовании может быть не согласовано со временем выполнения других операций. Изготовленные изделия хранятся у технологического оборудования, а затем транспортируются целой партией. Такая форма организации работы применяется главным образом в серийном производстве.

3. *Поточное производство:* наиболее прогрессивная и эффективная форма организации работ; используется в серийном и массовом производстве.

По степени механизации технологических операций поточные линии делятся на механизированные, комплексно-механизированные, автоматизированные и автоматические.

В зависимости от количества типов одновременно собираемых изделий поточные линии подразделяются на однономенклатурные (однопредметные) и многономенклатурные (многопредметные). В зависимости от количества одновременно обрабатываемых или собираемых изделий одного наименования линии делятся на однопоточные и многопоточные. Иногда операции с поштучной обработкой изделий на одних операциях чередуются с групповой обработкой (обработкой партиями) на других операциях, что существенно усложняет расчеты и планирование.

В зависимости от характера движения изделий по операциям технологического процесса различают прерывно-поточные и непрерывно-поточные линии. На прерывно-поточных линиях операции (все или часть из них) не синхронизированы между собой. На непрерывно-поточных — все операции равны или кратны ритму линии, т. е. синхронизированы во времени. Преобладающим типом поточных линий в отрасли является прерывно-поточный. Это объясняется рядом специфических особенностей производства: наличие планируемых технологических потерь, объем которых является вероятностной величиной; чередование операций с поштучной и партионной обработкой изделий; необходимость длительного вылеживания отдельных групп узлов для стабилизации их параметров; наличие большого количества контрольно-измерительных операций. Все эти причины ведут к перерывам в ходе технологического процесса и невозможности осуществить синхронизацию операций во времени.

Сборочные цехи проектируют по точной, приведенной или условной программе выпуска. Метод проектирования по точной программе предусматривает разработку подробных технологических процессов сборки с технологическим нормированием на все изделия, входящие в производственную программу. Этот метод применяют при проектировании цехов и участков крупносерийного и массового производства.

Суммарная трудоемкость сборки изделий для массового производства

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{mij};$$

для серийного производства

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{mkij},$$

где t_{mij} , t_{mkij} — соответственно штучное и штучно-калькуляционное время выполнения j -й операции для i -го изделия.

Проектирование по приведенной программе применяют для цехов единичного и серийного производства. Проектирование по условной программе применяют, когда невозможно точно определить номенклатуру будущих изделий (опытное, единичное производство). В этом случае программу задают в условных изделиях, для которых с некоторым приближением можно получить необходимые исходные данные [14].

На основе суммарной трудоемкости и станкоемкости (для механизированных и автоматизированных операций) рассчитывается численность рабочих мест m

$$m = T/F$$

и количество единиц оборудования $m_{об}$ цеха (участка)

$$m_{об} = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^K T_{об i},$$

где $T_{об i}$ — станкоемкость оборудования i -го типа;
 K — количество типов оборудования.

3.2. РАСЧЕТ ПЛОЩАДЕЙ ЦЕХА

При расчете цеха следует учитывать следующие виды площадей, составляющих общую площадь цеха $S_{ц}$: производственная площадь — $S_{пр}$; вспомогательная площадь — $S_{всп}$; бытовая площадь — $S_{быт}$; подсобная площадь — $S_{под}$.

Производственная площадь включает:

площадь, занятую оборудованием, верстаками, монтажно-сборочными и регулировочными стендами;

площадь под наземным транспортным оборудованием — конвейерами;

площадь у оборудования и рабочих мест для рабочего, под шкафчики для инструмента, под заготовками и обработанными деталями, собранными излами, изделиями;

площади у рабочих мест для технического контроля (сюда не входят отгороженные помещения ОТК), для стендов испытательных узлов изделий, для устранения дефектов и сдачи готовой продукции;

площади не огороженные, занятые цеховым персоналом (рабочее место мастера, технолога и др.);

площади проходов и проездов между станками и рядами станков, верстаков, настроечно-регулирующих стендов (кроме магистральных транспортных проездов в одноэтажных корпусах). Магистральными называются главные транспортные проезды шириной не менее 3,5 м (в большинстве случаев сквозные и межцеховые), допускающие возможность движения грузовых машин.

Вспомогательная площадь включает:

площадь цеховых контор (техбюро, бюро труда и зарплаты, бухгалтерия, кабинеты начальника цеха и его заместителей), кладовых, складов;

площади, занятые участками для ремонта приспособлений и инструмента, аппаратуры, оборудования; отгороженные помещения ОТК;

площади под цеховые энергетические и сантехнические установки (вентиляционные камеры, аккумуляторные, генераторные, компрессорные).

Бытовая и подсобная площади включают:

помещения буфетов, комнат приема пищи, комнат общественных организаций, санузлы, курительные, душевые, гардеробные; площади, занятые под магистральные и пожарные проезды в одноэтажных корпусах, лестничные клетки, тамбуры, шахты для лифтов.

Общая площадь цеха определяется суммированием всех площадей.

При укрупненном расчете производственную площадь определяют по формуле $S_{пр} = \sum_{j=1}^m S_j$, где m — принятое количество оборудования, верстаков, стенов и т. д., S_j — удельная площадь, принятая на единицу рассчитываемого рабочего места и определяемая по табл. 11.

Т а б л и ц а 11

Удельные площади производственных участков

Наименование участков	Удельная площадь	
	на единицу оборудования, м ²	на единицу верст. места, м ²
Намоточный участок	6..7	4..5
Участок сборки и монтажа	5..7	4..6
Пропиточный участок	6..8	5..6
Упаковочный участок	5..6	4..6
Заготовительный участок	7..9	4..5

Для точного расчета производственной площади необходимо провести расчет по отдельным видам оборудования или рабочих мест с учетом их габаритов, для чего составляется сводная ведомость оборудования и рабочих мест с указанием габаритных размеров.

Вспомогательная площадь рассчитывается в зависимости от вида и типа производства, например, по формуле $S_{всп} = S_{пр} k_{всп}$, где $k_{всп} = 0,2...0,25$ — нормативный коэффициент вспомогательной площади. Бытовая площадь определяется по формуле $S_{быт} = S_{пр} k_{быт}$, где $k_{быт} = 0,15...0,2$ — нормативный коэффициент бытовой площади.

3.3. ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ ПЛАНИРОВКИ ЦЕХА

При проектировании любого цеха правильное составление планировки является одним из важных факторов, т. к. благоприятные условия для работы влияют на получение высокого качества продукции. Взаимное расположение участков определяют исходя из общей компоновки цеха и характера технологического процесса. Исходными данными для составления планировки цеха являются:

строительные чертежи помещений, предназначенных для размещения сборочно-монтажного производства;

технологические процессы;

состав и количество работающих;

состав, количество и технические характеристики технологического оснащения;

нормы технологического проектирования промышленных предприятий;

производственная структура подразделений;

справочные данные по технике безопасности, промсанитарии и пожарной безопасности.

При разработке компоновочных планов здание показывают в виде сетки колонн, а также продольных и поперечных осей. Продольные разбивочные оси, проходящие через геометрические центры колонн в направлении пролетов, маркируют заглавными буквами русского алфавита, поперечные, направленные перпендикулярно пролетам, маркируют арабскими цифрами. Сначала намечают границы цехов и главные проезды, затем внутри цехов определяют места расположения производственных участков и вспомогательных отделений. Производственные участки располагают в соответствии с технологическим процессом. Исходя из условий производства, намечают внутренние перегородки, стены и ворота.

При проектировании цеха выбирают наиболее целесообразные, прогрессивные и экономичные виды внутрицехового транспорта, предусматривая во всех возможных случаях единый транспортный процесс с перемещением материалов, заготовок и изделий из складов к местам сборки одним видом транспорта, исключая перегрузку с межцехового транспорта на внутрицеховой. Вид транспорта следует выбирать на основе технико-экономических сравнений вариантов.

При разработке планировок следует руководствоваться следующими основными положениями.

1. Рабочие места располагают по ходу технологического процесса, обеспечивая минимальную длину транспортного пути и непрерывность производственного процесса.

2. Административно-технические и управленческие службы, за исключением рабочих мест мастеров, не рекомендуются располагать на производственной площади.

3. Питание поточных линий деталями, узлами производят из отдельных комплекточных кладовых.

4. На планировке указывают все виды площадей и их численные значения, сетку колонн, расположение рабочих мест, оборудования, электросиловых щитов, пожарных кранов и т. д.; основные базовые размеры для их установки, места подводки энергоносителей и других коммуникаций, в том числе линии движения изготавливаемых узлов и изделий.

5. Для всех отдельно выстроенных производственных помещений предусматривают аварийные или запасные выходы.

6. Номер оборудования, столов и т. п. спецификации указывают либо внутри контура оборудования, либо на выносных полочках.

7. К плану расположения оборудования должна быть приложена спецификация.

Планировку цеха выполняют обычно в масштабе 1 : 100 (реже 1 : 50, 1 : 200). Рекомендуемые условные обозначения приведены в табл. 12.

Расстояние между осями колонн в поперечном направлении пролета обычно составляет 6; 12; 15; 18 м, а расстояние между осями колонн в продольном направлении составляет 6 м и реже 9; 12 м. Сетка колонн: 6×6; 12×6; 15×6; 18×6 : м.

При выполнении операций на сборочных столах и верстаках расстояние между ними следует принимать по нормам, приведенным в табл. 13 [10].

Нормы расстояний между сборочными конвейерами и стационарными рабочими местами приведены в табл. 14 [10].

При разработке планировки цеха размеры на проходы и расстояния между оборудованием должны быть выбраны такими, чтобы обеспечить удобство выполнения работ как основных, так и связанных с ремонтом оборудования, достаточную свободу движения людей и транспортных средств с грузами, безопасность рабочих.

Место рабочего во время работы обозначают на плане кружком диаметром 500 мм, половина которого зачерняется, при этом светлая часть кружка, обозначающая лицо рабочего, должна быть обращена к оборудованию. Ширина рабочей зоны перед оборудованием должна быть не менее 800 мм.

Все станки, оборудование и устройство на рабочих местах, складские и контрольные площадки, грузоподъемные и транспортирующие устройства обозначаются порядковыми номерами и вносятся в спецификацию, которая помещается на планировке.

Условные обозначения, применяемые на планах сборочных цехов

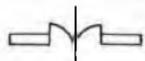
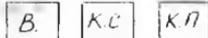
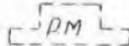
Наименование	Условные обозначения
<i>1. Структурные элементы</i>	
<i>Капитальная стена или сплошная перегородка</i>	
<i>Колонна с фундаментом (железобетонная или металлическая)</i>	
<i>Варшта, дбьер</i>	
<i>Дстекленная перегородка или дбьер</i>	
<i>Перегордка с сеткой</i>	
<i>Металлическая перегородка (из листа)</i>	
<i>Звукоизолирующая перегородка</i>	
<i>Канал, тоннель</i>	
<i>2. Технологическое оборудование</i>	
<i>Рабочее место</i>	
<i>Рабочие места при многостанционном обслуживании (с номером оборудования по спецификации)</i>	
<i>Верстак, контрольный стел, пункт контроля</i>	
<i>Резервное место оборудования</i>	
<i>Места для заготовок и деталей</i>	

Таблица 13

Нормы расстояний между сборочными столами и между верстаками, мм

Расстояние	Обозначение	Норма мм	Схема размещения оборудования
между оборудованием по фронту	<i>o</i>	700...900	
между тыльными сторонами оборудования	<i>б</i>	700...800	
между оборудованием при поперечном размещении к проезду	<i>б</i>	1500...1400	
	<i>в</i>	2100...4000	
	<i>д</i>	1500...1400	
от оборудования до стен или колонн	<i>e</i>	700...800	
	<i>ж</i>	1500...1500	

Примечание. Ширина цеховых проездов при транспортировке верхним транспортом 1200...2500. Напольным транспортом 1200...2100 мм.

Нормы расстояний между сборочными конвейерами и стационарными рабочими местами

Тип конвейера	Расстояние	Обозначение	Норма, мм	Схема размещения
Горизонтально замкнутый	от стены или колонн здания до радиусной зоны	а	1200	
	— до торца конвейера	б	1500	
	между конвейерами	в	2800	
	между торцами конвейеров	г	1500	
Вертикально замкнутый	от стены или колонн здания до рабочего места на конвейере	а	1500	
	— до торца конвейера	б	1500	
	между столами конвейера	в	800	
	между конвейерами	г	1400	
	между торцами конвейеров	д	1500	

Примечания: 1. Нормы расстояний между конвейерами даны для прохода людей. При применении транспортных средств ширина проездов принимается равной А-2000; Б-3000; А1-2000; Б1-2400.

2. Размер радиусной зоны 900 мм (на конвейерах - 800 мм). Ширина магистрального проезда не менее - 3 м. Магистральными являются главные корпусные межцеховые транспортные проезды.

Примечания: А — ширина проезда (3000...4000 мм); Б — ширина конвейера; В — ширина собираемых изделий; Г — расстояние от конвейера или габаритов собираемых изделий до рабочих мест (800...1000 мм в зависимости от габаритов собираемых изделий); Д — расстояние от конвейера или от габаритов собираемых изделий (если ширина собираемых изделий больше ширины конвейера) до проезда, равное 300 мм.

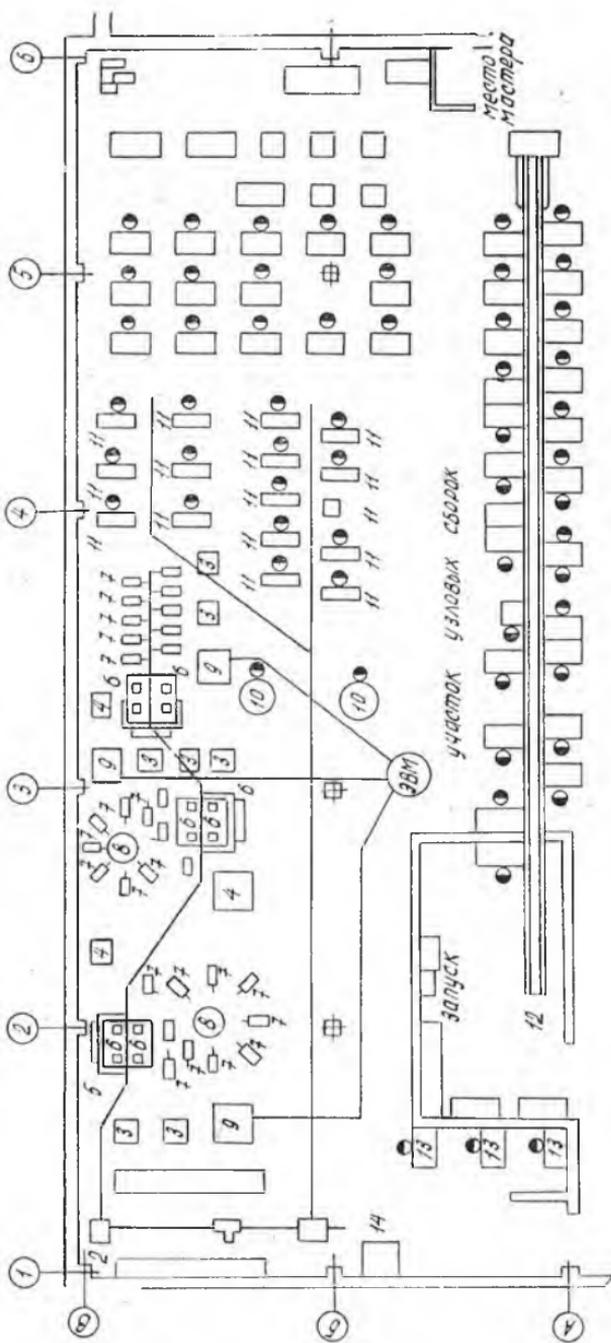


Рис. 6. Планировка цеха серийной сборки

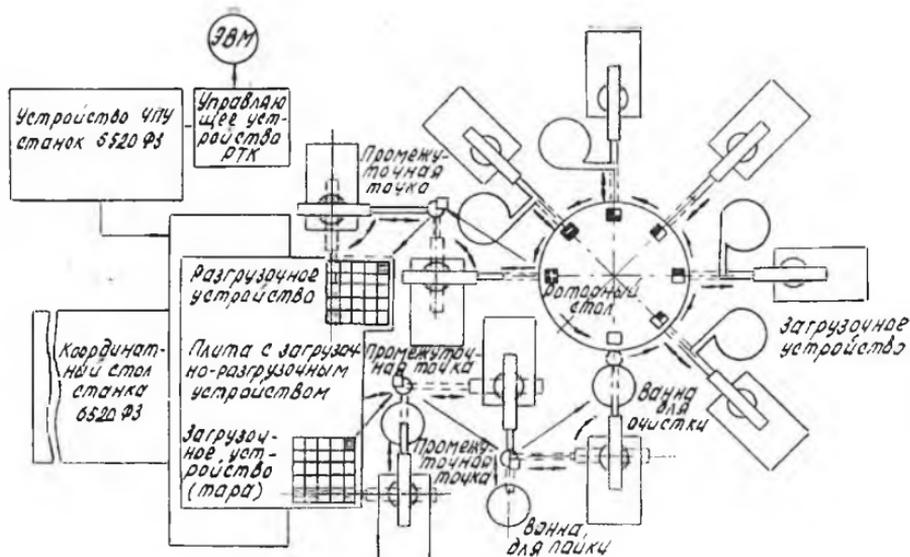


Рис. 7. Робототехнический технологический комплекс для сборки контурных катушек радиоприемников

В спецификации указывают: порядковый номер, присвоенный оборудованию; наименование оборудования; количество оборудования; тип, марку, шифр оборудования; мощность оборудования и электродвигателей; примечание.

Помимо этого на планировке должны быть указаны номера или названия производственных участков, вспомогательных отделений, их площадь, а также название цеха, этажа. На рис. 6 и 7 показаны примеры выполнения планировок производственных участков сборочных цехов.

Библиографический список

1. Березков Б. Н., Сулов А. Д. Оценка технологичности конструкций РЭА: Методические указания. Куйбышев: КуАИ, 1983. — 12 с.
2. Буловский П. И., Миронов В. М. Технология радиоэлектронного аппаратостроения. М.: Энергия, 1971. — 344 с.
3. Быков М. Ф. и др. Комплексная автоматизация производства РЭА: Учебное пособие. Л.: СЗПИ, 1983. — 69 с.
4. Вальков В. М. Контроль ГАП. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-е, 1986. — 232 с.
5. Волчков Л. И. и др. Комплексная автоматизация производства. М.: Машиностроение, 1983. — 269 с.
6. Гаврилов А. Н. Основы технологии приборостроения. М.: Высшая школа, 1976. — 328 с.

7. *Иванов Ю. В., Лакота Н. А.* Гибкая автоматизация производства РЭА с применением микропроцессоров и роботов: Учебное пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1987. — 464 с.
8. *Лебедевский М. С., Федотов А. И.* Автоматизация в промышленности: Справочная книга. Л.: Лениздат, 1976. — 254 с.
9. *Лебедевский М. С.* и др. Научные основы автоматической сборки. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-е, 1985. — 316 с.
10. Методика выполнения курсовых проектов и работ: Учебное пособие для радиотехн. спец. вузов /Под ред. Ю. М. Солдака. — М.: Высшая школа, 1988. — 200 с.
11. *Мысловский Э. В.* Промышленные роботы в производстве радиоэлектронной аппаратуры. М.: Радио и связь, 1988. — 224 с.
12. *Павловский П. В.* и др. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА: Пособие по курсовому проектированию. М.: Радио и связь, 1982. — 161 с.
13. *Парнес М. Г.* Механизация и автоматизация сборки и монтажа радиоаппаратуры. М.: Энергия, 1975. — 327 с.
14. Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справочник в двух томах /Под ред. В. С. Корсакова, В. К. Замятина. М.: Машиностроение, 1983.—839 с.
15. Сборник задач и упражнений по технологии РЭА /Под ред. Е. М. Парфенова. М.: Высшая школа, 1982. — 255 с.
16. Справочник технолога-приборостроителя: Справочник в двух томах /Под ред. Е. А. Скороходова. М.: Машиностроение, 1980. — 926 с.
17. *Стуколов П. М.* и др. Организация, планирование и управление предприятием электронной промышленности: Учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1980. — 351 с.
18. *Таран В. А.* и др. Математические вопросы автоматизации производственных процессов. М.: Высшая школа, 1968. — 216 с.
19. *Ханке Х. И., Фабриан Х.* Технология производства радиоэлектронной аппаратуры: Пер. с нем. /Под ред. В. Н. Черняева, М.: Энергия, 1980.—464 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Нормы времени на различные виды сборочных работ

Характер работ	Оперативное время T , мин	Примечание
Взять, переместить, положить элементы, узлы, инструмент массой, кг		
до 0,1	0,017	
до 0,5	0,029	
до 2	0,035	
до 6	0,068	
Взять винт, установить в отверстие, вернуть рукой, завернуть отверткой на глубину до 10 мм в отверстие диаметром		При глубине свертывания свыше 10 мм и частичной механизации скорректировать время согласно формуле
M2 — M2, 6	0,27	$T_{\Sigma} = [(n - i) 0,08 + T] k$,
M3	0,26	где n — глубина свертывания, кратная 10 мм; $k = 1,0$ — при ручном свертывании; $k = 0,6$ — при частичной механизации
M4	0,23	
M6	0,25	
Взять гайку, навернуть от руки, окончательно завернуть с помощью двух ключей или ключа и отвертки на глубину до 10 мм на болт диаметром		При глубине наворачивания свыше 10 мм скорректировать время по формуле
M2 — M2, 6	0,33	$T_{\Sigma} = [T + (n - 1) 0,16] k$,
M3 — M4	0,3	где n — глубина наворачивания, кратная 10 мм; $k = 1,0$ — при ручном наворачивании; $k = 0,6$ — при частичной механизации
M5	0,33	
M6	0,36	
Вывертывание винтов, отвертывание гаек	—	Берут из приведенных норм, умножив полученную величину на 0,7
Взять заклепку диаметром 1 мм, установить, расклепать	0,21	При большем диаметре заклепки скорректировать время по формуле
		$T_{\Sigma} = 0,21 + (n - 1) 0,03$,
		где n — число, кратное диаметру заклепки. При диаметре 1 мм $n = 1$. При расклепывании на прессе операционное время 0,15

Характер работ	Оперативное время T , мин	Примечание
Взять узел, установить, закрепить винтом	0,15	При числе винтов более 1 скорректировать время по формуле $T_{\Sigma} = 0,15 + (n - 1) 0,12$, где n — число винтов
Включить или выключить устройство	0,02	
Закрепить шасси, корпус, основание в поворотное приспособление	0,23	
Загнуть и обжать лапки или усики деталей	0,12	При числе лапок или усиков более 1 время определить по формуле $T_{\Sigma} = 0,12 + (n - 1) 0,06$, где n — число лапок или усиков
Закрасить винт или гайку	0,06	При большом числе винтов или гаек время определить по формуле $T_{\Sigma} = 0,06 + (n - 1) 0,04$, где n — число винтов или гаек
Зачистить место пайки площадью 1 см ² шабером	0,03	При большей площади зачистки время пропорционально увеличить
Закрасить паяное, сварное соединение	0,05	При числе точек пайки более 1 скорректировать время по формуле $T_{\Sigma} = 0,05 + 0,03 (n - 1)$, где n — число точек пайки или сварки
Загрузить или выгрузить из печи изделие (габариты 20×20×20)	0,08	При больших габаритах изделия скорректировать время по формуле $T_{\Sigma} = 0,08 + (n - 1) 0,07$, где n — число, кратное большему размеру При размере 20 мм $n = 1$
Закрепить элемент на лестке или своим крепежом к основанию (2 вывода)	0,15	
Зачистить вывод элемента	0,08	
Лудить выводы ЭРЭ в тигле: один вывод	0,05	

Характер работ	Оперативное время T , мин	Примечание
два вывода и более одновременно	0,06	
Продеть провод через отверстие в плате	0,05	
Паять на печатной плате одну точку паяльником	0,16	
Промыть, протереть, рихтовать элементы после пайки печатных плат вручную (на 1 элемент)	0,08	
Произвести раскладку провода на шаблоне, длина провода 50 мм без изгибов	0,06	В случае длинного провода и при наличии изгибов скорректировать время по формуле $T_{\Sigma} = 0,06 + (n - 1) 0,01 + \eta \cdot 0,07,$
Связать жгут диаметром до 10 мм (на одну вязку)	0,12	где n — число, кратное длине провода. При длине провода 50 мм $n = 1$. η — число изгибов Для более толстых жгутов время скорректировать по формуле $T_{\Sigma} = 0,12 + (n - 1) 0,04,$
Снять жгут с шаблона, расправить концы	0,5	
Установить в отверстие резиновую втулку	0,1	
Установить винт, шпильку, пистон, простую шайбу, лепесток, втулку, пружинную шайбу	0,05	
Флюсовать место пайки по периметру длиной до 50 мм при ширине 4—5 мм	0,12	При большей длине периметра флюсования $T_{\Sigma} = 0,12 + (n - 1) 0,06,$
Флюсовать одну точку пайки	0,03	где n — число, кратное длине периметра флюсования. При длине периметра 50 мм $n = 1$ При большем числе точек флюсования $T_{\Sigma} = 0,03 + (n - 1) 0,02,$ где n — число точек флюсования

Характер работ	Оперативное время T , мин	Примечание
Формовать выводы вручную (1 вывод):		
ленточные	0,12	
круглые	0,1	
Формовать выводы приспособлением (на элемент)	0,1	
Обезжирить поверхность протиркой тампоном (до 100 см ²)	0,12	При большей площади обезжиривания время пропорционально увеличить
Обезжирить поверхность детали, узла окунанием (на одну деталь или узел)	0,1	При большем числе узлов или деталей $T_y = 0,1 + (n - 1) 0,018$, где n — число деталей или узлов
Надеть трубку длиной 10 мм на провод	0,08	При большей длине трубки определить время по формуле $T_y = 0,08 + (n - 1) 0,02$, где n — число, кратное длине трубки. При длине 10 мм $n = 1$

Приложение 2

Тарифные ставки, руб/ч
(для нормальных условий труда)

Категория рабочих	Разряды					
	1	2	3	4	5	6
	Тарифные коэффициенты					
	1,00	1,09	1,20	1,35	1,54	1,79
Повременщики	0,56	0,61	0,67	0,75	0,86	1,00
Сдельщики	0,60	0,65	0,72	0,81	0,92	1,07

Примечания: 1. Для работ с тяжелыми и вредными условиями труда табличное значение тарифной ставки увеличивается на 12,5%.

2. Для работ с особо тяжелыми и особо вредными условиями труда табличное значение тарифной ставки увеличивается на 20,4%.

*Перечень некоторых рабочих профессий сборочных цехов
(из единого тарифно-квалификационного справочника работ
и профессий рабочих.*

Выпуск 21. Раздел «Производство радиоаппаратуры
и аппаратуры проводной связи»)

Наименование профессии	Диапазон разрядов
Вязальщик схемных жгутов	1...5
Градуировщик РЭА	2...5
Контролер РЭА и аппаратуры проводной связи	2...6
Монтажник аппаратуры проводной связи	1...6
Монтажник РЭА и приборов	1...6
Намотчик катушек	1...4
Подгонщик катушек	1...3
Регулировщик аппаратуры проводной связи	2...6
Регулировщик РЭА	2...6
Слесарь-механик по РЭА	2...6
Слесарь-сборщик РЭА	1...6

Выбор разряда производится исходя из характера работы.

Примеры работ и соответствующих им разрядов

1. Монтажник аппаратуры проводной связи — 1-й разряд.
Характер работы: разделка и подключение концов проводов и кабелей к накопечникам, ШР, ПК, штеккерам. Накладка бандажей. Прокладка экранированных кабелей с разделкой и распайкой концов по простым монтажным схемам.

2. Монтажник аппаратуры проводной связи — 2-й разряд.
Характер работы: монтаж простых узлов, блоков, панелей и плат аппаратуры с заделкой и распайкой концов по простым монтажным схемам. Проверка произведенного монтажа на полярность, обрыв, КЗ, правильность соединений.

3. Монтажник РЭА и приборов — 3-й разряд (вредн.).
Характер работы: монтаж ЭРЭ, установка жгутов на ПП, изготовление перемычек.

4. Слесарь-сборщик РЭА — 4-й разряд.
Характер работы: сборка изделия в корпус.

5. Регулировщик РЭА — 5-й разряд.
Характер работы: регулировка РЭА. Сложный ремонт с механической разборкой и анализом причин неработоспособности.

Характеристика оборудования для сборочно-монтажных работ

Наименование, модель, шифр оборудования	Характеристика оборудования
Комплект оборудования «ПЛАНАР»:	Для автоматизированной сборки узлов на печатных платах с ИС в корпусах 401.14-3.4. Включает 5 единиц оборудования. Возможна поставка оборудования в разукomплектованном виде
Автомат распаковки ИС из тары-спутника. ГГ-2628-01	Производительность $Q = 1200$ шт/ч. Количество ИС в кассете 50 шт. Количество кассет в накопителе 18. Потребляемая мощность $W = 0,5$ кВт. Давление сжатого воздуха $P = 2...4$ кг/см ² . Габариты 990×490×1460 мм. Масса 300 кг. Цена 1500 р.
Автомат формовки выводов ИС. ГГ-2629-01	$Q = 1200$ шт/ч. Количество ИС в кассете 50 шт. Количество кассет в накопителе 18. $W = 0,5$ кВт. $P = 2...4$ кг/см ² . Габариты 920×530×1420 мм. Масса 420 кг. Цена 3100 р.
Автомат лужения выводов ИС. ГГ-2630-01	$Q = 900$ шт/ч. Вместимость вани флюсования и лужения 300 см ³ . $W = 0,6$ кВт. Габариты 1200×1490×1400 мм. Масса 230 кг. Цена 2800 р.
Автомат напрессовки припоя на выводы ИС. ГГ-2631-01	$Q = 1200$ шт/ч. $W = 0,5$ кВт. Количество ИС в кассете 50 шт. Количество кассет в накопителе 18. Габариты 900×400×1500 мм. Масса 200 кг. Цена 3500 р.
Полуавтомат укладки и пайки ИС. ГГ-2633-01	$Q = 360$ шт/ч. Количество ИС в кассете 50 шт. Количество кассет в накопителе 30. $W = 0,6$ кВт. Габариты 1300×850×1240 мм. Масса 270 кг. Цена 8200 р.
Комплект оборудования «АТЛАС-ДВ»:	Для автоматизированной подготовки и установки длинновыводных ЭРЭ. Включает 6 единиц оборудования. Возможна поставка оборудования в разукomплектованном виде
Автомат подготовки полярных ЭРЭ с клеейкой в липкую ленту (две модификации). АРСМ 3790.003, АРСМ 3790.007-03	$Q = 4500$ шт/ч. Тип элементов Д9..Д20. Шаг клеейки 5..10 мм. Ширина ленты 6 мм. Габариты 800×800×1500 мм. Расстояние между лентами 45..75 мм. $W = 0,5$ кВт. Масса 250 кг. Цена 2300 р.
Автомат подготовки неполярных ЭРЭ с цилиндрической формой корпуса и клеейкой в липкую ленту (две модификации). АРСМ 3790.007-01, АРСМ 3790.007-03	$Q = 1000$ шт/ч. Тип элементов — конденсаторы, резисторы. Шаг клеейки 5..10 мм. Ширина ленты 6 мм. Расстояние между лентами 45..75 мм. $W = 0,6$ кВт. Габариты 1800×1000×1500 мм. Масса 300 кг. Цена 1800 р.

Наименование, модель, шифр оборудования	Характеристика оборудования
Автомат переключки ЭРЭ по заданной программе. ГГМ 1.149.002-01	Q = 1200 шт/ч. Диаметр корпуса ЭРЭ 2...8 мм. Длина корпуса 6...22 мм. Шаг вклейки 5...10 мм. Ширина ленты 6 мм. Расстояние между лентами 45 ... 75 мм. Количество бабин с лентами 20. W = 1,5 кВт. Габариты 500×1000×1840 мм. Масса 1200 кг. Цена 8000 р.
Автомат с программным управлением для укладки ЭРЭ с перестройкой установочного размера. ГГМ 1.149.002-01	Продолжительность цикла укладки 0,6 с. Размеры ПП не более 320×320×3 мм. Программное изменение установочного размера от 10 до 22,5 мм. Переориентация ЭРЭ за счет поворота платформы на углы, кратные 90°. W = 1,5 кВт. Габариты автомата 1600×1040×1680 мм. Габариты стойки управления 590×630×1475 мм. Масса автомата 500 кг. Масса стойки управления 160 кг. Цена 5000 р.
Линия пайки механизированная. АМ-1366	Скорость движения транспортера от 0,5 до 3 м/мин. Ширина поемых узлов не более 300 мм. Диапазон регулируемых температур 150...300°C. Время разогрева припоя до 250°C-1 ч. Масса припоя 180 кг. W = 12 кВт. Габариты 1100×320×670 мм. Масса без припоя 300 кг. Цена 5500 р.
Линия механизированной отмычки узлов РЭА	Q = 20 м ² /ч. Размеры обрабатываемых узлов не более 450×450×40 мм. Скорость движения транспортера от 0,5 до 2,7 м/мин. Расход: воды холодной 1,25 м ³ /ч; воды горячей 1,25 м ³ /ч. (температура 55±5°C); сжатого воздуха 60 м ³ /ч. (давление 3,43 кг/см ²). Температура в воздушной камере сушки 60°C. W = 39 кВт. Габариты линии 6600×1350×1320 мм. Габариты стойки управления 800×670×1650 мм. Масса общая 1690 кг. Цена 6500 р.
Установка для рихтовки и предварительной обрезки выводов. ГГ-1623	Q = 800 шт/ч. Диаметр корпусов ЭРЭ 2,7...14 мм. Длина корпуса до 36 мм. Длина выводов после обрезки 20 мм. Цена 720 р.
Установка для зачистки выводов ЭРЭ. ГГ-1614	Q = 900 шт/ч. W = 0,1 кВт. Габариты 295×215×275 мм. Цена 650 р.
Установка для лужения с пультом управления. АП-6, АП-9	Габариты рабочей зоны 200×100×40 мм. W = 0,6 кВт. Габариты 140×250×160 мм. Цена 1000 р.
Установка пайки волной припоя. АП-4, ГГ-1621	Скорость перемещения транспортера 0,5 ... 2,5 м/мин. Габариты ПП не более 320×320×3 мм. W = 5 кВт. Габариты 900×630×1400 мм. Масса 300 кг. Цена 4600 р.
Установка для вклейки в ленту ЭРЭ с осевыми выводами, «ТРАЛ». КПЗ. 628.00.00.00	Q = 17000 шт/ч. Диаметр корпуса ЭРЭ до 4,5 мм. Длина корпуса до 30 мм. Ширина ленты 40...60 мм. Шаг вклейки 5±0,8 мм. W = 10 кВт. Габариты 4150×940×1880 мм. Масса 1000 кг. Цена 134000 р.

Наименование, модель, шифр оборудования	Характеристика оборудования
Автомат для вклейки радиоэлементов с осевыми выводами. «ТРАКТ». КП4.527.00.00.00	Q = 4200 шт/ч. Диаметр корпуса до 9 мм. Длина корпуса 7,2...25,4 мм. Диаметр выводов 0,5...1,2 мм. Шаг вклейки 5±0,8 мм 10±0,8 мм. W = 0,6 кВт. Габариты 2300×1050×2050 мм. Масса 280 кг. Цена 26000 р.
Пост установки ЭРЭ из ленты «Трофей». КПЗ. 603.00.00.00	Q = 14000 шт/ч. Установочный размер ЭРЭ 7,5...31,5 мм. W = 3 кВт. Габариты 1600×1500×1500 мм. Масса 1000 кг. Цена 124000 р.
Установка для рихтовки выводов микросхем в корпусе 201, «ТРОС». КП45.31.00.00.00	Q = 2500 шт/ч. Количество выводов 12, 14, 16. Точность рихтовки ±0,2 мм. W = 0,3 кВт. Габариты 510×710×1540 мм. Масса 150 кг. Цена 7000 р.
Автоматизированный пост для установки ИС в корпусе 201 на платы, «Трамплин». КП16.11.00.00.00	Q = 3500 шт/ч. Точность позиционирования 0,02 мм. W = 1 кВт. Габариты 1670×1500×1925 мм. Масса 500 кг. Цена 101000 р.
Конвейер сборочный. ГЗ-тележный	Для сборки блоков на 24 рабочих места, цена 7200 р.
Конвейер для сборки жгутов. ГЗ	Для сборки узлов на 14 рабочих мест, цена 4200 р. Импульсный на 16 рабочих мест. Длина 15800 мм. Цена 5000 р.
Установка для снятия изоляции и скручивания жил у монтажных проводов. ГГ-1605	Тележечный на 20 рабочих мест. Длина 19000 мм. Цена 6000 р.
Установка для рихтовки и подрезки выводов транзисторов с укладкой в тару. ГГ-1737	Q = 600 шт/ч. Сечение провода до 2,5 мм ² . Длина снимаемой изоляции до 25 мм. W = 1 кВт. Габариты 800×600×650 мм. Цена 1100 р.
Пресс ручной. ВО-517	Q = 600 шт/ч. Длина выводов после подрезки 29 мм. W = 0,5 кВт. Габариты 485×226×202 мм. Цена 1900 р.
Пресс рычажной. ВО-518	Развиваемое усилие 2000 Н. Габариты 160×300×350 мм. Цена 200 р.
Стол рабочий с вентиляцией. Г8.1951.29	Развиваемое усилие 5000 Н. Габариты 160×440×390 мм. Цена 300 р.
Верстаки. ПИ-163. ПИ-159	Габариты 1000×800×1400 мм. Цена 250 р.
Стол для сборки и монтажа. НО.2000.015	Габариты 1200×800×760 мм. Цена 180 р.
	Габариты 1240×600×700 мм. Цена 150 р.

Приспособления и специнструмент

Наименование	Тип	Группа сложности	Стоимость, руб
Ванна для лужения	ГГ0867—4003	4	200
Ванна для флюсования	ГГ0867—4004	4	120
Вакуум-пистолет	ГГ7879—4054	1	5,5
Динамометр 0-500 гс	НР7875—0004	1	15
Иглы для разделки экранированных проводов	—	1	2
Игла для сшивания кабелей	КП7875—4001	1	2,5
Насадка к паяльнику для отсоса припоя	ГГ0839—4003	1	4,3
Приспособления:			
для контроля качества промывки паяных соединений способом флюоресценции	П22131	5	250
для крепления микросхем на печатные платы	ГГ0867—4008	4	120
для крепления микросхем в плоских корпусах с планарными выводами на печатную плату	ГГ7030—4030	4	150
для гибки выводов ЭРЭ	ГГ1944—4003	5	300
для формовки транзисторов	ГГ1944—4001	4	200
для формовки диодов	ГГ1944—4002	4	180
для демонтажа микросхем	ГГ2123	2	8,6
Приспособления:			
для развальцовки пустотелых заклепок на печатных платах	П5633	2	35
для установки и развальцовки лепестков	П6682	2	42
Паяльник для пайки микропроводов	ГГ6358—5085	1	5,6
Подставка:			
для паяльника	ОП—03400	1	5,6
для монтажа печатных плат	ГГ7879—4095	3	80
для сушки печатных плат	ГГ7826—4001	2	30
Станок маркировочный «Бостонка»	—	4	200
Станок сеткографический для маркировки печатных плат	ОМ021—013	5	250
Электрообжималка С-1	ГГ7879—4043	2	25

Примечание. 1-я группа сложности включает в себя ст 1 до 100 деталей и стоит до 20 р. (обжимки, развальцовки, насадки, теплоотводы, подставки, плиты и т. д.);

2-я группа сложности включает до 45 деталей и стоит от 6 до 45 р. (приспособления для сборки мелких узлов, приспособления тисочного типа, подставки с зажимом, приспособления для сборки, пайки, склеивания и т. д.);

3-я группа деталей включает от 10 до 25 деталей и стоит от 45 до 95 р. (поворотные приспособления, для сборки мелких и средних узлов, установочные приспособления для сборки крупных узлов, когда точность сборки обеспечивается размерами собираемых деталей и т. д.);

4-я группа включает от 20 до 40 деталей и стоит от 120 до 215 р. (поворотные приспособления для сборки средних и крупных узлов, обеспечивающих точность сборки);

5-я группа включает от 35 до 55 деталей, стоит от 250 до 415 р. (поворотные приспособления для сборки крупных узлов, обеспечивающие точность сборки, спецоснастка малой и средней точности);

6-я группа — от 50 до 100 деталей, стоит от 600 до 1000 р. (спецоснастка средней и высокой сложности).

Приложение 6

Инструмент для слесарно-сборочных и монтажных работ

Наименование	Размеры, мм	Обозначение
Ключи гаечные двухсторонние	Размер между гранями 3×4, 5×6, 5×7, 6×8, 7×9, 8×9, 9×11, 10×12, 11×14, 12×14, 14×17, 17×19, 19×22, 22×24, 27×30, 32×35	Ключ КГДП 12×14 ГОСТ 2906-71
Ключи торцевые для наружных шестигранников	5, 6, 8, 9, 11, 14, 17, 19	Ключ торцевой 5 ГОСТ 2838-45
Ключ для разъема 2РМ	—	Ключ типа 1 ОСТ 4.060.055
Ключ для разъема ШР	—	Ключ типа 2 ГТ 7813-1020
Кисть мягкая, жесткая	№ 3, 4, 5, 6, 8	Кисть № 3 ГОСТ 10597-65
Круглогубцы с удлиненными губками	Длина 150, 200	Круглогубцы КУГ 150 ГОСТ 7283-73
Микроскоп бинокулярный	Увеличение до 88 крат	Микроскоп МБС-1 МРТУ 3-233-65
Пожинцы прямые	Длина 120, 150, 180	Пожинцы НП 120 ГОСТ 4902-49
Пож универсальный монтажный	Длина 130	Пож НУМ 130 ОСТ 4.Г0.060.015 ЛТТ 6.298.000
Острогубцы боковые кусачки	Длина 125, 150, 200	Острогубцы ОБ 125 МН 5131-60
Острогубцы торцевые — кусачки	Длина 125, 150, 200	Острогубцы ОС 125 ГОСТ 7282-54

Наименование	Размеры, мм	Обозначение
Отвертки с диэлектрической ручкой	Длина 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450	Отвертка 03200×0,9 ГОСТ 5423-54
Отвертка для винтов с крестообразным шлицем	Диаметр резьбы 1,4...3 4 5...8	Отвертка ОВКШ ОСТ 4.ГО.060.017 ГТ 7810-1011
Пинцет с гладкими губками с металлическим корпусом	Длина 110, 120, 130, 150, 200, 250	Пинцет ПГМТ 120 ОСТ 4.ГО.060.013 АТТ 6.890.022
Пинцет с гладкими губками с диэлектрическим корпусом (немагнитный)	Длина 110, 120, 130	Пинцет ПГТД 120 ОСТ 4.ГО.060.013 АТТ 6.890.021
Пинцет с армированными губками для ИС	—	Пинцет типа 4 ОСТ 4.ГО.060.052 ГТ 6.4459-1007
Плоскогубцы с тонкими прямыми губками	Длина 125, 150, 200	Плоскогубцы ПТПГГ 25 ГОСТ 7236-73
Плоскогубцы с удлиненными губками	Длина 150, 200	Плоскогубцы ППГ 150 ОСТ 4.ГО.060.010 ГТ 7814-1020
Паяльник электрический	И = 6 В, Р = 60 Вт И = 36 В, Р = 90 Вт	Паяльник электрический 36/90 ГТ 0838-1011
Скальпель	160×40	Скальпель 160×40 ТУ 64-1-17-72
Шлифшкурка	№ 4, 5, 6, 10, 12	Шлифшкурка № 4 ГОСТ 5009-68
Шило монтажное	Длина 150	Шило ШМ ОСТ 4.ГО.060.019 ГТ 7875-100
Щупы (набор)	№ 1, 2, 3	Щуп № 1 ГОСТ 882-64

Характеристики стеллажно-тарных автоматизированных складов (СТАС)

Характеристики	СТАС-1-1	СТАС-1-2	СТАС-2-1	СТАС-2-2
Грузоподъемность, кг	50	50	50	50
Количество ячеек, шт.	434	930	434	930
Размеры ячеек, мм	480×356× ×250	480×356× ×250	530×395× ×320	530×395× ×320
Скорость горизонтально-го перемещения штабелера-автомата, м/мин	35	35	35	35
Скорость подъема, м/мин	6	6	8	8
Время выполнения одной операции «принести» или «отнести», с	40	40	40	60
Потребляемая мощность, кВт	1,5	1,5	1,5	1,5
Габаритные размеры склада, мм	16500× ×1700× ×3500	16500× ×1730× ×6200	17700× ×1712× ×3300	17700× ×1712× ×5800
Стоимость склада, руб	9500	11500	11000	17000

Основные характеристики управляющих микроЭВМ

№ п/п	Тип	Назначение	Технические характеристики					
			объем опера- тивной памя- ти, килобайт	быстродейст- вие, операций/с	потребляемая мощность, Вт	габаритные размеры, мм	масса, кг	стоимость, руб
1.	«Электро- ника НЦ-03Д»	Предназначена для использования в си- стемах управления логическими процес- сами и техническими объектами, в конт- рольно-измерительных комплексах, ус- ройствах управления роботами	16	50 тыс.	180	483×88× ×425	15	4200
2.	«Электро- ника НЦ-04Т»	Предназначена для использования в си- стемах управления технологическими процессами. Выполнена в виде выдвиг- ного блока	1950	—	70	482×240× ×493	28	6550
3.	«Электро- ника НМЕ 11100.1»	Предназначена для использования в ка- честве встраиваемой микроЭВМ в соста- ве технологического оборудования в контрольно-измерительных комплексах	28	40 тыс.	12,6	252×296× ×12	0,8	2000
4.	«Электро- ника С5-12»	Предназначена для широкого приме- нения в системах локального контроля и управления. Питание от внешних ис- точников построенного тока напряжени- ем 5, 24, 1,5 В	—	Время вы- полнения микроман- д 15 мкс	30	298×284× ×30	1,5	1525
5.	«Электро- ника-60»	Предназначена для широкого использо- вания в системах управления технологи- ческими процессами	4; мож- но нара- щивать до 28	100 тыс.	—	—	—	10000

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ	4
1.1. Оценка подготовленности изделия к автоматизированному производству	4
1.2. Технологические требования к конструкции узлов и блоков РЭА на печатных платах для механизированной и автоматизи- рованной сборки	12
2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ	15
2.1. Особенности процессов сборки РЭА	15
2.2. Определение типа производства и выбор формы организации процесса сборки	16
2.3. Точностные основы процесса сборки	18
2.4. Построение маршрутной технологии и сборочных операций	23
2.5. Нормирование сборочных работ	26
2.6. Автоматическая сборка	28
2.7. Технико-экономический анализ технологических процессов сборки	32
2.8. Обозначение технологических документов	37
2.9. Автоматизированное проектирование технологических процессов с применением электронных печатно-кодирующих устройств	39
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ	41
3.1. Основные вопросы, разрабатываемые при проектировании цехов	41
3.2. Расчет площадей цеха	44
3.3. Порядок составления планировки цеха	46
Библиографический список	52
ПРИЛОЖЕНИЯ	54
Приложение 1. Нормы времени на различные виды сборочных работ	54
Приложение 2. Тарифные ставки	57
Приложение 3. Перечень некоторых рабочих профессий сборочных цехов	58
Приложение 4. Характеристика оборудования для сборочно-монтаж- ных работ	59
Приложение 5. Принадлежности и специнструмент	62
Приложение 6. Инструмент для слесарно-сборочных и монтажных работ	63
Приложение 7. Характеристики стеллажно-тарных автоматизирован- ных складов (СТАС)	65
Приложение 8. Основные характеристики управляющих микроЭВМ	66

*Виктор Иванович Березной,
Борис Николаевич Березков,
Александр Васильевич Капцов,
Николай Григорьевич Чернобровин*

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО РЭА

Редактор Е. Д. Антонова
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор Н. С. Куприянова

Свод. тем. пл., поз. 1076

Слано в набор 6.02.89 г. Подписано в печать 12.04.89 г. ЕО 00170.
Бумага писчая. Гарнитура литературная.
Печать высокая. Усл. п. л. 4,0. Уч.-изд. л. 3,8.
Т. 500 экз. Заказ 137. Цена 15 к.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева,
443001, Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип. ЭОЗ Куйбышевского авиационного института,
443001, Куйбышев, ул. Ульяновская, 18