

Государственный комитет СССР по народному образованию

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции  
и ордена Трудового Красного Знамени  
высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана

---

К. И. БИЛИБИН, В. Н. ГРИДНЕВ, А. П. КУЗИН

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ  
ДЛЯ СБОРКИ МОДУЛЕЙ ЭВА ПЕРВОГО УРОВНЯ**

Методические указания  
к курсовому проектированию по курсам:  
«Технология приборостроения и производства ЭВА»  
и «Технология приборостроения и производства РЭА»

Государственный комитет СССР по народному образованию  
Московского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции  
и ордена Трудового Красного Знамени  
высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана

---

К.И. Билибин, В.Н. Гриднев, А.П. Кузнец



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ  
ДЛЯ СБОРКИ МОДУЛЕЙ ЭВА ПЕРВОГО УРОВНЯ

Методические указания

к курсовому проектированию по курсам:

"Технология приборостроения и производства

ЭВА" и "Технология приборостроения и

производства РЭА"

Под редакцией К.И. Билибина

Данные методические указания издаются в соответствии с учебным планом. Рассмотрены и одобрены кафедрой ИУ-4 07.12.87 г., методической комиссией факультета ИУ 05.01.88 г. и учебно-методическим управлением 19.01.88 г.

Рецензент к.т.н. доц. Е.А. Сорокодов

© Московское высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана



Редактор Н.Г. Ковалевская

Корректор Л.И. Малютина

---

Заказ 804 Объем 2,25 п.л. (2 уч.-изд.л.) Тираж 500 экз.  
Бесплатно. Подписано в печать 06.07.88 г. План 1988 г., № 61.

---

Типография МВТУ. 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

## ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания являются продолжением методических указаний "Проектирование маршрутных и операционных технологических процессов в технологии приборостроения".

Проектирование технологической оснастки (приспособлений) для выполнения сборочно-монтажных работ при производстве ЭВА и РЭА — один из наиболее важных этапов выполнения курсового и дипломного проектов.

В указаниях дается порядок расчета приспособлений и приведены некоторые конструкции приспособлений для подготовки элементов к монтажу. Приводятся справочные данные для выполнения расчетов.

В пособии из-за ограниченности объема не рассматривается сложное сборочно-монтажное оборудование, однако для расчетов отдельных целевых механизмов такого оборудования можно использовать приведенные расчетные формулы.

### 1. СБОРОЧНО-МОНТАЖНЫЕ ОПЕРАЦИИ И ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Трудоемкость сборочно-монтажных работ составляет 40–75% общей трудоемкости изготовления РЭА и ЭВА. Сборочно-монтажные работы усложняются широкой номенклатурой выпускаемой продукции, преобладанием малых по размеру и массе деталей и сборочных единиц, значительным объемом в общей трудоемкости сборки проверочных и регулировочных работ, многообразием технических процессов сборки и электрического монтажа.

Основное количество сборочных операций выполняется вручную с использованием простой оснастки. Однако для повышения производительности, снижения трудоемкости и повышения качества РЭА и ЭВА передовые предприятия применяют средства механизации и автоматизации сборочно-монтажного процесса, используют гибкие производственные системы.

Основными сборочно-монтажными операциями при производстве РЭА и ЭВА являются: свинчивание (завинчивание), соединение методом пластического деформирования, сварка, пайка, склеивание, намотка, накрутка.

Соединение свинчиванием обеспечивает высокие прочностные характеристики аппаратуры и возможность быстрой разборки.

В единичном и мелкосерийном производстве сборка резьбовых соединений проводится в основном вручную при помощи ключей, отверток и других инструментов. В серийном производстве применяют механизированный инструмент (электроотвертки, гайковерты, шпильковерты и т.д.) для сборки резьбовых соединений, при этом винты, гайки и шпильки подаются, как правило, вручную. В последнее время начали применять механизированные инструменты с автоматической подачей крепежа. При крупносерийном и массовом производстве резьбовые соединения следует выполнять на специальных автоматах и автоматизированных робототехнологических комплексах.

Соединение методом пластического деформирования имеет несколько разновидностей: склепывание (клепка, расклепка), запрессовка, развальцовка.

Соединение склепыванием применяют для изделий, работающих при высоких температурах и давлениях; для соединения неметаллических деталей с металлическими. Основной деталью соединения является заклепка с полукруглой головкой. В последнее время получают распространение более технологичные конструкции заклепок, в частности, трубчатые и полутрубчатые, расклепка и развальцовка которых менее трудоемла.

Основные технологические переходы при склепывании: сверление или пробивка отверстий, соединение склепываемых деталей, развертывание соединяемых деталей для обеспечения соосности, установка заклепки, склепывание давлением или ударом.

Для выполнения соединения склепыванием применяют механические эксцентриковые, пневматические, электромагнитные, вибрационные и другие прессы. В крупносерийном и массовом производстве применяют клепальные полуавтоматы и автоматы, выполняющие пробивку отверстий, вставку заклепок и осадку их головок. Наибольшую производительность обеспечивают роторные многопозиционные прессы.

Соединение запрессовкой проводится в холодном состоянии давлением или ударом. Усилие запрессовки зависит от натяга, материала сопрягаемых деталей, их точности и шероховатости. Основными условиями обеспечения высокого качества сборки при помощи запрессовки деталей с натягом являются: точное направление запрессовываемой детали в приспособление в процессе запрессовки; осевое приложение усилий запрессовки к базовым опорам; создание плавающих опор в приспособлениях для центрирования со-

бираемых деталей; контроль собираемых деталей по погрешности формы; контроль за усилием запрессовки.

Развальцовку применяют для сборки деталей из хрупких материалов. При развальцовке инструменту (вальцовке) помимо осевого перемещения сообщается вращение.

Пайка представляет собой процесс соединения металлических деталей при помощи расплавленного или расплавляемого припоя, вводимого в зону соединения деталей. При монтаже РЭА и ЭВА применяют в основном мягкие оловянно-свинцовые припои. Флюсы для пайки необходимы, чтобы защитить основной металл и припой от окисления, растворить образовавшиеся окислы, смочить поверхность металлов и обеспечить лучшее растекание припоя. Используется трубчатый припой с флюсом, который можно дозированно подавать к месту пайки. Пайка твердым припоем обеспечивает высокую прочность швов и применяется для сборки, например, волноводов.

В настоящее время используют разнообразные способы пайки: паяльником, погружением, волной припоя, с использованием паяльных муфт, избирательная пайка и др. Пайка может проводиться в вакууме, в нейтральной или восстановительной среде, предохраняющей место пайки от окисления, с наложением ультразвуковых колебаний. Нагрев при пайке осуществляется жалом паяльника, в ваннах, в печах, с помощью горелок, токами высокой частоты, на электроконтактных машинах. Перед пайкой требуется совместить с определенной точностью соединяемые припоем поверхности.

Сварка — процесс получения неразъемного соединения за счет расплавления и совместной кристаллизации двух свариваемых материалов или без расплавления в результате электронного взаимодействия свариваемых материалов. В производстве РЭА и ЭВА применяют сварку электронным и световым лучом, диффузную сварку, термокомпрессионную, ультразвуковую, холодную сварку давлением.

Важнейшим направлением совершенствования технологических процессов сварки является их механизация и автоматизация, использование сварочных роботов.

Склеивание как метод сборки находит все большее распространение при производстве РЭА и ЭВА. Клеящие вещества удерживают соединяемые детали силами адгезии. Склеивание — наиболее рентабельный, а нередко единственный метод соединения разнородных материалов: резины с металлом, пластмасс с металлом, стеклами, ситаллами, керамикой и др. Склеивание является основной опера-

цией в производстве слоистых пластинок, фольгированных диэлектриков, многослойных печатных плат. С помощью клея можно надежно крепить на платах навесные элементы.

Соединения, получаемые склеиванием, обладают теплоизолирующими, звукопоглощающими, демпфирующими свойствами, герметичностью. Склеивание отличается простой технологией. Легко может быть реализовано в непрерывном ленточном производстве, имеет низкую себестоимость сборки.

Намотка — процесс механической или ручной укладки провода на каркас или оправку для получения катушек контуров, обмоток трансформаторов, дросселей, реле, резисторов и других элементов РЭА и ЭВА. Обмотка — конструктивная часть намоточного узла, состоящая из намотанного материала, выводов, отводов, внутренней, промежуточной и внешней изоляции.

Намотка является сложной и трудоемкой сборочной операцией, включающей в себя несколько технологических переходов. Для повышения производительности и снижения трудоемкости изготовления различных обмоток (особенно в крупносерийном и массовом производствах) в последнее время разрабатываются и внедряются автоматические намоточные станки, которые обеспечивают установку каркасов на оправку, намотку провода на каркас, крепление витков, производство выводов, их зачистку и лужение, сьем готовой продукции.

Накрутка — метод получения контактных соединений между проводом и штырем с острыми кромками, объемными проводниками. Провод наматывается непосредственно на штырь с усилием, равным 70% предела прочности провода на разрыв. При этом 4-6 витков провода механически закрепляются на кромках штыря, образуя газонепроницаемое соединение, надежность которого выше паяного. Для накрутки применяют специальные пистолеты и установки с ЧПУ.

Процесс сборки и монтажа с использованием рассмотренных сборочных операций состоит из следующих этапов:

- подачи собираемых деталей (элементов) к месту сборки;
- взаимной ориентации (базирования) деталей перед их соединением;
- соединения сборочных элементов в сборочную единицу;
- закрепления сборочных элементов (сборочной операцией);
- контроля.

Для выполнения каждого этапа может быть использована раз-

личная оснастка. Возможно выполнение всех этапов на одном многооперационном оборудовании.

Наиболее важным этапом сборки является ориентация собираемых деталей (элементов) перед их соединением. Необходимая точность взаимного положения деталей определяется многими факторами и может быть заранее рассчитана.

Требования к оснастке в части концентрации операций, автоматизации, многоместности, быстродействия и т.п. во многом определяются объемом выпуска изделий.

Для мелкосерийного производства в основном применяются: простая однооперационная технологическая оснастка (часто с ручным приводом), универсально перенастраиваемая оснастка, универсальная оснастка с элементами гибкой перенастройки.

Для серийного производства используется высокопроизводительная механизированная оснастка (с пневмоприводом, гидроприводом, электродвигателем), частично или полностью автоматизированная, оснастка и технологические модули встраиваются в гибкое производство и предназначены для выполнения нескольких операций.

Для крупносерийного производства характерно использование сложной многооперационной, многоместной, как правило, стационарной оснастки, работающей в автоматизированном режиме.

Любое оборочно-монтажное приспособление можно представить в виде структурной схемы (рис. I).

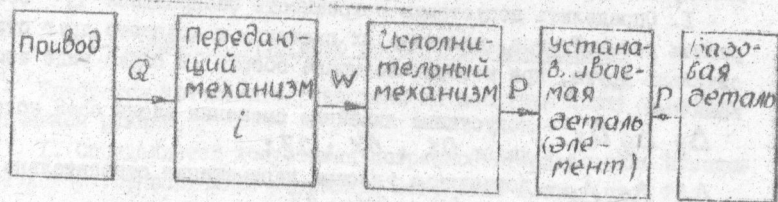


Рис. I

Привод обеспечивает необходимую силу для выполнения оборочной операции. Основные приводы: ручной, пневмопривод, гидропривод, электромеханический, магнитный и электромагнитный, вакуумный.

При ручном приводе усилие на рукоятке не должно превышать 50...100 Н. Передающий механизм служит для передачи усилия в определенном направлении для усиления или уменьшения усилия от привода. Наиболее часто применяют в оборочных приспособлениях



рычажные, клиновые, пружинные, шибберные и другие передающие механизмы.

Исполнительный механизм выполняет следующие функции: ориентирует деталь (детали) перед сборкой, проводит сопряжение деталей и обеспечивает необходимое усилие для выполнения сборочно-монтажной операции.

Проектирование сборочно-монтажных приспособлений состоит из трех этапов:

- точностного расчета приспособления;
- силового расчета приспособления;
- конструирования приспособления.

## 2. ТОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ СБОРОЧНО-МОНТАЖНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

### 2.1. Условия сборки деталей

Точное базирование деталей на сборочной позиции является одной из наиболее трудоемких задач, от правильного решения которой зависит качество сборки, особенно автоматической. Процесс автоматической сборки любой сборочной единицы представляет собой пространственную задачу, которая решается при помощи размерных цепей. Выбор схемы базирования определяет и требования к точности сборочного приспособления.

Порядок расчета условий собираемости деталей (элементов) для проектируемой сборочной операции следующий:

I. Определить допустимую погрешность базирования  $\Delta$  собираемых деталей, т.е. величину их смещения и поворота друг относительно друга, при которых возможна сборка. В общем виде это величины:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$  - допустимые линейные смещения вдоль осей координат  $Ox$ ;  $Oy$ ;  $Oz$ ;

$\Delta\alpha, \Delta\beta, \Delta\gamma$  - допустимые угловые перемещения относительно осей  $Ox$ ;  $Oy$ ;  $Oz$ .

2. Определить фактическую погрешность базирования  $\epsilon$ , исходя из предложенной технологической схемы базирования деталей на операции сборки. В общем виде это величины:

$\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$  - фактические линейные смещения по осям координат  $Ox$ ;  $Oy$ ;  $Oz$ ;

$\epsilon_x ; \epsilon_y ; \epsilon_z$  - фактические угловые повороты по осям координат  $Ox ; Oy ; Oz$ .

3. Определить условие собираемости  $\Delta_{x,y,z} > \epsilon_{x,y,z}$ .

4. Определить точностные требования к проектируемому сборочному приспособлению  $\sum \delta_{x,y,z} = \Delta_{x,y,z} - \epsilon_{x,y,z}$ , где  $\sum \delta_{x,y,z}$  - суммарная погрешность сборочного приспособления, реализующего выбранную схему сборки.

Для расчетов принимаем, что  $\sum \delta_{x,y,z}$  - это суммарный допуск на изготовление деталей сборочного приспособления, влияющий на собираемость деталей.

В табл. 1 и 2 приведены некоторые данные для расчетов допустимых и фактических погрешностей базирования при сборке деталей.

При точностном расчете можно использовать проверочный расчет на точность приспособления и конструкторский расчет приспособления.

В первом случае достаточно проверить, соответствует ли по точности используемая оснастка. Данные берутся из технических характеристик оснастки.

Во втором случае проектируется оснастка, обеспечивающая полученные из расчетов точностные требования  $\sum \delta_{x,y,z}$ . При этом необходимо задать допуски на основные детали исполнительных механизмов: пуансоны и матрицы для формовки, зазоры между ними и т.п.

## 2.2. Пример точностного расчета приспособления

Требуется установить резисторы на печатную плату в автоматическом режиме.

1. Определяется допустимая погрешность базирования выводов резистора относительно монтажных отверстий платы (рис. 2).

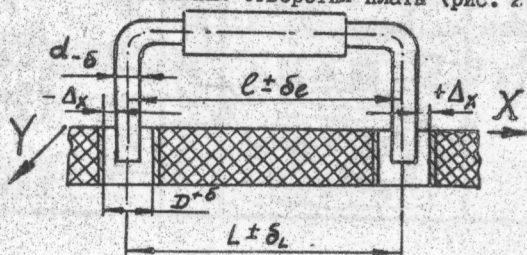


Рис. 2

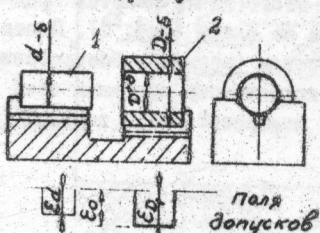
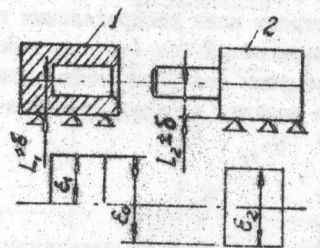
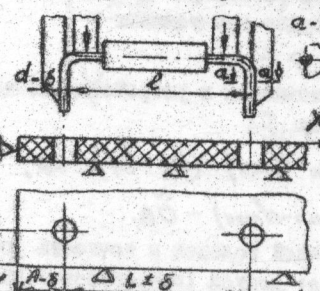
Таблица 3

Определение допустимой погрешности базирования  
при сборке деталей

Вид сопряжения	Эскиз сопряжения	Расчетные формулы
По цилиндрической поверхности без фасок		$\Delta x = \Delta y = \pm \frac{D_{\min} - d_{\max}}{2}$ $\Delta_{xy} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$
По цилиндрической поверхности с фасками		$\Delta x = \Delta y = \pm \frac{D_{\min} - d_{\max}}{2} + C_D + C_d$ $\Delta_{xy} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$
По двум цилиндрическим поверхностям без фасок		$\Delta x = \pm \frac{D_{\min} - d_{\max}}{2} - (\delta_x + \delta_y)$ $\Delta y = \pm \frac{D_{\min} - d_{\max}}{2}$
По двум цилиндрическим поверхностям с фасками		$\Delta x = \pm \frac{D_{\min} - d_{\max}}{2} - (\delta_x + \delta_y) + C_d + C_D$ $\Delta y = \pm \frac{D_{\min} - d_{\max}}{2} + C_d + C_D$
По плоским поверхностям без фасок		$\Delta x = \pm \frac{L_{\min} - L_{\max}}{2}, \Delta y = \pm \frac{B_{\min} - B_{\max}}{2}$ $\Delta_{\Delta x} = \psi \left( \frac{B_{\min}}{B_{\max}} - 1 \right),$ $\Delta_{\Delta y} = \psi \left( \frac{L_{\min}}{L_{\max}} - 1 \right)$
По плоским поверхностям с фасками		$\Delta x = \pm \frac{L_{\min} - L_{\max}}{2} + C_e + C_f$ $\Delta y = \pm \frac{B_{\min} - B_{\max}}{2} + C_e + C_f$ $\Delta_{\Delta x} = \psi \left( \frac{B_{\min} + C_e}{B_{\max} - C_f} - 1 \right),$ $\Delta_{\Delta y} = \psi \left( \frac{L_{\min} + C_e}{L_{\max} - C_f} - 1 \right)$

таблица 2

Определение фактической погрешности базирования при  
 сборке деталей

Способ базирования Эскиз	Расчетные формулы
<p>На призму</p> 	$\epsilon_d = \frac{\delta d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad \epsilon_D = \frac{\delta D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + e,$ <p><math>e</math> - несоосность <math>D</math> и <math>d</math>,</p> $\epsilon_0 = \frac{\delta D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + e,$ <p><math>\alpha = 90^\circ, 120^\circ</math></p>
<p>На плоскость</p> 	$\epsilon_1 = \delta_{L_1}, \quad \epsilon_2 = \pm \delta_{L_2},$ $\epsilon_0 = \delta_{L_1} + \frac{2\delta_{L_2}}{2}$
<p>По различным поверхностям</p> 	<p>Для выводов</p> $\epsilon_{0x} = \frac{\delta d}{2}, \quad \epsilon_{0y} = 0;$ <p>для монтажных отверстий</p> $\epsilon_x = \delta_A, \quad \epsilon_y = \delta_B,$ $\epsilon_{0x} = \delta_A,$ $\epsilon_{0y} = \delta_B.$

Смещение по оси OX

$$\Delta_x = \pm \left[ \frac{D_{min} - d_{max}}{2} - (\delta_L + \delta_l) \right].$$

Смещение по оси OY

$$\Delta_y = \pm \left( \frac{D_{min} - d_{max}}{2} \right).$$

2. Определяется действительная погрешность базирования резистора при установке на плату. Для этого вычерчивается предполагаемая схема установки резистора на плату (рис. 3). Плата в данном случае базируется по плоскостям (возможно базирование на штыри). При этом действительная погрешность смещения осей выводов относительно осей монтажных отверстий платы составит по осям OX и OY соответственно:

а) для выводов  $\epsilon_{bx} = \frac{\delta_{a'}}{2}$ ;  $\epsilon_{by} = 0$ ;

б) для монтажных отверстий  $\epsilon_{ox} = \delta_A$ ;  $\epsilon_{oy} = \delta_B$ .

Для определения действительного взаимного смещения оси вывода и оси монтажного отверстия построим поле распределения допусков вывода и отверстия относительно общей оси (см. рис. 3а). Поля допусков располагают с одной стороны оси. Наибольшее взаимное смещение оси при данной схеме монтажа определяется наибольшим допуском:

для оси OX  $\epsilon_x = \delta_A$ .

для оси OY  $\epsilon_y = \delta_B$ .

Считаем, что взаимные перекосы по осям малы по сравнению с линейными смещениями и в расчетах не учитываются.

3. Проверка условия собираемости резистора на плате. Правильно выбранная схема монтажа будет при условии

$$\Delta_x > \epsilon_x; \quad \Delta_y > \epsilon_y.$$

4. Определяются требования по точности и устройству (стакку) для установки элементов на плату

по оси OX  $\sum \delta_x = \Delta_x - \epsilon_x = (D_{min} - d_{max}) - (\delta_L + \delta_l) - \delta_A$ ,

по оси OY  $\sum \delta_y = \Delta_y - \epsilon_y = (D_{min} - d_{max}) - \delta_B$ .

Считаем, что точность установочной головки и точность позиционирования стола одинаковы, тогда: допуск (погрешность) на смещение установочной головки по оси OX  $\delta_{ax} = \sum \delta_x / 2$ ; точ

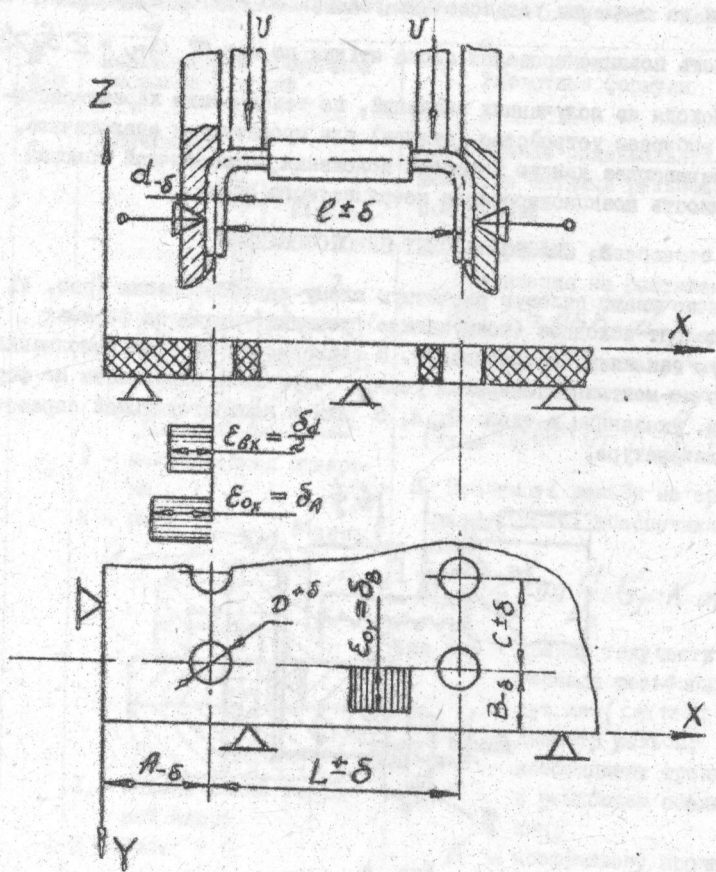


Рис. 3

ность позиционирования стола станка по оси  $Ox$   $\delta_{px} = \sum \delta_x / 2$ ;  
 допуск на смещение установочной головки по оси  $Oy$   $\delta_{2y} = \sum \delta_y / 2$ ;  
 точность позиционирования стола станка по оси  $Oz$   $\delta_{pz} = \sum \delta_z / 2$ .

Исходя из полученных значений, по техническим характеристикам выбираем устройство (станок) или проектируем аналогичное, обеспечивающее данную точность положения установочной головки и точность позиционирования координатного стола.

### 3. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Вычерчивают силовую расчетную схему приспособления (рис. 4). Определяют исходные (возмущающие) усилия (усилия на формовку, гибку, заклепку, запрессовку). В зависимости от вида выполнения сборочно-монтажной операции усилия могут быть определены по формулам, указанным в табл. 3, 4, 5 или в соответствующей справочной литературе.

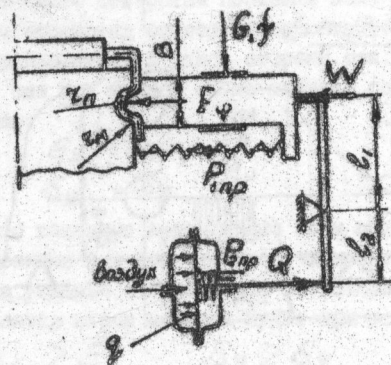



Рис. 4

Рассчитывают усилие привода и выбирают привод приспособления.

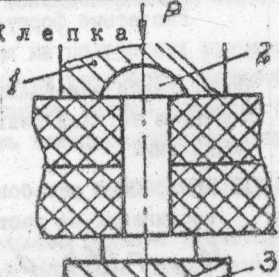
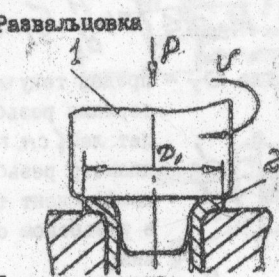
На рис. 4 представлена силовая расчетная схема для за-  
 формовки выводов резистора с пневмоприводом и рычажным механиз-  
 мом передачи усилия на пуансон, формирующий вывод. Определяют си-  
 лу, необходимую для формовки вывода, с учетом действия возврат-  
 ной пружины  $P_{\Sigma} = W = P_{\phi} + P_{1pr}$ ,

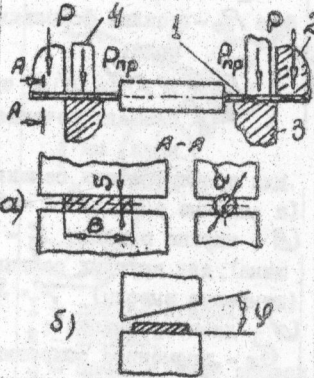
Таблица 3

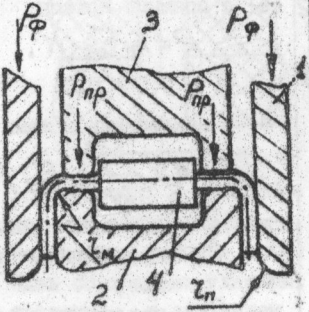
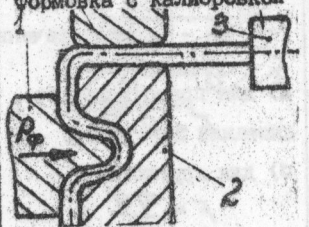
## Определение исходной силы (момента) для сборочных операций

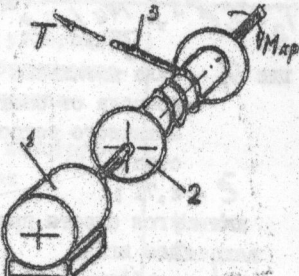
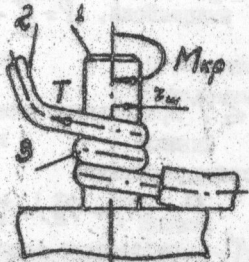
№ п/п	Наименование сборочной операции и эскиз	Расчетные формулы
I	<p>Свинчивание</p>  <p>I - механическая отвёртка; 2 - винт</p> <p>I - механический торцовый ключ; 2 - болт</p>	<p>Определение максимальных моментов затяжки резьбовых соединений:</p> <p>1. При работе резьбового соединения на растяжение</p> $M_{зат} = 0,66 \sigma_T \cdot d \cdot f.$ <p>2. Для обеспечения прочности шлицев на смятие</p> $M_{зат} = 0,085 \sigma_T \cdot K \cdot \frac{a}{d_0} \cdot d^3.$ <p>3. Прочность резьбы на срез (для гайки) обеспечивается при</p> $M_{зат} \leq 1,54 \frac{H}{d_0} \cdot \sigma_T \cdot K \cdot d_0^3,$ <p>где <math>\sigma_T</math> - предел текучести материала резьбовых деталей (см. табл. 7);  <math>d</math> - диаметр резьбы;  <math>f</math> - коэффициент трения в резьбовом соединении;  <math>K</math> - коэффициент прочности материалов резьбового соединения  <math>K = 0,4 \dots 0,8</math>;  <math>a</math> - глубина шлица;  <math>d_0</math> - диаметр головки винта (гайки);  <math>H</math> - высота гайки</p>

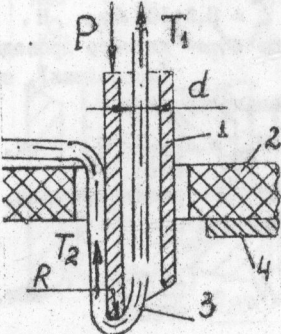


№ п/п	Наименование сборочной операции и эскиз	Расчетные формулы
2	<p>Клепка</p>  <p>1 - шуруп; 2 - заклепка; 3 - опорная плита</p> <p>Замыкающая головка может быть образована ударами, давлением и давлением с развальцовкой</p>	$P = K \cdot d^{1,75} \cdot \sigma_B^{0,75} \text{ Н,}$ <p>где</p> <p><math>K</math> - коэффициент, равный                  26,6 - для сферических головок;                  26,2 - для истайных;                  15,2 - для плоских;                  43,3 - для полустоевых и пустотелых заклепок;</p> <p><math>d</math> - диаметр стержня заклепки, м;  <math>\sigma_B</math> - временное сопротивление разрыву материала заклепки, Па</p>
3	<p>Развальцовка</p>  <p>1 - инструмент; 2 - пустотелая заклепка</p>	$V = 15 + 10 \text{ м/мин}$ $P = K_0 \cdot \frac{D^2 - d^2}{4} \cdot \frac{D_1}{D} \cdot \sigma_T \text{ Н.}$ <p>где <math>K_0</math> - коэффициент, равный 4,5 для медных трубок; 5,5 - для стальных;</p> <p><math>D</math> и <math>d</math> - соответственно наружный и внутренний диаметры трубки, м;  <math>D_1</math> - диаметр развальцованного торца трубки, м;  <math>\sigma_T</math> - предел текучести материала трубки, Па</p>

№ п/п	Наименование сборочной операции и эскиз	Расчетные формулы
4	<p>Резка (разрезка)</p>  <p>1 - вывод ЭРЭ; 2 - подвижный нож; 3 - опорный нож; 4 - прижим</p>	$P_{\Sigma} = nP + mP_{пр}$ <p>а) с прямыми ножами</p> $P = F \cdot \sigma_B \cdot K.$ $K = 0,6 + 0,8;$ <p>б) с наклонными ножами</p> $P = 0,5 \frac{S^2}{\tan \varphi} \cdot \sigma_B \cdot K.$ <p>где <math>P_{\Sigma}</math> - суммарное усилие при обрезке выводов;</p> <p><math>P</math> - усилие от обрезки;</p> <p><math>n</math> - количество выводов;</p> <p><math>m</math> - число мест приложения усилия прижима;</p> <p><math>P_{пр}</math> - усилие прижима</p> $P_{пр} = q \cdot F_0$ $q = 1 \dots 3 \text{ МПа};$ <p><math>F_0</math> - площадь под прижимом;</p> <p><math>F</math> - площадь сечения вывода:</p> <p>а) для прямоугольного</p> $F = B \cdot S;$ <p>б) для круглого</p> $F = \frac{\pi d^2}{4};$ <p><math>\varphi</math> - угол наклона ножей, <math>\varphi = 2 \dots 5^\circ</math>;</p> <p><math>\sigma_B</math> - временное сопротивление разрыву материала</p>

№ п/п	Наименование сборочной операции и эскиз	Расчетные формулы
5	<p>Формовка выводов ЭРЭ и ИМС</p>  <p>1 - пуансон; 2 - матрица; 3 - прижим; 4 - ЭРЭ</p>	<p>Суммарное усилие</p> $P_{\Sigma} = 2 P_{\phi} + 2 P_{\text{пр}},$ <p>где <math>P_{\phi}</math> - усилие формовки вывода;</p> $P_{\phi} = 2 F \cdot \sigma_{\text{в}} \cdot K \cdot n,$ <p>здесь <math>F</math> - площадь сечения вывода, мм<sup>2</sup>;</p> <p>для прямоугольных сечений (п лнарные выводы) <math>F = B \cdot S</math>  <math>B</math> - ширина вывода, <math>S</math> - толщина), для круглых сечений (штыревые выводы) <math>F = \frac{\pi d^2}{4}</math>  <math>d</math> - диаметр вывода);</p> <p><math>\sigma_{\text{в}}</math> - временное сопротивление разрыву материала;</p> <p><math>K</math> - коэффициент, приведен в табл. 8;</p> <p><math>n</math> - число выводов ИМС;</p> <p><math>P_{\text{пр}}</math> - усилие прижима, составляющее (0,25...0,3) <math>P_{\phi}</math>,</p>
6	<p>Формовка с калировкой</p>  <p>1 - пуансон; 2 - матрица; 3 - ЭРЭ</p>	<p><math>P_{\phi} = q \cdot F,</math></p> <p>где <math>q</math> - давление калировки, Па (см. табл. 9);</p> <p><math>F</math> - площадь калируемого вывода под пуансоном, см<sup>2</sup></p>

№ п/п	Наименование сборочной операции и эскиз	Расчетные формулы
7	<p>Намотка провода, навивка проволоки</p>  <p>1 - привод станка; 2 - каркас; 3 - наматываемый провод</p>	<p>Сила натяжения провода (предельная)</p> $T = 8,5 \cdot 10^3 \cdot d_{np}^2 \text{ Н,}$ <p>где <math>d_{np}</math> - диаметр провода (проволоки), см.</p> <p>Момент крутящий</p> $M_{кр} = \frac{T \cdot z_k}{1000} \text{ Н·см,}$ <p>где <math>z_k</math> - радиус каркаса, см;</p> <p>Мощность привода</p> $N_{пр} = \frac{M_{пр} \eta}{975000} \text{ кВт,}$ <p>где <math>\eta</math> - частота вращения каркаса, 1/мин; <math>\eta</math> - КПД намоточного станка</p>
8	<p>Накрутка</p>  <p>1 - штырь; 2 - проводник; 3 - виток</p>	<p>Усилие для накрутки</p> $T = K \cdot \sigma_d \cdot F,$ <p>где <math>K</math> - коэффициент, равный 0,6...0,7;</p> <p><math>\sigma_d</math> - временное сопротивление разрыву материала (см. табл. 4);</p> <p><math>F</math> - площадь сечения провода, мм.</p> <p>Момент крутящий</p> $M_{кр} = \frac{T \cdot z_{ш}}{1000} \text{ Н·см,}$ <p>где <math>z_{ш}</math> - радиус штыря (половина диагонали)</p>

№ п/п	Наименование сборочной операции и эскиз	Расчетные формулы
з	<p>Прошивка провода</p>  <p>1 - игла прошивочная, 2 - печатная плата, 3 - провод, 4 - контактная площадка</p>	<p>Усилие, действующее на провод при прошивке,</p> $T_2 = T_1 e^{\alpha f} + \frac{M_{из}}{S} (1 + e^{\alpha f}),$ <p>где <math>T_1</math> - сила натяжения провода от смоточно-натяжного устройства;</p> <p><math>e = 2,71</math>;</p> <p><math>\alpha</math> - угол охвата проводом иглы;</p> <p><math>f</math> - коэффициент трения провода по поверхности иглы, <math>f = 0,15 \dots 0,2</math>;</p> <p><math>M_{из}</math> - момент, изгибающий провод по поверхности радиуса <math>R</math>;</p> <p><math>S</math> - радиус изгиба провода, <math>S = \frac{d}{2} + R</math>;</p> <p><math>T_2 \leq T</math> предельного для провода.</p> <p>Усилие прошивки,</p> $P = (T_1 + T_2) \cdot K,$ <p><math>K</math> - коэффициент запаса <math>K = 1,3 \dots 1,5</math></p>
<p>Примечание: <math>G_T</math>, <math>G_B</math>, <math>G_{ср}</math> даны в табл. 7</p>		

## Основные механические свойства материалов

Наименование металла или сплава	Состояние	Сопротивление срезу $\sigma_{ср}$ , МПа	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа
Сталь углеродистая обыкновенного качества	-	300...400	400...600
Сталь конструкционная	-	450...500	500...600
Латунь	Мягкая	250...300	300...350
	Твердая	350...400	400...450
Бронза бериллиевая	Мягкая	340...500	400...600
	Твердая	550	650
Медь	Мягкая	180	210
	Твердая	260	300
Алюминий	Мягкий	70	110
	Твердый	110	120...150
Дуралюмин	Отожженный	150...200	180...250
	Закаленный	270...300	340...600
Никель	Мягкий	350	400
	Твердый	470	550
Ковар	Мягкий	380...520	450...600

Примечание: напряжение текучести  $\sigma_T = 0,8 \sigma_B$

Таблица 5

Значение коэффициента  $K$  для формовки (гибки)

$z_M/S$	Значения коэффициента $K$ при $z_H/S$				
	0,5	1	2	3	5
1	0,27	0,21	0,16	0,13	-
2	0,22	0,18	0,14	0,115	0,10
3	0,18	0,15	0,125	0,10	0,08
4	0,14	0,12	0,10	0,09	0,07

где  $P_{\Phi}$  - сила формовки с калибровкой вывода (см. табл. 3),

$P_{\Phi} = q \cdot F$ ,  $q = 20$  МПа (табл. 6);

$F$  - площадь под пуансоном,  $F = B \cdot d_{пр}$ ,  $B = 2z_H + 2z_M + \Delta$ ,

$\Delta = (1+2)$  мм.

Величину размеров пуансона и матрицы и величину рабочего зазора между ними рассчитывают исходя из размера получаемого вида формовки.

Таблица 6

Приближенные значения давления формовки с калибровкой

Материал	Толщина материала, мм			
	до 1	1-2	2-5	5-10
	Давление, МПа			
Алюминий	10...15	15...20	20...30	30...40
Латунь (медь)	15...20	20...30	30...40	40...60
Стали 10-20	20...30	30...40	40...60	60...80
Стали 25-35	30...40	40...50	50...70	70...100

Усилие возвратной пружины  $P_{впр}$  обеспечивает возврат пуансона в исходное положение. Эта сила должна быть достаточной для преодоления силы трения пуансона в направляющей и рычага при вращении на оси

$$P_{1пр} = F_{1тр} + F_{2тр} = G_1 \cdot f_1 + G_2 \cdot f_2,$$

где  $G_1$  и  $G_2$  - массы цуансона и рычага;

$f_1$  и  $f_2$  - коэффициенты трения ( $f_1 = f_2 = 0,2 + 0,35$ ).

По полученной  $P_{1пр}$  выбирается пружина сжатия (диаметр пружины, длина и диаметр проволоки, из которой сделана пружина), обеспечивающая данную силу с запасом в 1,3-1,5 раза.

Найдя  $W$ , определим силу  $Q$ , которую должен обеспечивать привод приспособления

$$Q = \frac{W \cdot L_1}{L_2}$$

Для приспособления выбран диафрагменный привод одностороннего действия с возвратной пружиной  $P_{2пр}$ , расчет которой аналогичен  $P_{1пр}$ .

Усилие на приводе

$$KQ = q \cdot F - P_{2пр} \quad \text{или} \quad q \cdot F = KQ + P_{2пр},$$

где  $K$  - коэффициент запаса, равный 1,3.

Давление в пневмосети цеха 0,4...0,6 МПа.

Определим диаметр пневмоцилиндра

$$q \cdot \frac{\pi D^2}{4} = KQ + P_{2пр}, \quad D = \sqrt{\frac{4(KQ + P_{2пр})}{\pi q}}$$

По полученному  $D$  выбирают диафрагменный пневмопривод с ближайшим большим  $D$  и проверяют на достаточность величины хода штока по формуле  $l = \frac{2}{3} D$ .

Примечание. При выполнении силового расчета могут быть уточнения и дополнения к конструкции приспособления: размеры отдельных элементов, их массы, материалы, коэффициенты трения, приводы и т.д.

В расчетной записке приводится окончательная расчетная схема и расчет приспособления.

#### 4. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ ФОРМОВКИ ВЫВОДОВ ЭРЭ и ИМС

##### 4.1. Разработка схем и последовательности переходов операций формовки

Вариант установки навесного элемента по ОСТ 4.010.030 или нормами предприятия, способ фиксации ЭРЭ и ИМС на плате опреде-



ляют вариант формовки и геометрические размеры выводов. Формовка осуществляется с помощью инструментов: матриц, пуансонов, прижимов, ножей, вставок. Заданная форма выводов достигается за счет применения инструментов сложной геометрической формы и простых линейных перемещений, или геометрически простых инструментов, относительные перемещения которых обеспечиваются различными кинематическими парами.

Для каждого варианта формовки выводов могут быть разработаны схемы и последовательность переходов (табл. 7), на основе которых осуществляется компоновка приспособления, разработка конструкции и расчет на точность.

П-образная формовка (вар. I, табл. 7) обеспечивается параллельным перемещением прижимов и пуансонов в направлении главного движения формовки (гибка) относительно неподвижной матрицы. Ей соответствует наиболее простая схема компоновки приспособления (схема I, табл. 8). Для различных типоразмеров корпусов ЭРЭ применяют раздвижные матрицы и пуансоны.


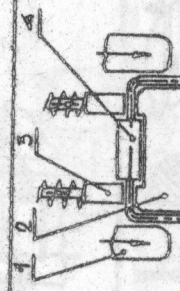
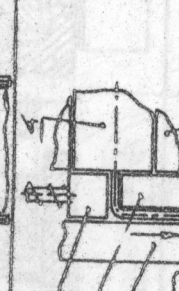
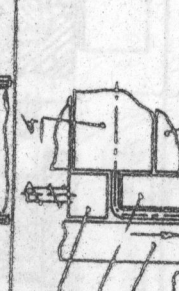

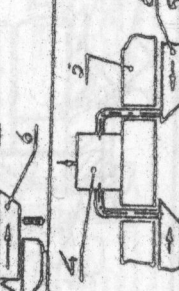
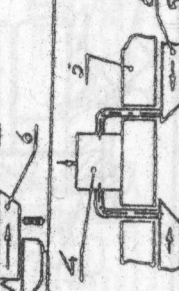
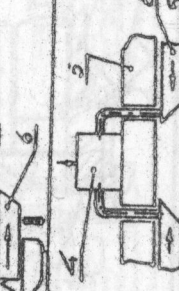




Для П-образной формовки с зигом и обрезкой выводов (вар. 7, табл. 7) сохраняется параллельное движение пуансонов, но усложняется их геометрия и увеличивается количество выполняемых ими переходов. Пуансоны перемещаются относительно неподвижной матрицы, в которой находится ЭРЭ, и по ходу главного движения выполняют обрезку, гибку и зиг-формовку выводов. Последний переход требует движения, перпендикулярного главному, что достигается применением призматических кулачков и поворотом пуансонов относительно осей крепления. Схема компоновки приспособления аналогична предыдущему варианту формовки.


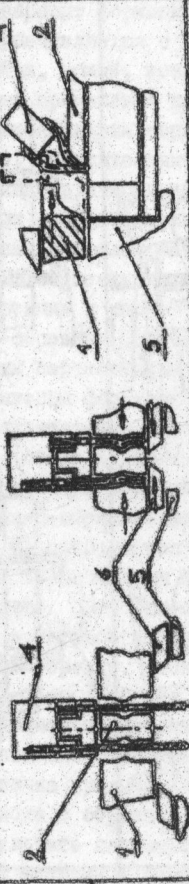
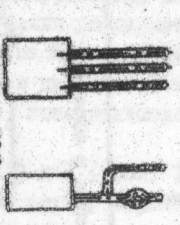
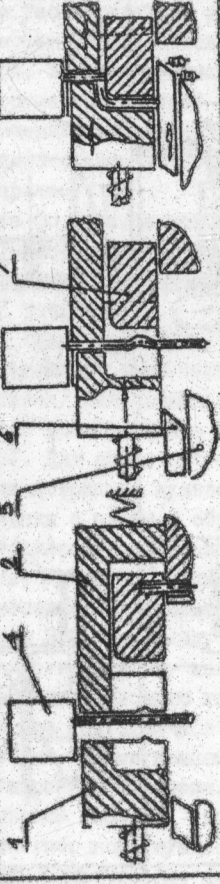

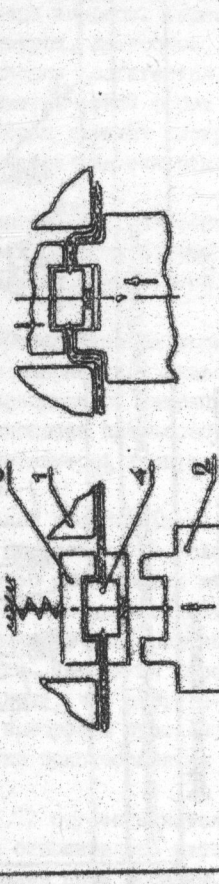
Гибка с обрезкой выводов (вар. 2, табл. 7) осуществляется в результате перемещения гибкого пуансона относительно неподвижной матрицы и перпендикулярного ему движения ножа обрезки. Схема компоновки приспособления усложняется (схема 2, табл. 8) за счет введения кинематической пары призматический кулачок - поперечная г-лушка, несущая пуансон. Сохранив компоновку, можно переставить инструменты, конструктивно обеспечив последовательность их работы.


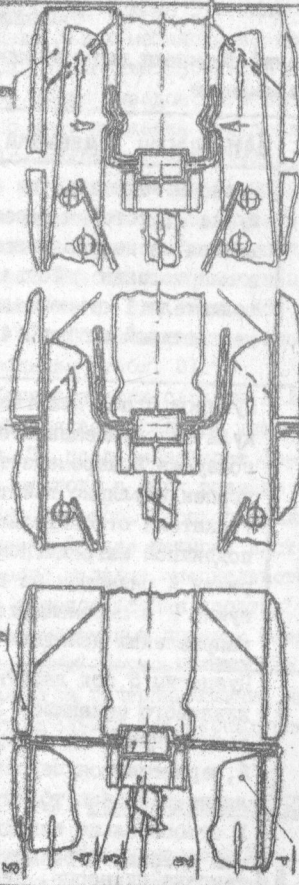

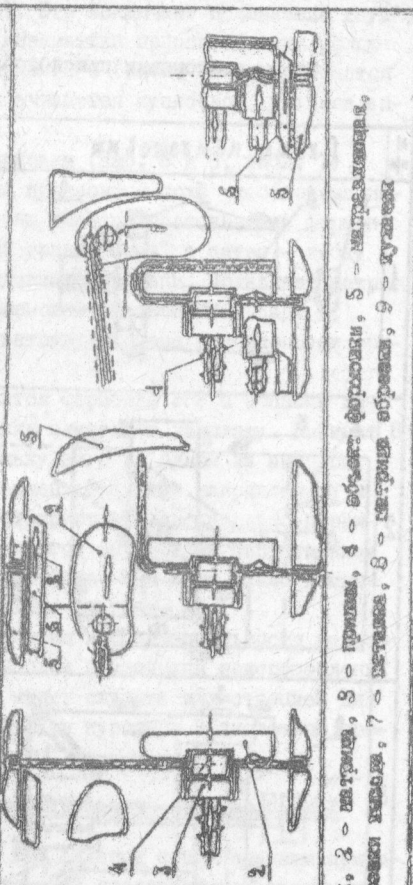
Для вариантов формовки 3 и 4 (табл. 7) характерно движение инструментов навстречу друг другу, перпендикулярно формируемому выводу. В варианте 3 - это обрезка двумя ножами двух противоположащих рядов выводов ИМС, в варианте 4 - зиг-формовка с обрезкой двух противоположащих выводов. Пуансоны и ножи перемещаются

Таблица 7

Разработка эскиз и последовательность переходов операций  
формовки выводов

1	2	Последовательность переходов и работы инструментов		
Вариант формовки выводов	2	3		
<p>П-образная</p> 				
<p>Гибка с обрезкой</p> 				
<p>Обрезка</p> 				

1	<p>2</p> <p>Этг с обрезкой к гибкой</p> 	<p>3</p> 
5	<p>Этг с гибкой и обрезкой</p> 	
6	<p>Планирующая с гибкой</p> 	

<p>1</p> <p>2</p> <p>П-образный с эгоном и обрезаем</p>  <p>7</p>	<p>3</p> 
<p>6</p> <p>Угол с ручьями и обрезаем</p> 	

Обозначения: 1 - лунка, 2 - штифт, 3 - пружина, 4 - обреза, 5 - материал, 6 - материал, 7 - обреза, 8 - материал, 9 - лунка

## Схемы компоновки приспособлений формовки выводов нагресных элементов

№ п/п	Схема компоновки	Особенности компоновки
1		<p>Пуансон закреплен на ползушке 2, которая перемещается по направляющим 3 в направлении действия толкателя I относительно неподвижной матрицы 4</p>
2		<p>Пуансон 5 под действием кулачка, размещенного на ползушке 2, перемещается перпендикулярно действию толкателя относительно неподвижной матрицы. Нож обрезки 6 размещен на ползушке 6 и перемещается в направлении действия толкателя</p>
3		<p>Пуансоны 5 под действием клинового механизма 3, размещенного на ползушке 2, перемещаются перпендикулярно действию толкателя I относительно неподвижной матрицы 4. Возможна установка пуансона, действующего в направлении перемещения толкателя</p>
4		<p>Пуансон 5 закреплен на ползушке 2, которая перемещается в направлении действия толкателя I относительно подвижной матрицы 4</p>

Примечание: все элементы приспособлений изображены схематично и показаны условно

перпендикулярно направлению действия толкателя привода с помощью клиновых пар (схема 3, табл. 8). Это исключает применение двух исполнительных механизмов, но кинематика приспособления усложняется. Последний переход в варианте 4 (табл. 7) закончится гибкой обойки выводов, что обеспечивается цуансоном, установленным по ходу движения толкателя.

Для некоторых вариантов формовки (вар. 5 и 6, табл. 7) кроме параллельного перемещения цуансона и ножа необходима подвижная матрица. В варианте 5 она обеспечивает вначале формовку зига на двух крайних выводах транзистора, а затем - гибку среднего вывода с помощью неподвижной вставки. Подвижная матрица применяется для планарной формовки выводов ИМС (вар. 6, табл. 7). Общим вариантам соответствует схема 4 компоновки приспособления (табл. 8).

Кинематически сложной является формовка ЭРЭ с осевыми выводами для вертикальной установки элементов на плату. Вариант 8 (табл. 7) предусматривает формовку зига на одном из выводов, гибку другого в двух взаимно перпендикулярных направлениях и обрезку выводов. Переходы иллюстрируют последовательно-параллельное действие четырех инструментов со сложным перемещением гибочного кулачка специального профиля. При этом схема компоновки приспособления простая (схема I, табл. 8).

Рассмотренные примеры разработки последовательности переходов операций формовки выводов и схем компоновки приспособлений не являются исчерпывающими, но могут служить иллюстрацией для самостоятельных инженерных решений в курсовом и дипломном проектах.

#### 4.2. Рекомендации по конструированию приспособлений

Формовка большинства ЭРЭ и ИМС ведется с применением прижимов. Прижим фиксирует корпус элемента относительно матрицы и выводы относительно рабочих поверхностей инструментов. Усилие пружины прижима выбирается таким, чтобы исключить деформацию корпуса и выводов, избежать разгерметизации корпуса, т.е. удельное давление необходимо выбирать как при формовке с калибровкой (см. табл. 3).

Геометрические размеры рабочих поверхностей инструментов рассчитывают в соответствии с геометрией формовки и направлениями перемещения цуансонов, кулачков, ножей, вставок. Следует

предусматривать возможность изменения геометрии инструментов для формовки ЭРЭ и ИМС одного типа, но разных типоразмеров корпусов (регулируемые или сменные инструменты). При вариантах формовки, требующих сложной кинематики инструментов, возможности эрэналедки ограничиваются. Изменение расстояния от зига на выводах до корпуса ЭРЭ достигается установкой на матрицу или базовую деталь приспособления сменных пластин.

При параллельно-последовательной работе инструментов требуется остановка их в определенном положении. Это достигается жесткой кинематической связью подвижных частей приспособления или за счет применения пружин, усилия которых достаточно для формовки и обрезки. Пружины применяются и для возврата инструментов в исходное положение.

Для всех видов формовки (и особенно сложных) требуется разработка надежного и конструктивно простого способа извлечения ЭРЭ и ИМС из матрицы. Выталкиватель целесообразно кинематически связать с перемещением толкателя привода приспособления. Разработка автоматизированной подачи ЭРЭ из вибробункера превращает приспособление формовки выводов в автоматическое. Следует учесть, что не все ЭРЭ и ИМС могут быть поданы в зону формовки с помощью вибробункера.

#### 4.3. Пример конструирования приспособления

На рис. 5 и 6 показана конструкция устройства для зиг-формовки выводов ЭРЭ.

Устройство горизонтального расположения, двустороннего действия с двумя пуансонами, с пневмоприводами на каждый пуансон, смонтированными внутри рамы. Установка элементов на матрицу осуществляется вручную (пинцетом), формовка механизированная.

Устройство содержит матрицу I с радиусами, углубленными под зиг-формовку ЭРЭ 2, которая крепится к раме двумя стопорными винтами 3 с шайбами 4 и двумя инструментами, расположенными по диагонали (на рис. 5 показаны осевыми линиями). С двух сторон установлены формирующие пуансоны 5, перемещающиеся в направляющих 6, которые крепятся винтами 8 и штифтами 7 к раме.

Пневмоприводы 9 диафрагменные, одностороннего действия, обеспечивающие усилие формовки и сжатие возвратных пружин 10 пуансона и пружин II пневмопривода, крепятся к боковым стенкам рамы 12 винтами 13 по четыре на пневмопривод. Боковые стен-

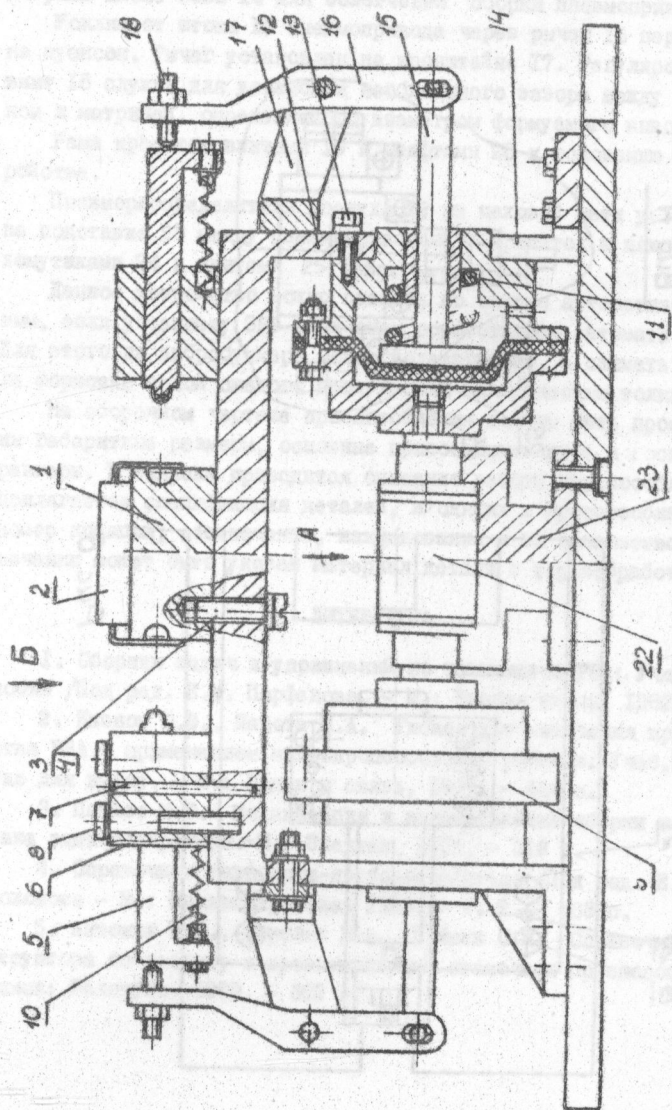


Рис. 5



Вид Б

19 20 21

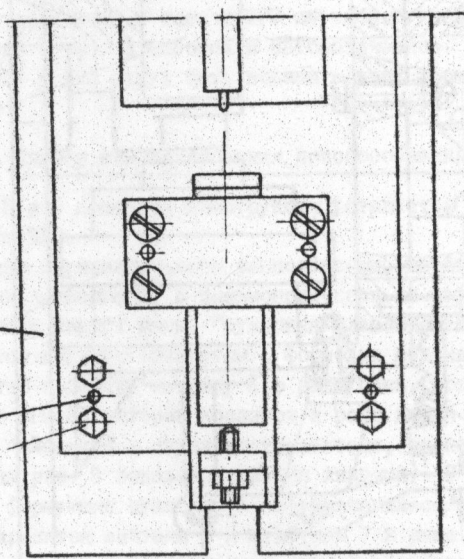
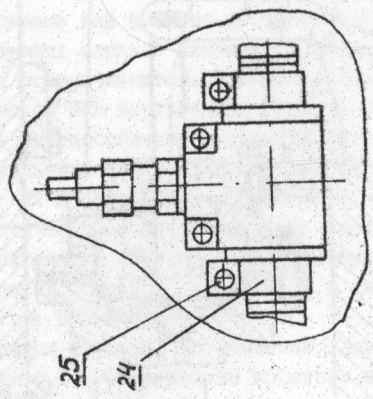


Рис. 6

Вид А



ки рамы имеют пазы 14 для облегчения сборки пневмоприводов.

Усилие от штока 15 пневмопривода через рычаг 16 передается на пуансон. Рычаг установлен на кронштейне 17. Регулировочный винт 18 служит для установки необходимого зазора между пуансоном и матрицей, определяемого диаметром формируемого вывода.

Рама крепится винтами 19 и штифтами 20 к основанию 21 устройства.

Пневмораспределитель воздуха 22 из цеховой сети установлен на подставке 23 между пневмоприводами и крепится к подставке хомутами 24 и винтами 25 (рис. 6, вид А).

Данное устройство можно сделать по листу автоматизированным, если установку ЭРЭ и их съем осуществлять автоматически. Для этого из вибробункера можно подавать ЭРЭ, а снимать их после формовки силой сжатого воздуха или механическим толкателем.

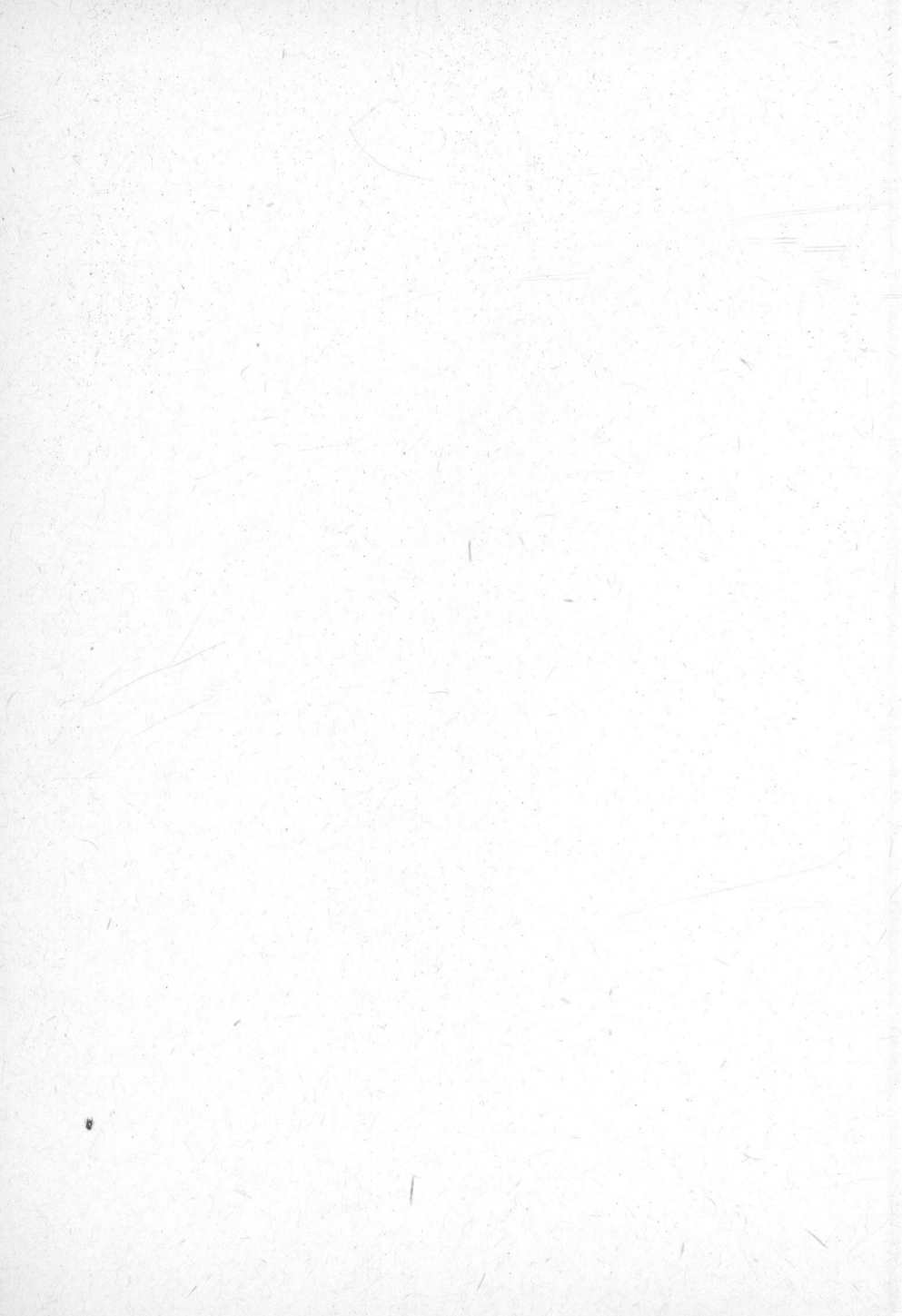
На сборочном чертеже приспособления должны быть проставлены габаритные размеры, основные присоединительные и посадочные размеры. В записке приводится описание работы приспособления и прилагается спецификация деталей, входящих в приспособление: номер позиции, обозначение, наименование и их количество. В примечании может быть указан материал детали и термообработка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник задач и упражнений по технологии РЭА: Учеб. пособие /Под ред. Е.М. Парфенова. - М.: Высшая школа, 1982. - 255 с.
2. Иванов Ю.В., Лакота Н.А. Гибкая автоматизация производства РЭА с применением микропроцессоров и роботов: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1987. - 464 с.
3. Парнес М.Г. Механизация и автоматизация сборки и монтажа радиоаппаратуры. - М.: Энергия, 1975. - 328 с.
4. Справочник технолога-приборостроителя /Под ред. Е.А. Скороходова - М.: Машиностроение, 1983. - т. 2. - 463 с.
5. Антонык В.Е., Королев В.А., Башеев С.М. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений - Минск: Беларусь, 1969. - 392 с.

## Оглавление

Предание .....	3
1. Сборочно-монтажные операции и порядок проектирования приспособлений .....	3
2. Точностный расчет сборочно-монтажных приспособлений ..	8
2.1. Условия собираемости деталей .....	8
2.2. Пример точностного расчета приспособления .....	9
3. Силовой расчет приспособлений .....	14
4. Конструирование приспособлений для формовки выводов ЭРЭ и ИМС .....	23
4.1. Разработка схем и последовательности переходов операций формовки .....	23
4.2. Рекомендации по конструированию приспособлений ..	29
4.3. Пример конструирования приспособления .....	30
Литература .....	33



Бесплатно