

Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана

К.И. Билибин

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

*Рекомендовано редсоветом МГТУ им. Н.Э. Баумана
в качестве учебного пособия*

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
2006

УДК 681.3 (075.8)

ББК 32.97

Б61

Рецензенты: *П. Б. Оганджян, А. В. Фролов*

Билибин К.И.

Б61 Основы проектирования приспособлений: Учебное пособие. Издание Второе — М.:

Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 52 с.

ISBN 5-7038-2104-5

Рассмотрены теоретические и практические вопросы по точностному, силовому расчету приспособлений, используемых при производстве ЭВА, и их конструированию.

Для студентов технических вузов, выполняющих домашние задания, курсовые и дипломные проекты по курсу «Технология производства ЭВА».

Табл. 6. Ил. 31.

УДК 681.3 (075.8)
ББК 32.97

Константин Иванович Билибин

Основы проектирования приспособлений

Издание второе, переработанное

Редактор *О.У. Королева*
Корректор *Г.С. Беляева*

Подписано в печать 30.08.02. Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Печ. л. 3,25. Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 2,82. Тираж 500 экз.
Изд. № 135.

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская, 5.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Точностной расчет приспособлений.....	3
2. Силовой расчет приспособлений.....	12
3. Проектирование сборочно-монтажных приспособлений.....	15
4. Точностной расчет сборочно-монтажных приспособлений.....	16
5. Определение действительной погрешности базирования собираемых изделий.....	26
6. Пример точностного расчета приспособлений.....	29
7. Силовой расчет сборочно-монтажных приспособлений.....	32
8. Пример конструирования приспособления.....	42
9. Пример проектирования сборочного приспособления.....	44
Список рекомендуемой литературы.....	52

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Билибин К.И.* Расчет и конструирование сборочно-монтажных приспособлений: Метод, указания для выполнения домашнего задания и курсового проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. 39 с.
2. *Билибин К.И., Гриднев В.Н., Кузин А.П.* Проектирование технологической оснастки для сборки модулей ЭВА первого уровня: Метод, указания к курсовому проектированию по курсам: «Технология приборостроения и производства ЭВА и РЭА». М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1988. 34 с.
3. Сборник задач и упражнений по технологии РЭА: Учеб. пособие / Под ред. Е.М. Парфенова. М.: Высш. шк., 1982. 255 с.

ВВЕДЕНИЕ

Задача проектирования станочных приспособлений характеризуется многовариантностью возможных решений. Даже для обработки простых заготовок можно спроектировать несколько различных вариантов приспособлений, полностью обеспечивающих требования операционного эскиза (чертежа) заготовки и производительности. Сопоставляя эти варианты по производительности и экономичности, окончательно отбирают один из них.

Приступая к проектированию приспособлений для установки и закрепления заготовок, необходимо иметь:

- 1) чертеж заготовки, поступающей на выполняемую операцию с указанием размеров, допусков и технических требований;
- 2) операционно-технологическую карту с эскизом, который представляет собой изображение обрабатываемой заготовки после выполнения данной операции с указанием необходимых размеров и качества обработки;
- 3) количество заготовок, одновременно устанавливаемых в приспособление;
- 4) данные для расчета сил резания;
- 5) годовую программу выпуска;
- 6) альбомы нормалей (или справочники) конструкций типовых приспособлений (специальных, универсально-наладочных и универсально-сборочных);
- 7) техническую характеристику, паспортные данные, посадочные места и состояние станка, на котором будет установлено приспособление;
- 8) данные о стоимости типовых приспособлений и их стойкости.

1. ТОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Точностной расчет приспособлений дан для метода автоматического получения размеров.

Порядок проведения расчета:

- 1) на основе операционно-технологической карты обработки и операционного эскиза предварительно намечается схема базирования обрабатываемой заготовки. Намечаются установочные

элементы и направляющие элементы под инструмент (например, кондукторные втулки);

2) определяется допустимая погрешность базирования $e_{\text{доп}}$ для выбранного метода обработки;

3) определяется фактическая погрешность базирования $f_{\text{фак}}$ получаемых размеров для предложенной схемы приспособлений;

4) определяется условие обеспечения необходимой точности обработки:

$$e_{\text{доп}} \geq f_{\text{фак}}$$

Рассмотрим понятие базирования.

Базирование — придание заготовке (детали) определенного положения относительно выбранной системы координат и обрабатывающих инструментов.

База — поверхность, сочетание поверхностей, линия или точка, принадлежащие заготовке (детали) и используемые для базирования.

Различают конструкторские и технологические базы.

Конструкторская база детали — это поверхность, линия или точка, относительно которой на рабочем чертеже детали координировано положение другой поверхности, линии или точки.

Технологическими называются базы, используемые в процессе обработки заготовки. Основными технологическими базами являются исходная, установочная и измерительная.

Исходная база детали (заготовки) ИБ — это поверхность, линия или точка, относительно которой в операционной карте (или другом технологическом документе) координировано положение обрабатываемой поверхности. Размер, координирующий положение обрабатываемой поверхности, называется *исходным размером*, это размер до места обработки.

Установочная база УБ — это поверхность или совокупность поверхностей заготовки (детали), которая при установке детали в приспособлении создает определенность положения заготовки (детали) в направлении исходного размера.

Если исходная база совпадает с установочной, погрешность базирования фактическая равна 0.

Фактическая погрешность $E_{\text{фак}}$ — для реальной схемы приспособления.

При несовпадении исходной и установочной баз появляется погрешность базирования, которая равна допуску размера меж-

ду исходной и установочной базами. Этот размер называется *базисным размером*.

Измерительная база — это поверхность, линия или точка, относительно которой измерением контролируют положение обработанной поверхности, т. е. проверяют исходный размер.

Из трех технологических баз (исходной, установочной и измерительной) только исходная может быть как реальной базой (в виде поверхности), так и нереальной (в виде геометрической линии или точки). Установочная и измерительная базы должны быть поверхностью заготовки, поскольку свою функцию (определение положения заготовки в приспособлении) они выполняют благодаря контакту с установочными элементами приспособления. Измерительная база должна быть также поверхностью или отдельной образующей заготовки, поскольку она соприкасается с рабочей поверхностью измерительного инструмента или прибора.

Приступая к разработке схемы базирования, прежде всего необходимо решить вопрос о том, каких степеней свободы должна лишиться заготовка, соприкасаясь с соответствующими установочными элементами приспособления. Обрабатываемая заготовка, как и каждое свободное твердое тело, имеет шесть степеней свободы: три прямолинейных перемещения в направлении осей координат и три угловых перемещения поворотов относительно тех же осей.

Для полной ориентации заготовки количество и расположение установочных элементов должно быть таким, чтобы при соблюдении условия неотрывности баз от установочных элементов заготовка не имела сдвига и вращения относительно трех координатных осей. Это достигается закреплением заготовки. При выполнении этих условий заготовка лишается всех степеней свободы. Количество установочных элементов (точек) должно быть равным шести (правило шести точек). Их взаимное расположение должно обеспечивать устойчивое положение заготовки в приспособлении.

На рис. 1 показан пример установки заготовки на шесть точек (одна точка — установочный элемент (штифт); две точки — планка; три нижних точки — плоскость).

При базировании заготовки на точно и чисто обработанные поверхности вместо опорных штифтов (точек) применяются, во избежание вмятин, опорные пластины или другие элементы с развитой опорной поверхностью.

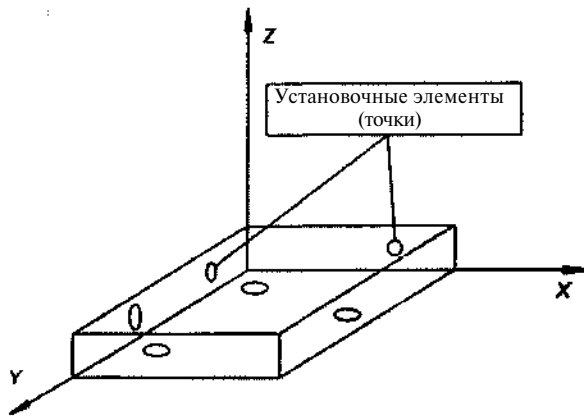


Рис. 1. Пример установки заготовки на шесть точек

Установочные элементы на операционных эскизах обозначаются сбоку в виде "галочек", а сверху — в виде ромба (рис. 2).

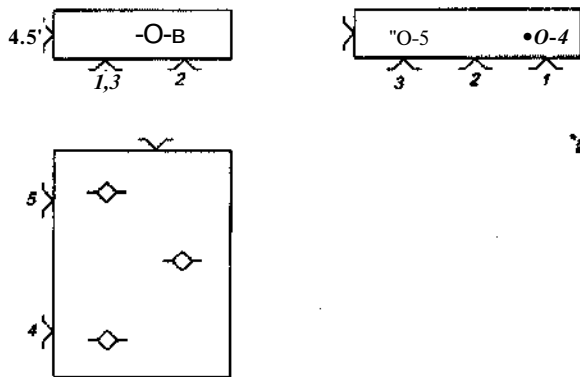


Рис. 2. Условные обозначения установочных элементов

Шести степеней свободы заготовка лишается, если обрабатываемая поверхность имеет три координаты; пяти — если две координаты; трех — если одну координату. Например, необходимо получить пластину толщиной H (рис 3).

При такой установке заготовка может смещаться по осям OX , OY и поворачиваться вокруг оси OZ (это не повлияет на размер H), но не может перемещаться по оси OZ и поворачиваться относительно осей OX и OY .

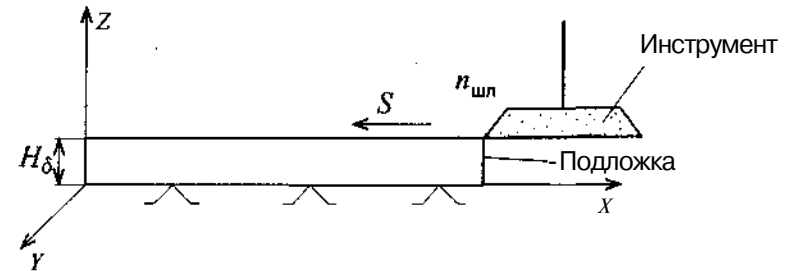


Рис. 3. Схема обработки подложки толщиной H

При обработке в приспособлении будет достигнута необходимая точность при условии, что допуск δ на получаемый размер будет больше или равен суммарной погрешности Δ обработки, $\delta \geq \Delta$. Для приближенных расчетов суммарную погрешность обработки можно представить в виде выражения:

$$\Delta = \sigma_{\text{в}} + \epsilon_{\text{доп}} >$$

где $\sigma_{\text{в}}$ — средняя точность принятого метода обработки без учета погрешности базирования. Например, при обработке на сверлильных станках $\sigma_{\text{в}} = 0,08^{+0,12}$, фрезерных станках $\sigma_{\text{в}} = 0,05^{+0,1}$, токарных станках $\sigma_{\text{в}} = 0,03^{+0,08}$;

$\epsilon_{\text{бн}}$ — допустимая погрешность базирования.

$$\text{Тогда } \delta = \omega + \epsilon_{\text{доп}} \text{ или } \epsilon_{\text{доп}} = \delta - \omega$$

Базирование заготовок при обработке осуществляется на плоскость, на коническую или цилиндрическую поверхность.

Рассмотрим наиболее применяемые схемы базирования и проведем для них точностной расчет.

Базирование заготовки на плоскость. На рис. 4 приведен операционный эскиз обработки заготовки, где требуется просверлить отверстие диаметром 05 и выдержать при этом размеры (координаты) $10^{+0,3}$, $15_{-0,15}$, $\sqrt{2}_{-0,12}$. В этом случае: ИБ10 — исходная база для размера 10; ИБ15 — исходная база для размера 15; ИБ12 — исходная база для размера 12. Исходные размеры, связывают исходные базы с обрабатываемыми поверхностями.

На рис. 4 показаны установочные базы для размеров 10, 15, 12 соответственно: УБ10, УБ15, УБ12. Для размера 12 исходная и установочная базы совпадают, следовательно $\epsilon_{12} = 0$.

Для размера 15 исходная база не совпадает с установочной, значит, есть погрешность базирования. В данном случае базис-

ный размер равен 40 с допуском $5 = |0,1|$ и фактическая погрешность для размера 15 будет равна $\epsilon_{15} = 5^{\wedge} = |0,1|$.

Для размера 10 $\epsilon_{10} = 8_{20} = |0,1|$

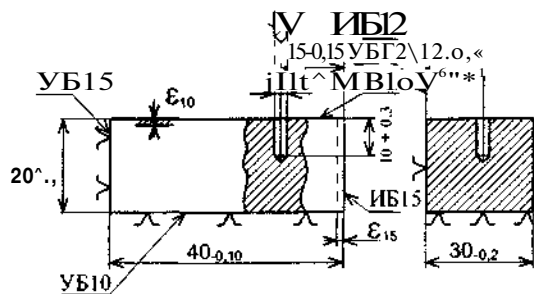


Рис. 4. Эскиз обработки заготовки

Теперь необходимо определить допустимые погрешности для размеров 15 и 10 и сравнить их с полученными фактическими. Примем приближенный метод определения $\epsilon_{доп} = 5 - со$; где $со$ — это точность принятого метода получения отверстия.

Сверление обеспечивает 12-й квалитет точности (/712) для диаметра 05. Это составит $со = 0,08$.

Для размера 15:

$$\epsilon_{доп} = 5_{15} - ш = 0,15 - 0,08 = 0,07.$$

Для размера 10:

$$\epsilon_{доп} = 5_{10} - со = 0,3 - 0,08 = 0,22.$$

Проверим условие получения заданной точности: $\epsilon_{доп} > \epsilon_{фак}$.

Для размера 15:

$0,07 < 0,1$ — условие получения заданной точности не выполняется;

для размера 10:

$0,22 > 0,1$ — условие получения точности выполняется.

Если условие точности не выполняется, рекомендуется:

поменять схему базирования, в данном случае установочную базу для размера 15 совместить с исходной;

повысить точность размеров заготовки;

изменить технологический процесс получения отверстия (например, "сверление + развертывание").

На рис. 5 показана схема базирования цилиндрической заготовки на призму. Необходимо получить паз с размерами $5^{+0,1}$ и

$7_{0,1}$. При выполнении точностного расчета удобнее начинать с $\epsilon_{доп}$:

$$\epsilon_{доп} = 5 - со,$$

$со = 0,08$ для фрезерования паза,

$$\epsilon_{доп} = 5 - со = 0,2 - 0,08 = 0,12.$$

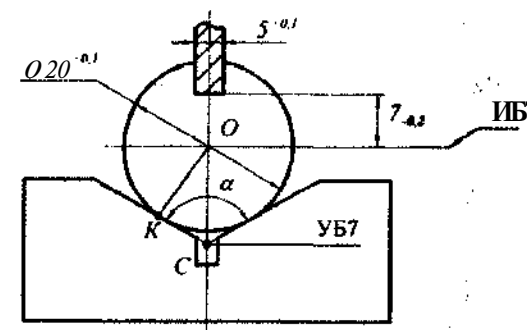


Рис. 5. Базирование на призму

Определим $\epsilon_{фак}$ для размера 7.

Установочная база для призмы — вершина призмы, исходная — ось заготовки. Фактическая погрешность базирования для размера $7_{0,2}$ равняется допуску на базисный размер OC , т. е.

$$\epsilon_{фак} \approx \epsilon_{ос}.$$

Определим OC из прямоугольного треугольника OKC :

$$OC = OK / \sin(a/2) = rf / 2 \sin(\alpha/2),$$

где $a = 60, 90, 120^\circ$ — угол призмы, для конкретного приспособления величина постоянная.

Тогда $\delta^{\wedge} = 5^{\wedge} / 2 \sin(a/2)$ при $a = 90^\circ$; $\delta_{ос} = 0,1 / 2 \sin 45^\circ = 0,040$, $\epsilon_{доп} = 0,12$; $\epsilon_{фак} = 0,04$.

Следовательно, условие $\epsilon_{доп} > \epsilon_{фак}$ соблюдается.

Если требуется $\epsilon_{фак} = 0$, можно предложить следующие варианты базирования заготовки:

базирование в самоцентрирующийся 3-кулачковый патрон; совмещением ИБ7 и УБ7 путем поворота призмы на 90° (рис. 6).

На рис. 7 показана схема базирования заготовки на коническую поверхность.

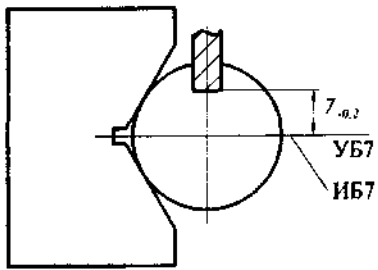


Рис. 6. Базирование на повернутую призму

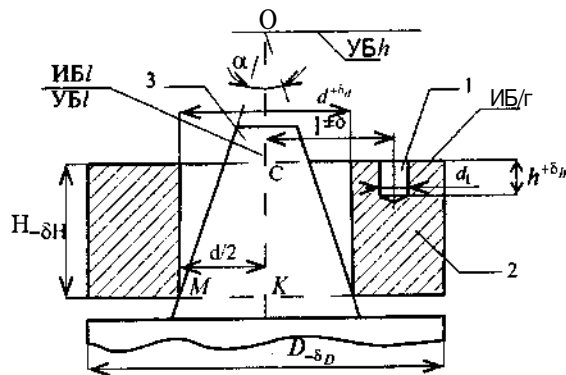


Рис. 7. Базирование заготовки на коническую поверхность

Требуется просверлить отверстие 1 на торце втулки 2 с координатами / и h.

Для размера / исходная база (ИБ/) и установочная (УБ/) при установке на конус 3 совпадают, значит, $B_{\text{фак}} = 0$.

Для размера h установочная база — вершина конуса (для расчетов усеченный конус следует продлевать до вершины). Тогда базисный размер равен OC, а $E_{\text{фак}} = 5_{\text{ок}}$.

Из треугольника O KM находим:

$$\begin{aligned} OK &= d/2 \operatorname{tg}(\alpha/2); \\ OC &= OK - H = d/2 \operatorname{tg}(\alpha/2) - H; \\ \delta_{\text{ок}} &= \varepsilon_{\text{фак}} = \delta d/2 \operatorname{tg}(\alpha/2) - \delta_H; \\ \varepsilon_{\text{фак}} &= \delta_H - \omega. \end{aligned}$$

Проверяем, чтобы выполнялось условие $e_{\text{доп}} > E_{\text{фак}}$. Если это условие соблюдено, предложенная схема проходит по точностному расчету.

Рассмотрим базирование заготовки на цилиндрическую поверхность (рис. 8).

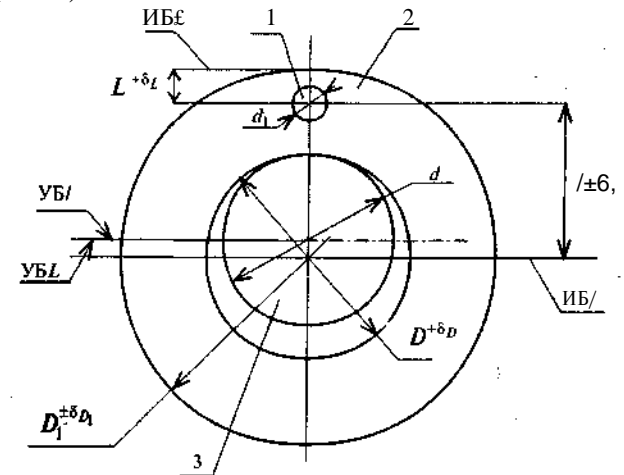


Рис. 8. Базирование заготовки на цилиндрическую поверхность

Требуется просверлить сквозное отверстие 1 на торце втулки 2, выдержав размер $/ \pm 8_b$.

Рассчитываем фактическую погрешность базирования

$$\varepsilon_{\text{фак}} = (z/2 - d)/2 = z/2 + \delta_D/2,$$

где $z/2$ — зазор между цилиндрической оправкой 3 и цилиндрическим отверстием D втулки (величина постоянная для конкретной оправки).

Рассчитываем допустимую погрешность базирования

$$e_{\text{доп}} = 25/ - CO.$$

Проверяем: $B_{\text{доп}} > s, \wedge$. Если расчет не проходит по условию точности, следует применить разжимную или коническую оправку, тогда $\varepsilon_{\text{фак}} = 0$.

Если проставлен размер L вместо /, то для L:

$$\varepsilon_{\text{фак L}} = z/2 + \delta_D/2 + \delta_{D1}/2,$$

Это расчет на минимум, максимум.

При сложении нескольких погрешностей (допусков), носящих случайный характер, можно использовать вероятностный метод:

$$\varepsilon_{\text{фак L}} = \frac{z}{2} + \sqrt{\left(\frac{\delta_D}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{D1}}{2}\right)^2}.$$

Определение точности изготовления приспособления. Если принять, что σ — это точность выбранного метода обработки (оборудования) без учета точности проектируемого приспособления, то точность изготовления этого приспособления определяется из выражения

2. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Структурная схема приспособления в общем виде приведена на рис. 9.

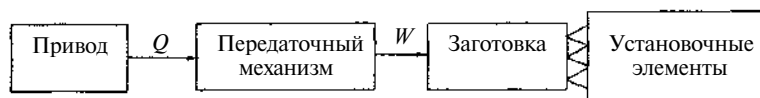


Рис. 9. Структурная схема приспособления

Привод приспособлений может быть механизированным и ручным. В качестве механизированного привода в приспособлениях часто используются поршневые двигатели (пневмо- и гидродвигатели) или диафрагменные двигатели (пнеumoкамеры) и др.

Приспособления с ручным приводом рекомендуется применять для обработки сравнительно небольшого количества деталей (индивидуальное и мелкосерийное производство), в других случаях следует применять механизированный привод. Специальные приспособления серийного производства целесообразно оснащать приставным приводом универсальной конструкции.

Приспособления для крупносерийного и особенно массового производства следует проектировать с встроенным механизированным приводом.

Механизм зажима (передаточный механизм), является промежуточным звеном между заготовкой и приводом. Он служит для изменения направления и скорости перемещения, изменения силы зажима и увеличения числа зажимов. Передаточные механизмы могут быть механическими, гидравлическими и др. (рычаги, эксцентрики, клинья, кулисы, винты, устройства с гидропластмассой, резиной); самотормозящимися и несамотормозящимися. В самотормозящихся механизмах не требуется постоянное действие силы Q ; источник силы после зажима заготовки может прекратить свое действие (см. рис. 9), а сила W

будет продолжать действие на заготовку (за счет упругих деформаций в механизме, трения).

В приспособлении с ручным приводом сила руки рабочего должна быть не более 10 кгс. (100 Н).

Порядок силового расчета приспособления:

1) определяется сила P , действующая на заготовку (например, сила резания, запрессовки);

2) определяется сила зажима (закрепления) W заготовки;

3) выбирается тип привода (ручной или механизированный: пневматический, вакуумный, гидравлический, электромеханический, электромагнитный, электростатический);

4) определяется сила действия привода Q с учетом промежуточных зажимных механизмов и КПД и рассчитывается или выбирается привод.

На рис. 10 представлена схема для силового расчета на примере приспособления с ручным приводом.

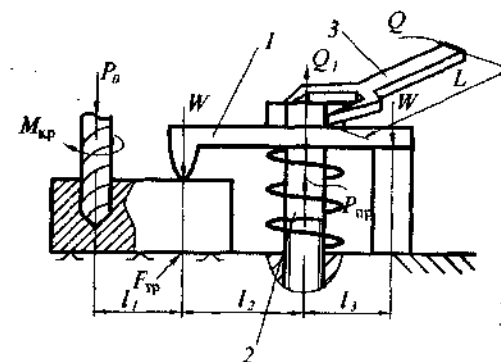


Рис. 10. Схема для силового расчета приспособления с ручным приводом

Выполняется операция сверления отверстия. На заготовку действует момент крутящий от сверла $M_{кр}$ и осевая сила P_o . В данном случае P_o может не учитываться, так как она прижимает заготовку, обеспечивая дополнительную силу зажима.

Сила зажима W создается за счет прижима 1 и винтового зажима 2. При вращении винта накидным ключом 3 (показан схематично) от руки рабочего с силой Q создается момент:

$$M = QL,$$

где $Q = 10$ кгс (100 Н) — усилие от руки рабочего; L — плечо ключа.

Из справочной литературы находим $0, = 2M/(d_{cp}tg(a+q_{np}))$, где d_{cp} — средний диаметр резьбы винта; a — угол подъема винтовой канавки; ϕ_{np} — приведенный угол трения между резьбами внешней и внутренней, $tg(\phi_{np}) = .7/\cos P$; $\phi = 0,3$ — коэффициент трения; p — половина угла профиля резьбы.

При $\phi_2 = \phi_3$ (см. рис. 10)

$$Q_1 = 2W + F$$

где W — сила зажима детали; P_{np} — сила сжатия пружины (пружина поднимает прижим при откреплении заготовки), обычно задается.

Условие закрепления заготовки:

$$KM_{кр} = F_{тр}l_1, \quad F_{тр} = Wf.$$

Здесь K — коэффициент запаса ($K = 1,3$); $M_{кр}$ — момент крутящий от сверления, определяется по формулам резания, $M_{кр} = C_M S^{YM} D^{ZM} K_M$, где C_M — коэффициент зависит от обрабатываемого материала, S^{YM} — подача сверла за один оборот, D^{ZM} — диаметр сверления, K_M — коэффициент, учитывающий условия сверления; $F_{тр}$ — сила трения от силы зажима; l_1 — плечо приложения силы трения.

На рис. 11 представлена схема для силового расчета приспособления с пневматическим приводом.

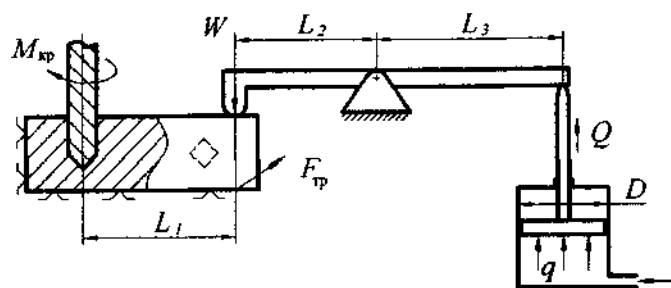


Рис. 11. Схема для силового расчета приспособления с пневматическим приводом

Момент крутящий от сверления определяется по формуле,

$$M_{кр} = C_M S^{YM} D^{ZM} K_M,$$

где Y_M и Z_M — коэффициенты, выбираемые из справочной литературы для операции сверления.

Условие закрепления заготовки, исходя из схемы на рис. 11:

$$KM_{кр} = FrpLu \quad F_w = Wf; \quad QL_3 = L_2W$$

при $b_s = L_2$, $Q = W \setminus$

$$Q = l \& \Phi,$$

откуда $D = \sqrt{4Q/qn}$.

Здесь Q — сила от пневмопривода; q — удельное давление в пневмосети ($4-6$ кгс/см² или $0,4-0,6$ МПа); D — диаметр поршня пневмоцилиндра.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНО-МОНТАЖНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Трудоемкость сборочно-монтажных работ составляет 40...75 % общей трудоемкости изготовления РЭА и ЭВА. Сборочно-монтажные работы усложняются из-за широкой номенклатуры выпускаемой продукции, преобладания малых по размеру и массе деталей и сборочных единиц, значительного объема проверочных и регулировочных работ, многообразия технических процессов сборки и электрического монтажа.

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

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

Процесс сборки и монтажа состоит из следующих этапов:

- 1) подача собираемых деталей (элементов) к месту сборки;
- 2) взаимная ориентация (базировка) деталей перед их соединением;
- №3) соединение сборочных элементов в сборочную единицу;
- 4) закрепление сборочных элементов (сборочная операция);
- 5) контроль.

Для выполнения этапов может быть использована различная оснастка или одно многооперационное оборудование.

Требование к приспособлениям в части концентрации операций, автоматизации, быстродействия (и т.п.) во многом определяется объемом выпуска изделия.

Любое сборочно-монтажное приспособление можно представить в виде структурной схемы (рис. 12).

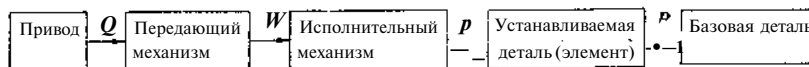


Рис. 12. Структурная схема сборочно-монтажного приспособления

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

При ручном приводе сила на рукоятке не должна превышать 100 Н. Передающий механизм служит для передачи силы в определенном направлении для увеличения или уменьшения силы от привода. Наиболее часто применяют в сборочных приспособлениях рычажные, клиновые, пружинные, шиберные и другие передающие механизмы.

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

Проектирование сборочно-монтажных приспособлений состоит из трех этапов:

- 1) точностной расчет приспособления;
- 2) силовой расчет приспособления;
- 3) конструирование приспособления.

4. ТОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ СБОРОЧНО-МОНТАЖНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

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:

1. Определить допустимую погрешность базирования A собираемых деталей, т. е. величину их смещения и поворота друг относительно друга, при которых возможна сборка: A_x, A_y, A_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 e , исходя из предложенной технологической схемы базирования деталей на операции сборки: s_x, s_y, s_z - фактические линейные смещения по осям координат OX, OY, OZ ; $e_{\alpha}, e_{\beta}, e_{\gamma}$ - фактические угловые повороты по осям координат OX, OY, OZ .

3. Определить условие собираемости $A^{\wedge}_{x,y,z} > e_{x,y,z}$.

Линейные: $d^{\wedge} > z_x \setminus A_y > z_y; A_z > s_z$.

Угловые: $\Delta > E_0; A_p > e_p; D_r > s_y$.

4. Определить точностные требования к проектируемому сборочному приспособлению:

$\epsilon_{\Sigma A;K,Z} = A_{jg.l.z} z_{xxz}$, где $Z_{\Sigma_{x,y,z}}$ - суммарная погрешность сборочного приспособления, реализующего выбранную схему сборки. Для расчетов точности приспособления принимаем, что $Z_{\Sigma X,Y,Z}$ - это суммарный допуск на изготовление деталей сборочного приспособления, влияющий на собираемость деталей. При этом расчете можно использовать проверочный расчет на точность приспособления и конструкторский расчет приспособления. При проверочном расчете достаточно проверить, соответствует ли по точности используемая оснастка. Данные берутся из технических характеристик оснастки. При конструкторском расчете проектируется оснастка, обеспечивающая полученные из расчетов точностные требования суммарного допуска $Z_{\Sigma X,Y,Z}$. При этом необходимо задать допуск на основные детали исполнительных механизмов: пуансоны и матрицы для формовки, зазоры между ними и т. п.

Рассчитаем допустимые погрешности базирования собираемых деталей, сопрягаемых по различным поверхностям.

На рис. 13 показана сборка деталей, сопрягаемых по цилиндрическим поверхностям.

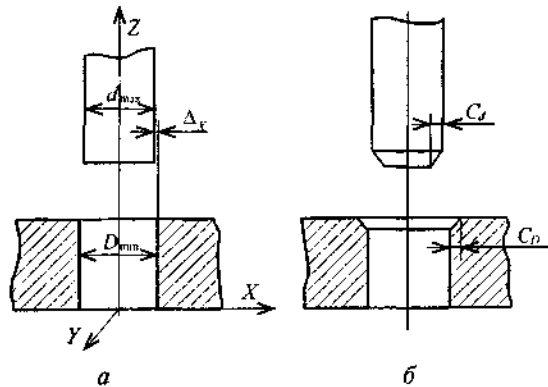


Рис. 13. Схема сборки деталей, сопрягаемых по цилиндрическим поверхностям: а — детали без фасок; б — детали с фасками

Сборка деталей будет возможна, если в первоначальный момент контакта двух деталей взаимное смещение не превысит значения A_x (рис. 13, а). В противном случае кромка одной детали встанет на торец другой детали и сборка не будет выполнена. Значение A_x , если считать от оси симметрии, будет равно:

$$A_{x, \pm} = \pm \frac{D-d}{2}, \quad \Delta_{y, \pm} - \Delta_{y, \pm}$$

т. е. допустимое смещение деталей в одну сторону от оси симметрии составит не более половины минимального зазора, знак "±" означает, что смещение от оси симметрии может происходить в обе стороны.

При наличии фасок на валу и втулке смещение по осям OX и OY будет равно (рис. 13, б)

$$\Delta_x = \pm \frac{A_{min} - 4\sqrt{C_d + C_p}}{2}; \quad \Delta_k = A_x$$

где C_d и C_p — размеры фасок вала и втулки.

Итак, допустимым смещением при первоначальной совместности собираемого соединения называется максимальное взаимное отклонение сопрягаемых поверхностей деталей, при котором еще возможно осуществить фиксацию сопрягаемых поверхностей и их соединение (сборку). Допустимое смещение определяется геометрическими размерами двух сопрягаемых поверхностей (в данном случае диаметрами вала и отверстия втулки), а также формой и размерами фасок, заходных конусов, лысок и других вспомогательных поверхностей.

Наличие фасок увеличивает допустимое смещение собираемых деталей, однако при этом следует обеспечить подвижность хотя бы одной детали, иначе сборка не может быть выполнена.

Допустимый угол поворота оси вала относительно оси отверстия для случая, показанного на рис. 14, а, находят из выражений:

$$\begin{aligned} &\text{для оси } OX \\ &= \frac{A}{L} = \frac{D-d}{L}, \\ &A_a = \arctg \frac{D-d}{L}; \end{aligned}$$

для оси OY

$$A_p = A_x,$$

а для случая, показанного на рис. 14, б — из выражений:

$$\begin{aligned} &\text{для оси } OX \\ &A_a = \arcsin \frac{D-d}{l} \end{aligned}$$

для оси OY

$$\Delta_\beta = \Delta_{\alpha'}$$

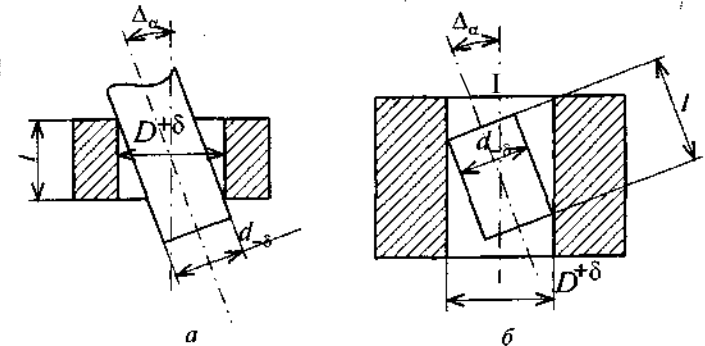


Рис. 14. Определение допустимого угла поворота деталей: а — длина втулки меньше длины вала; б — длина вала меньше длины втулки

Поворот относительно оси OZ не влияет на собираемость для данного случая.

Сопряжение деталей возможно, если несовпадение и перекос осей в процессе сборки меньше или равны найденным предельно допустимым значениям. Перекося осей в сборочных устройствах практически очень малы, поэтому условием собираемости деталей, сопрягаемых по их цилиндрическим поверхностям, обычно является решение задачи совпадения их осей.

На рис. 15 показана сборка деталей, сопрягаемых по плоским поверхностям.

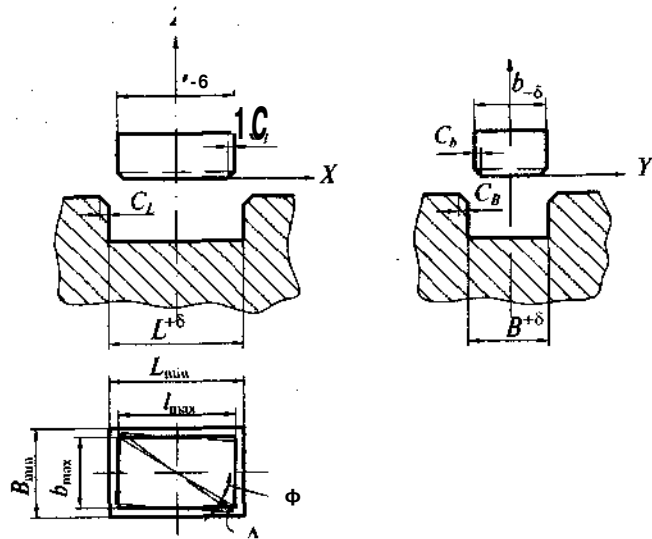


Рис. 15. Схема установки микросхемы в гнездо основания

Положение деталей, сопрягаемых по плоским поверхностям, определяется тремя перемещениями и тремя поворотами относительно координатных осей. Так, при установке микросхемы в гнездо корпуса (основания) условия собираемости будут следующими (см. рис. 15).

Допустимое смещение A_x по оси OX :

без фасок	при наличии фасок
$\Delta x = \pm \frac{L-1}{2}$,	$A_x = \pm \frac{L-1}{2} + C_L + C_B$

по оси OY

без фасок	при наличии фасок
$A_y = \pm \frac{B-b}{2}$,	$A_y = \pm \frac{B-b}{2} + C_B + C_B$

по оси OZ смещение не влияет на собираемость деталей в данном случае.

Допустимый угол поворота микросхемы:

относительно оси OX	при наличии фасок
без фасок	$\cos \Delta_\alpha \sim \frac{L-C_L}{L}$
$\cos \Delta_\alpha \sim \frac{L-C_L}{L}$	$\cos \Delta_\alpha \sim \frac{L-C_L}{L-C_L}$

относительно оси OY

без фасок	при наличии фасок
$\cos \Delta_\alpha = A$,	$\cos \Delta_\alpha = A \frac{Z}{u-b_0}$
$\cos \Delta_\alpha \sim \frac{L-C_L}{L}$	$\cos \Delta_\alpha \sim \frac{L-C_L}{L-C_L}$

относительно оси OZ рассмотрен (см. рис. 15) случай расположения оси вращения в центре симметрии фигуры "микросхема — гнездо".

Допустимый угол поворота микросхемы относительно оси OZB сторону оси ШГ составляет

$$\Delta \gamma(x) = \varphi \left(\frac{L_{\min}}{b_{\max}} - 1 \right),$$

где φ — угол между диагональю и осью симметрии микросхемы.

Допустимый угол поворота микросхемы относительно оси OZB сторону оси OF равен

$$\Delta \gamma(y) = \varphi \left(\frac{L_{\min}}{b_{\max}} - 1 \right).$$

За допустимое значение A_y принимается меньшее из двух полученных.

Наличие фасок на кромках сопрягаемых поверхностей соответственно увеличивает размеры паза и уменьшает размеры микросхемы на размеры фасок, а именно:

$$\Delta x = \pm \frac{L_{\min} + C_B}{b_{\max} - C_b} - 1,$$

$$\Delta y = \pm \frac{L_{\min} + C_L}{l_{\max} - C_l} - 1.$$

На рис. 16 показана сборка изделий, сопрягаемых по двум цилиндрическим поверхностям.

Такой вид сборки применяется при постановке изделий типа корпусов, печатных плат и других на фиксирующие штифты, шпильки. При этом необходимо сначала обеспечить надевание сопрягаемой детали (изделия) своими цилиндрическими поверхностями на штифты базового основания, а затем совместить плоскости их прилегания (рис. 16). Допустимое значение смещения деталей зависит от зазоров между отверстиями и штифтами и рассчитывается по формуле:

$$\Delta = \frac{D - d}{2} - \frac{A_{\max} - A_{\min}}{2}$$

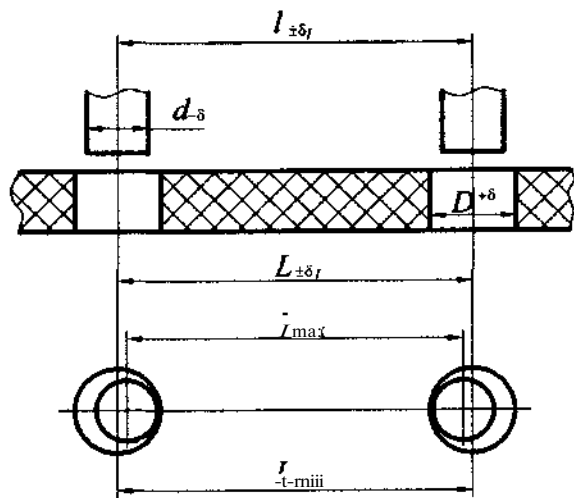


Рис. 16. Схема сборки деталей, сопрягаемых по двум цилиндрическим поверхностям

При наличии фасок в отверстиях и на штифтах условие наведения определяется зависимостью

$$\Delta = \frac{D-d}{2} - \frac{L_{max}-l_{min}}{2} + C_n + C_w$$

при условии подвижности (гибкости) выводов (штифтов).

В табл. 1 приведены данные для расчетов допустимых погрешностей базирования при сборке деталей для различных случаев их сопряжений.

Таблица 1

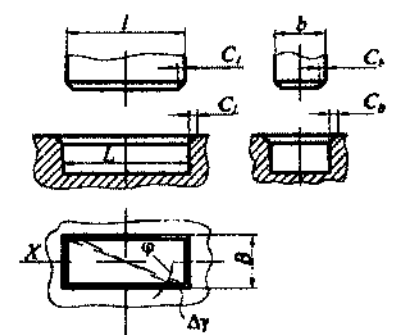
Определение допустимой погрешности базирования при сборке

Вид сопряжения и эскиз	Расчетные формулы
По цилиндрической поверхности без фасок 	$\Delta_x = \Delta_y = \pm \frac{D_{шп} - l_{таох}}{2}$

Продолжение табл. 1

Вид сопряжения и эскиз	Расчетные формулы
По цилиндрической поверхности с фасками 	$\Delta_x = \pm \frac{D_{min} - l_{max}}{2} + C_D + C_d$
По двум цилиндрическим поверхностям без фасок 	$\Delta_x = \pm \frac{D_{min} - d_{max}}{2} - (\delta_L + \delta_l);$ $\Delta_y = \pm \frac{D_{min} - d_{max}}{2}$
По двум цилиндрическим поверхностям с фасками 	$\Delta_x = \pm \frac{D_{min} - d_{max}}{2} - (b_L + b_l) + L_D + C_d;$ $\Delta_y = \pm \frac{D_{шп} - l_{таох}}{2} + C_D + C_d$
По плоским поверхностям без фасок 	$\Delta_x = \pm \frac{A_{min} - l_{max}}{2};$ $\Delta_y = \pm \frac{B_{min} - b_{max}}{2};$ $\Delta y_x = \phi \left(\frac{B_{min}}{b_{max}} - 1 \right);$ $\Delta y_y = \phi \left(\frac{l_{min}}{l_{max}} - 1 \right)$

Окончание табл. 1

Вид сопряжения и эскиз	Расчетные формулы
По плоским поверхностям с фасками	
	$\Delta X = \pm \frac{4n \sin \alpha}{2} \max_{\text{max}} + Q + C_1;$ $\Delta Y = \pm \frac{P_{\text{mill}} - A_{\text{max}}}{2} + L_B + \epsilon_6;$ $\Delta Y_X = \varphi \left(\frac{B_{\text{min}} + C_B}{b_{\text{max}} - C_b} - 1 \right);$ $\Delta Y_Y = \varphi \left(\frac{A n \sin \alpha + Q \cdot t}{l_{\text{max}} - W} \right)$

Положение деталей перед сборкой определяется различными схемами базирования. Взаимное базирование собираемых деталей во многом определяется погрешностью базирования каждой из них.

Рассмотрим схемы базирования одной детали и возникающие при этом фактические погрешности базирования (ϵ).

Базирование детали на плоскость (рис. 17). Погрешность смещения оси отверстия при базировании на плоскость находят по следующим выражениям:

$$\begin{array}{l|l} \text{по оси } OX & \text{по оси } OY \\ \epsilon_X = \delta, & \epsilon_Y = S_B, \end{array}$$

где S_L — допуск на размер L .

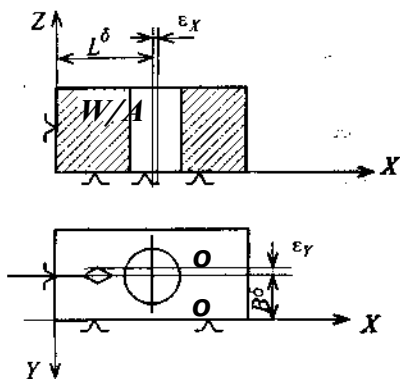


Рис. 17. Схема базирования детали на плоскость

Результирующее смещение оси $\epsilon_{\text{рух}} = \sqrt{\epsilon_x^2 + \epsilon_y^2}$.

Базирование на неподвижную призму (рис. 18, а). Погрешность смещения оси отверстия (оси детали) при базировании на призму определяют по формуле

$$\epsilon = \frac{\delta_d}{2 \sin \alpha}$$

где δ_d — допуск на диаметр втулки; α — угол призмы ($\alpha = 90; 120^\circ$).

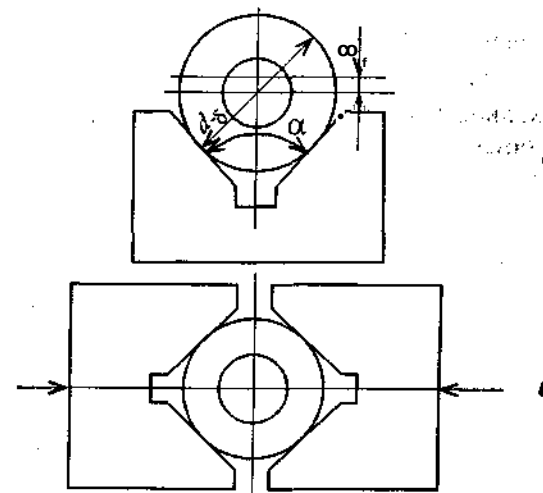


Рис. 18. Схема базирования детали:

а - на неподвижную призму; б - на самоцентрирующие призмы

При базировании на самоцентрирующие призмы (рис. 18, б) смещения оси детали не происходит, т. е. погрешность базирования равна нулю.

Базирование на цилиндрическую поверхность (палец) (рис. 19). Установка детали типа втулки на цилиндрическую оправку перед сборкой может осуществляться как горизонтально (рис. 19, а), так и вертикально (рис. 19, б).

При горизонтальной установке смещение оси втулки будет односторонним, погрешность базирования будет равна

$$\epsilon = \frac{d_0 - d}{2}$$

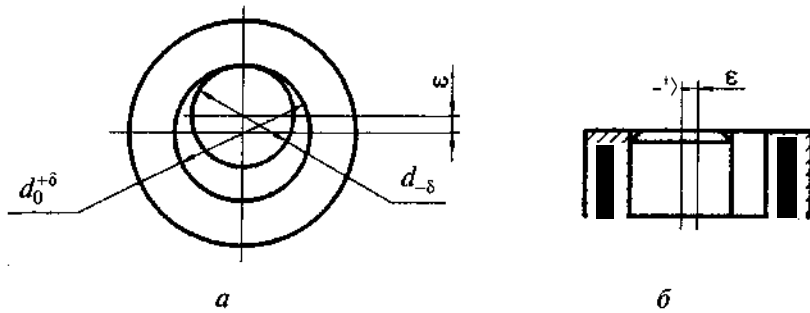


Рис. 19. Базирование детали на цилиндрическую поверхность:
а — горизонтально; б — вертикально

При вертикальном положении пальца положение оси втулки будет безразличным, поэтому погрешность базирования будет равна $E = d_0 - d$.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ СОБИРАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ

Рассмотрим несколько случаев совместного базирования собираемых деталей и определим действительную погрешность их базирования перед сборкой. При этом следует иметь в виду, что каждая отдельная деталь может иметь отличную от другой схему базирования.

Базирование собираемых деталей на призму (рис. 20, а). Действительная погрешность базирования:

<p>оси вала</p> $\epsilon_B = \frac{\delta_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$		<p>оси втулки</p> $\epsilon_{BT} = \frac{\delta_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + e,$
---	--	---

где e — несоосность наружной и внутренней цилиндрических поверхностей.

Построим поля распределения допусков (рис. 20, б). Поля допусков имеют одно направление, поэтому за общую погрешность базирования ϵ_0 , т. е. взаимное смещение осей вала и втулки принимается большее из двух полученных значений:
 $\epsilon_0 = \epsilon_{BT}$.

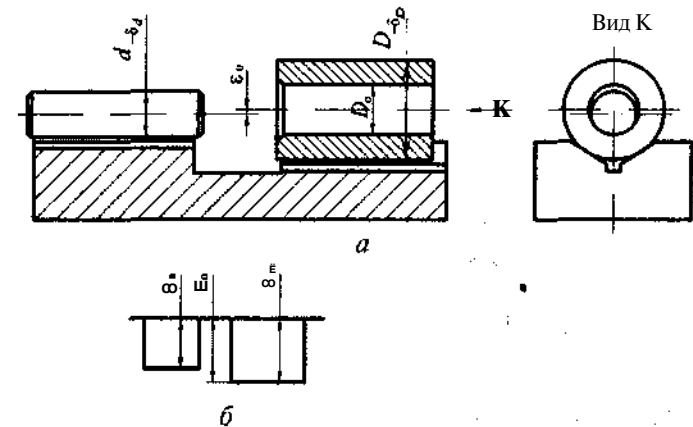


Рис. 20. Базирование собираемых деталей на призму:
а — схема сборки; б — поля

При базировании деталей типа втулка—вал в горизонтальном относительном положении при сборке возможны два основных случая: ось втулки выше оси валика и ось втулки ниже оси валика. Если ось втулки расположена выше оси вала, то при неподвижной базирующей призме в процессе перемещения втулки произойдет заклинивание, если она расположена ниже оси вала (рис. 21, а), то при приложении силы P к торцу втулки она, коснувшись фаски, начнет смещаться по фаске, отрываясь от призмы. При этом произойдет смена баз: опорные точки 1—3 перейдут на торец, а точка 4 — на место контакта кромки с фаской вала (см. рис. 21, б).

При отрыве втулки от базы ее ось будет смещаться валиком до тех пор, пока контуры валика и отверстия не совпадут (рис. 21, в). Совмещение контуров определит начало непосредственного сопряжения (см. рис. 21, г). Отсюда следует, что наличие на кромках сопрягаемых поверхностей фасок является необходимым, но не достаточным условием для обеспечения собираемости деталей. Другим условием собираемости является наличие подвижности (возможности смещения) хотя бы одной из собираемых деталей в плоскости, перпендикулярной направлению сборки.

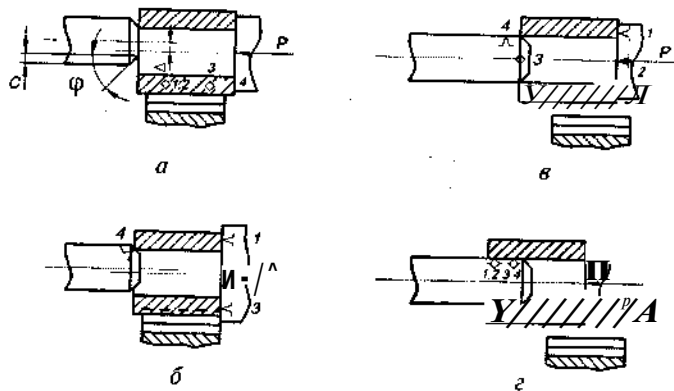


Рис. 21. Различные положения при сборке деталей типа втулка—вал:
в — исходное положение; б — смена баз; в — совпадение контуров;
г — непосредственное сопряжение

В табл. 2 приведены варианты для определения фактической погрешности базирования при сборке различных деталей.

Таблица 2

Определение фактической погрешности базирования при сборке деталей

Способ базирования и эскиз	Расчетные формулы
<p>На призму</p> <p>Поля допусков</p>	$\epsilon_d = \frac{\delta_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}; \epsilon_D = \frac{\delta_{D_1}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + e,$ <p>где e - несоосность D и D₁,</p> $\epsilon_o = \frac{\delta}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + e, \alpha = 90; 120^\circ$
<p>На плоскость</p>	$\epsilon_1 = \delta_{L_1}; \epsilon_2 = \pm \delta_{L_2}; \epsilon_o = 6_{L_1} + \frac{25_{L_2}}{2}$

Окончание табл. 2

Способ базирования и эскиз	Расчетные формулы
<p>По различным поверхностям</p>	<p>Для левого вывода</p> $\epsilon_{ox} = \frac{\delta d}{2}, \epsilon_{oy} = \dots$ <p>Для правого вывода</p> $\epsilon_{ox} = \frac{\delta d}{2}, \epsilon_{oy} = \dots$ <p>Для монтажных отверстий</p> $\epsilon_{ox} = \frac{\delta d}{2}, \epsilon_{oy} = \dots$ <p>Для левого монтажного отверстия</p> $\epsilon_{ox} = \frac{\delta d}{2}, \epsilon_{oy} = \dots$ <p>Для правого монтажного отверстия</p> $\epsilon_{ox} = \frac{\delta d}{2}, \epsilon_{oy} = \dots$ <p>Общая погрешность</p> $\epsilon_{об} = \sqrt{\epsilon_{ox}^2 + \epsilon_{oy}^2}$

6. ПРИМЕР ТОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Требуется установить резисторы на печатную плату в автоматическом режиме.

Определяется допустимая погрешность базирования выводов резистора относительно монтажных отверстий платы (рис. 22).

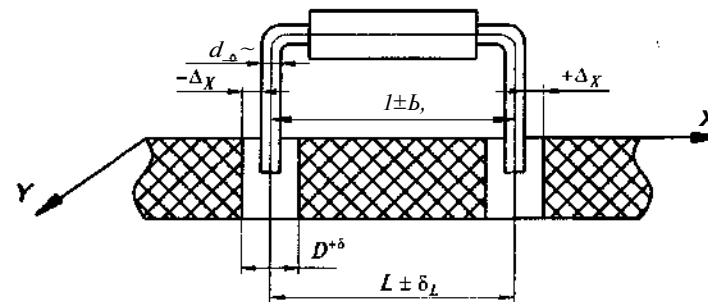


Рис. 22. Базирование выводов резистора относительно монтажных отверстий платы

Смещение по оси OX

$$A_y = \pm \left[\frac{D_{\min} - d_{\max}}{2} - \frac{(\delta_1 + 5,)}{2} \right]$$

Смещение по оси OY

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

Определяется действительная погрешность базирования резистора при установке на плату. Для этого вычерчивается предполагаемая схема установки резистора на плату (рис. 23, а). 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:

для выводов

$$\epsilon_x = \pm y' \cdot \epsilon_{ox} = v'$$

для левого монтажного отверстия

$$\epsilon'_{ox} = \delta_A; \quad \epsilon'_{oy} = \delta_B;$$

для правого

$$\epsilon''_{ox} = \delta_A + 2\delta_L; \quad \epsilon''_{oy} = \delta_A.$$

Для определения действительного взаимного смещения оси вывода и оси монтажного отверстия построим поле распределения допусков вывода и отверстия относительно общей оси (см. рис. 23, б). Наибольшее взаимное смещение оси при данной схеме монтажа определяется наибольшим допуском:

для оси OX

$$\epsilon_x = \delta_A + 2\delta_L + \frac{\delta d}{2},$$

для оси OY

$$\epsilon_y = \delta_B.$$

Считаем, что взаимные перекосы по осям малы по сравнению с линейными смещениями и в расчетах не учитываются, а размер / для конкретного приспособления величина постоянная.

Проверка условия собираемости резистора на плате. Правильно выбранная схема монтажа будет при условии $D^{\wedge} > e^{\wedge}$; $A_y > E_y$.

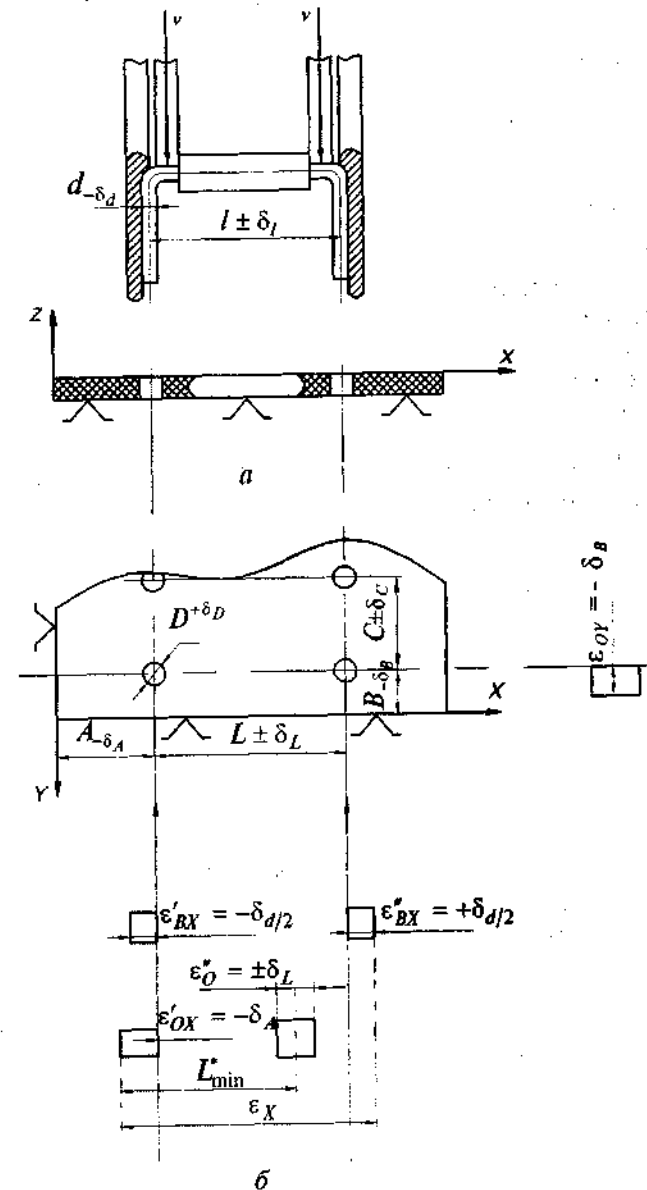


Рис. 23. Схема установки резистора на плату (а) и поля распределения допусков выводов и монтажных отверстий (б)

Определяются требования по точности к устройству (станку) для установки элементов на плату:
по оси OX

$$\sum \delta_X = \Delta_X - \epsilon_X = (D_{\min} - d_{\max}) - (\delta_L + \delta_f) - \delta_A + 2\delta_L + \dots;$$

по оси OY

$$\epsilon_{6y} = D_y - e_z = (D_{\min} - d_{\max}) - \delta_B.$$

Позиционирование по оси OX осуществляется перемещением стола станка, по оси OY — установочной головкой станка. Эти перемещения производятся автоматически по программе.

Считаем, что точность установочной головки и точность позиционирования стола одинаковы. Тогда допуск (погрешность) на смещение установочной головки по оси OX $\delta_{zX} = \delta_x/2$, точность позиционирования стола по оси OX $\delta_m = \delta_x/2$, допуск на смещение установочной головки по оси OY $\delta_{zy} = \delta_y/2$, точность позиционирования стола станка по оси OY $\delta_{mY} = \delta_y/2$.

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

7. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ СБОРОЧНО-МОНТАЖНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

После взаимной ориентации происходит перемещение собираемых деталей относительно друг друга, при этом иногда требуются довольно большие силы, особенно при запрессовывании деталей, при гибке выводов перед сборкой и т. д. В качестве силового привода чаще всего используют пневмоприводы и электромагнитные приводы.

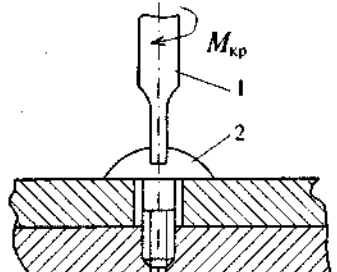
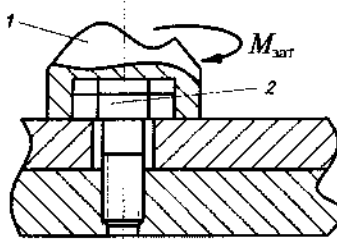
Порядок выполнения силового расчета.

Вычерчиваем силовую расчетную схему приспособления. Определяем исходные (возмущающие) силы (силу на подачу деталей для сборки, силу на формовку, гибку, запрессовку). В зависимости от вида выполнения сборочно-монтажной операции силы могут быть найдены по формулам, указанным в

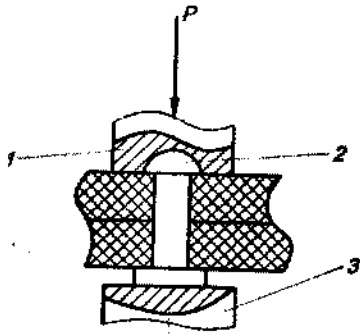
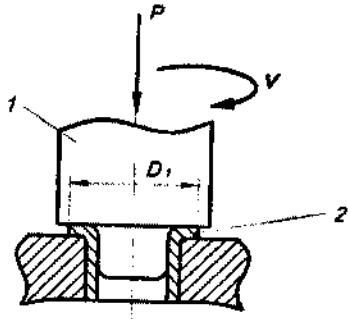
табл. 3 или в справочной литературе. Рассчитываем силу привода и выбираем привод приспособления.

Таблица 3

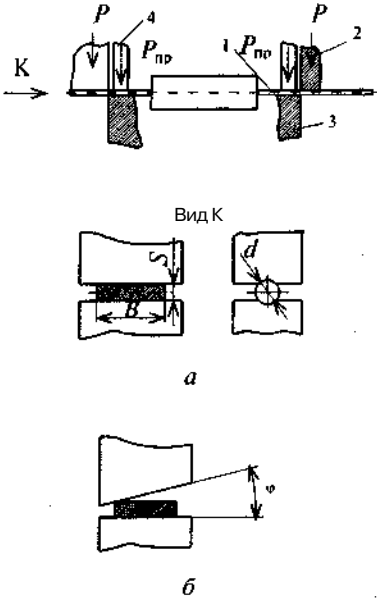
Определение исходной силы (момента) для сборочных операций

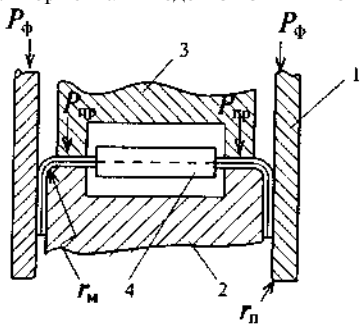
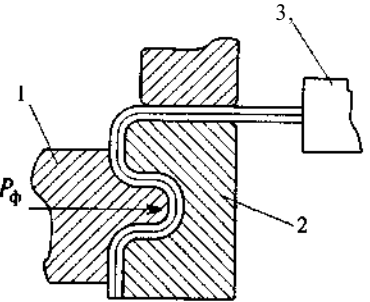
Наименование сборочной операции и эскиз	Расчетные формулы
<p>1. Свинчивание</p>  <p>а</p> <p>1 — механическая отвертка; 2 — винт</p>  <p>б</p> <p>1 — механический торцовый ключ; 2 — болт</p>	<p>Определение максимальных моментов затяжки резьбовых соединений:</p> <p>1) при работе резьбового соединения на растяжение $M_{зат} = 0,6a \sigma_t d f$, где σ_t — предел текучести материала резьбовых деталей (см. табл. 4); d — диаметр резьбы; f — коэффициент трения в резьбовом соединении;</p> <p>2) для обеспечения прочности шлицев на смятие $M_{зат} = 0,085 \sigma_{т.А} \frac{a}{d_o} d^3$ где $\kappa = 0,4 - 0,8$ — коэффициент прочности материалов резьбового соединения; a — глубина шлица; d^{\wedge} — диаметр головки винта;</p> <p>3) прочность резьбы на срез (для гайки) обеспечивается при $A_{зат} \leq 1,54 \frac{H}{d_o} \sigma_{т.Б}^3$, где H — высота гайки</p>

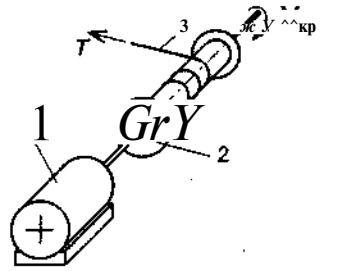
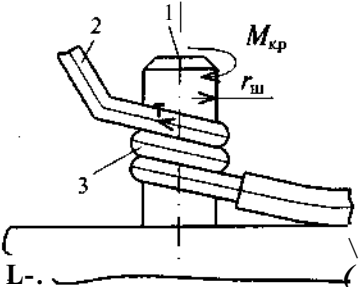
Продолжение табл. 3

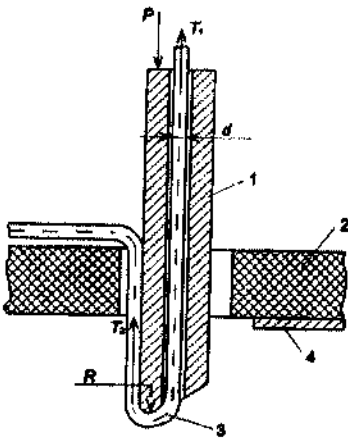
Наименование сборочной операции и эскиз	Расчетные формулы
<p>2. Клепка</p>  <p>1 — пуансон; 2 — заклепка; 3 — опорная пята; замыкающая головка может быть образована ударами, давлением и давлением с развальцовкой</p>	$P = kd^{1,75} \sigma_{\text{в}}^{0,75},$ <p>где коэффициент $k = 28,6$ для сферических головок; $k = 26,2$ для потайных; $A = 15,2$ для плоских; $k = 43,3$ для полупустотелых и пустотелых заклепок; d — диаметр стержня заклепки, м; $\sigma_{\text{в}}$ — временное сопротивление разрыву материала заклепки, Па</p>
<p>3. Развальцовка</p>  <p>1 — инструмент; 2 — пустотелая заклепка</p>	$V = 15 + 10 \text{ м/мин}, \quad *$ $P = D^2 - d^2 X,$ <p>где коэффициент $kX = 4,5$ для меди и $kX = 5,5$ для стали; D, d — соответственно наружный и внутренний диаметры трубки, м; $D\backslash$ — диаметр развальцованного торца трубки, м; σ_{T} — предел текучести материала трубки</p>

Продолжение табл. 3

Наименование сборочной операции и эскиз	Расчетные формулы
<p>4. Резка</p>  <p>а — резка с прямыми ножами; б — с наклонными ножами;</p> <p>1 — вывод ЭРЭ; 2 — подвижный нож; 3 — опорный нож; 4 — прижим</p>	$P_{\Sigma} = nP + mP_{\text{пр}},$ <p>где $$ — суммарная сила при обрезке выводов;</p> <p>а) с прямыми ножами $P = Fa_{\text{в}}k, k = 0,6 \text{--} 0,8$</p> <p>б) с наклонными ножами</p> $ \geq 0,5 \frac{P}{\text{tg} \Phi} a_{\text{в}}k,$ <p>P — сила обрезки; n — количество выводов; m — количество мест приложения силы прижима; $P_{\text{пр}}$ — сила прижима; $P_{\text{по}} = qFj, q = 1 \text{ч--} 3 \text{МПа};$ Fj — площадь под прижимом; F — площадь сечения вывода; для прямоугольного сечения $F = BS$; для круглого сечения $S = \frac{\pi d^2}{4}$;</p> <p>$\Phi = 2 + 5^\circ$ — угол наклона ножей; σ_{T} — временное сопротивление разрыву материала</p>

Наименование сборочной операции и эскиз	Расчетные формулы
<p>5. Формовка выводов ЭРЭ и ИМС</p>  <p>1 — пуансон; 2 — матрица; 3 — прижим; 4 — ЭРЭ</p>	<p>Суммарная сила</p> $\hat{\Delta} = 2 / >_{\phi} + 2 / >_{пр}$ <p>где P_{ϕ} — сила формовки вывода; $P_{\phi} = 2Fa_{\phi}kn$, где F — площадь сечения вывода; для прямоугольных сечений (планарные выводы) $F = BS$, где B — ширина вывода, S — толщина вывода; для круглых сечений (штыревые выводы) $F = \frac{\pi d^2}{4}$, где d — диаметр вывода; $\langle T_{в}$ — временное сопротивление разрыву металла; κ — коэффициент приведен в табл. 5; n — число выводов ИМС; $P_{пр} = (0,25 + 0,3)P_{\phi}$ — сила прижима</p>
<p>6. Формовка с калибровкой</p>  <p>1 — пуансон; 2 — матрица; 3 — ЭРЭ</p>	<p>$P_{\phi} = qF$</p> <p>где q — давление калибровки, Па (см. табл. 6); F — площадь калибруемого вывода под пуансоном, см²</p>

Наименование сборочной операции и эскиз	Расчетные формулы
<p>7. Намотка провода, навивка проволоки</p>  <p>1 — привод станка; 2 — каркас; 3 — наматываемый провод</p>	<p>Сила натяжения провода (предельная)</p> $\Gamma = 8,5 - 10 \chi^2_{пр}$ <p>где $\chi_{пр}$ — диаметр проволоки, см.</p> <p>Момент крутящий</p> $M = \frac{Tz_k}{\gamma_{пр}}$ <p>где z_k — радиус каркаса.</p> <p>Мощность привода</p> $N_{пр} = \frac{\chi_{пр} \langle \kappa_{в} \rangle \langle \Pi \rangle}{975000}$ <p>где n — частота вращения каркаса; 1/мин; γ — КПД намоточного станка</p>
<p>8. Накрутка</p>  <p>1 — штырь; 2 — проводник; 3 — виток</p>	<p>Сила для накрутки</p> $T = \kappa a_{в} F$ <p>где коэффициент $\kappa = 0,6 - 0,7$; $a_{в}$ — временное сопротивление разрыву материала (см. табл. 4); F — площадь сечения провода.</p> <p>Момент крутящий</p> $M_{кр} = \frac{T r_{шт}}{1000}$ <p>где $r_{шт}$ — радиус штыря</p>

Наименование сборочной операции и эскиз	Расчетные формулы
<p>9. Прошивка провода</p>  <p>1 — игла прошивочная; 2 — печатная плата; 3 — провод; 4 — контактная площадка</p>	<p>Сила действующая на провод при прошивке</p> $T_2 = T_1 e^{\mu f} + \frac{M_{из}}{\rho} (1 + e^{\mu f}),$ <p>где T_1 — сила натяжения провода от смоточно-натяжного устройства; T_2 и T — предельная сила натяжения провода (см. п. 7); $e = 2,71$; α — угол охвата проводом иглы; $\mu = 0,5 - 0,2$ — коэффициент трения провода по поверхности иглы; $M_{из}$ — момент, изгибающий провод по поверхности радиуса L;</p> $\rho = \frac{d}{2} R$ <p>R — радиус изгиба провода</p> <p>Сила прошивки провода</p> $P \geq (T_1 + T_2) \kappa,$ <p>$\kappa = 1,3$ и $1,5$ — коэффициент запаса</p>

Значения S_T , S_B и S_{cp} приведены в табл. 4.

На рис. 24 показана схема для силового расчеа при подаче резистора на плату и подгибке выводов с обратной стороны платы 2.

Определим силу P , необходимую для установки резистора 1 на плату 2. После выкусывания из ленты с ЭРЭ и формовки резистор занимает положение, показанное на рис. 24. При этом он удерживается за счет сил пружинения выводов 3 P_{np} . Сила трения от сил пружинения равна

$$F_{тр} = P f_{* np. /}$$

где f — сила трения между выводом резистора и направляющего пуансона 4. Тогда $\kappa P = F_{тр}$, где κ — коэффициент запаса, $\kappa = 1,3$.

Если привод один для толкателя 5, то сила для расчета удваивается.

Для расчета силы подгибки вывода воспользуемся формулой для формовки вывода (см. п. 5 в табл. 3).

Рассмотрим пример силового расчета для зиг-формовки ЭРЭ с осевыми (штыревыми) выводами.

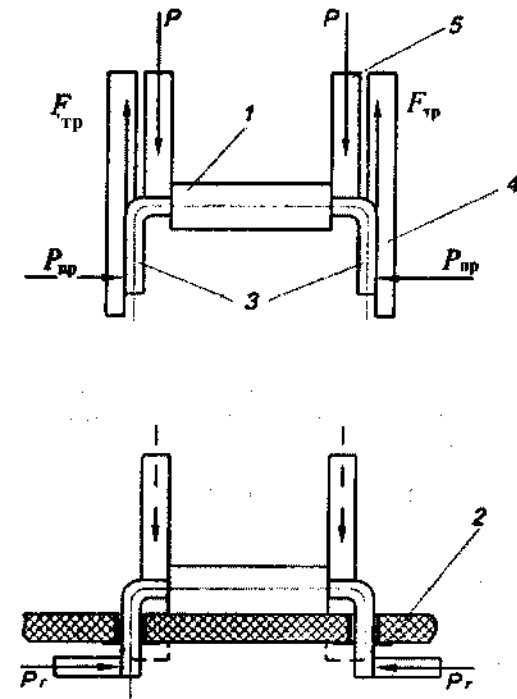


Рис. 24. Схема для силового расчета при подаче резистора на плату и подгибке выводов с обратной стороны платы

На рис. 25 представлена силовая расчетная схема для зиг-формовки выводов резистора с пневмоприводом и рычажным механизмом передачи силы на пуансон, формирующий вывод. Определяем силу, необходимую для формовки вывода, с учетом действия возвратной пружины: $P_z = W = P_{\phi} + P_{np}$, где f_{ϕ} — сила формовки с калибровкой вывода (расчетные формулы приведены в строке 6 табл. 3).

$$P_{\phi} = q_x F;$$

где $q_x = 20$ МПа; F — площадь под пуансоном, $F = B d_{np}$, $B = 2r_n + 2r_{-n} + D$, $D = (1+2)$ мм.

Размеры пуансона и матрицы, а также рабочий зазор между ними рассчитывают исходя из размеров получаемого вида формовки.

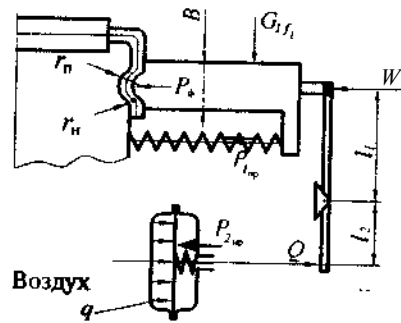


Рис. 25. Силовая расчетная схема для зиг-формовки выводов резистора с пневмоприводом и рычажным механизмом передачи силы на пуансон, формирующий вывод

Сила сжатия пружины $P_{1пр}$ определяется по формуле

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

где G_1, G_2 — массы пуансона и рычага;

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

По полученному значению $P_{1пр}$ 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:

.. ?

Для рассматриваемого приспособления выбран диафрагменный привод одностороннего действия с возвратной пружиной $P_{2пр}$, расчет которого аналогичен ^ „P.

Сила на приводе

$$kQ = qF - P_{2пр} \quad \text{или} \quad qF = kQ + P_{2пр},$$

где $k = 1,3$ — коэффициент запаса,

$q = (0,4 \text{ н} - 0,6) \text{ МПа}$ — давление в пневмосети.

Определим диаметр пневмоцилиндра:

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

По полученному значению D выбирают диафрагменный пневмопривод с ближайшим большим значением D и проверяют на достаточность величин хода штока по формуле $l = \frac{1}{3} D$.

При выполнении силового расчета могут быть внесены уточнения к конструкции приспособления (размеры отдельных элементов, их масса, материалы, коэффициенты трения, приводы и т. д.).

Таблица 4

Основные механические свойства материалов

Наименование металла или сплава	Состояние	Сопротивление срезу $\sigma_{ср}$, МПа	Предел прочности $\sigma_{н}$, МПа
Сталь углеродистая обыкновенного качества	—	300-400	400-600
Сталь конструкционная	-	450-500	500-600
Латунь	Мягкая Твердая	250-300 350-400	300-350 400-450
Бронза бериллиевая	Мягкая Твердая	350-500 550	400-600 650
Медь	Мягкая Твердая	180 260	210 300
Алюминий	Мягкий Твердый	70 ПО	ПО 120-150
Дуралюмин	Отожженный Закаленный	150-200 270-300	180-250 340-800
Никель	Мягкий Твердый	350 470	400 550
Ковар	Мягкий	380-520	450-600

Примечание: Напряжение текучести $\sigma_s = 0,8 \sigma_{н}$.

Таблица 5

Значение коэффициента K для формовки (гибки)

r_m / S	Значение A при r_m / 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

Примечание: r_m — радиус матрицы; r , — радиус пуансона; S — толщина (диаметр) изгибаемого материала.

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

8. ПРИМЕР КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

На рис. 26 показана конструкция приспособления для зиг-формовки выводов ЭРЭ.

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

Приспособление содержит матрицу 1 с радиусами, углубленными под зиг-формовку ЭРЭ 2, которая крепится к раме двумя стопорными винтами 3 с шайбами и двумя инструментами, расположенными по диагонали (на рис. 26 показаны осевыми линиями). С двух сторон установлены формирующие пуансоны 7, перемещающиеся в направляющих 6, которые крепятся винтами 5 и штифтами 4 к раме.

Пневмоприводы 9 диафрагменные, одностороннего действия, обеспечивающие силу у формовки и сжатие возвратных пружин 8 пуансона и пружин 12 пневмопривода, крепятся к боковым стенками рамы 17 винтами 16 по четыре на пневмопривод. Боковые стенки рамы имеют пазы 13 для облегчения сборки пневмоприводов.

Сила от штока 14 пневмопривода через рычаг 15 передается на пуансон. Рычаг установлен на кронштейне 18. Регулировочный винт 19 служит для установки необходимого зазора между пуансоном и матрицей, определяемого диаметром формируемого вывода. Рама крепится винтами 20 и штифтами 21 к основа-

нию 22 устройства. Пневмораспределитель воздуха 10 из цеховой сети установлен на подставке 11 между пневмоприводами и крепится к подставке хомутами 24 и винтами 23 (рис. 26, вид А).

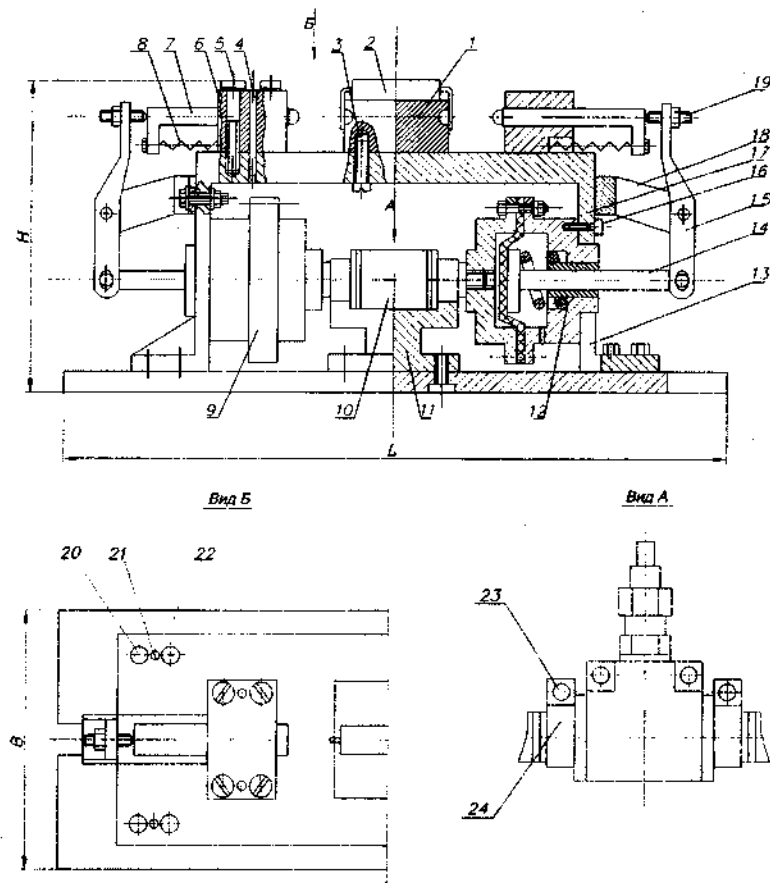


Рис. 26. Конструкция приспособления для зиг-формовки ЭРЭ

Данное приспособление можно сделать полностью 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 представлены габаритные размеры L, H, B , основные присоединительные и посадочные размеры. В пояснительной 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.

9. ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ СБОРОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Для представленной на чертеже сборочной единицы (рис. 27, а), состоящей из штифта (рис. 27, б) и основания (рис. 27, в), определить:

условие собираемости (допустимое значение базирования) деталей;

схему базирования деталей, обеспечивающую собираемость деталей в автоматическом режиме (т. е. определить действительную погрешность базирования);

точность изготовления сборочного приспособления, а также вычертить общий вид сборочного приспособления (сборной головки) в эскизном варианте.

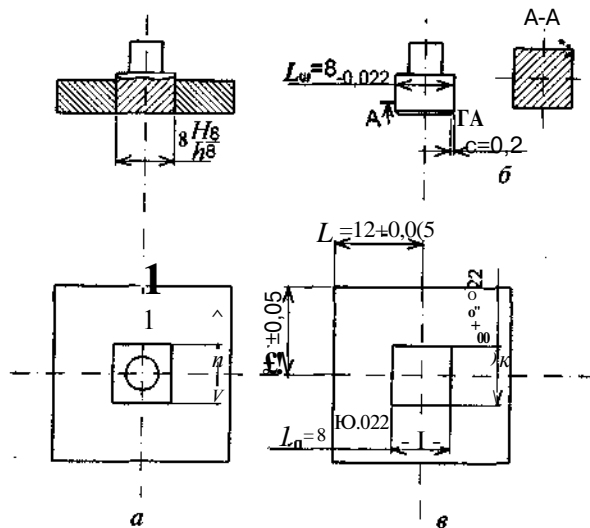


Рис. 27. Пример варианта задания:

а — чертеж сборочной единицы; б — чертеж штифта; в — чертеж основания

Определение условия собираемости деталей заключается в нахождении допустимого смещения собираемых деталей по осям OX, OY, OZ (A_x, A_y, A_z) и допустимого угла поворота относительно осей OX, OY, OZ ($\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$).

Допустимое смещение (базирование) штифта относительно паза основания по оси OX определяют по формуле (рис. 28, а)

$$A_x = \pm \frac{L_{п \text{ min}} - L_{ш} - \Gamma}{2 \text{ max}} = \pm \frac{8 - 8 + 0,2}{2} = \pm 0,1.$$

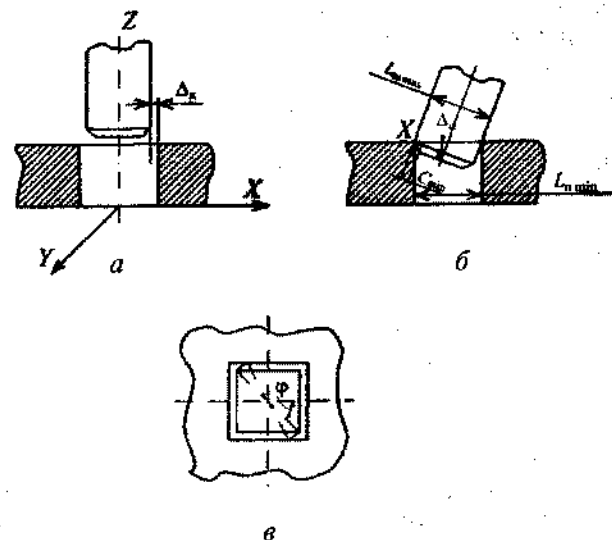


Рис. 28. Схема расчета допустимой погрешности базирования: а — допустимое смещение; б — допустимые угловые смещения относительно осей OX и OY ; в — допустимые угловые смещения относительно оси OZ

Смещение по оси OY равно смещению по оси OX , поэтому

$$A_y = A_x = \pm 0,1.$$

Смещение по оси OZ в данном случае не влияет на собираемость.

Допустимые угловые смещения относительно осей OX и OY также равны между собой и рассчитываются по формуле (рис. 28, б)

$$\cos A_a = \frac{L_{ш \max} - C_{н \min}}{L_{п \min}} = \frac{8 - 0,2}{8} = 0,98,$$

$$A_a = A_p = 10^\circ.$$

Допустимые угловые смещения относительно оси OZ в сторону осей OX и OY для квадратного сечения равны между собой и определяются следующим образом (рис. 21, в):

$$\Delta_a = \Delta_p = A_y = \varphi \left(\frac{L_{п \min}}{L_{ш}} - 1 \right) = 45^\circ \left(\frac{8}{8} - 1 \right) = 18^\circ.$$

Из полученных допустимых значений видно, что осуществление сборки требует точной взаимной ориентации деталей по осям OX и OY угловому смещению относительно оси OZ .

Выбор схемы базирования и определение действительных погрешностей базирования по всем координатным осям проводят в следующем порядке.

1. Базирование штифта и определение действительных погрешностей его базирования. Считаем, что штифт базируется по двум граням (плоскостям) и поджимается к ним (рис. 29, а). В этом случае погрешность базирования по оси OX составит:

$$e_{шX} = 0,022.$$

Так как сечение штифта представляет собой квадрат, смещение по оси OY равно смещению по оси OX .

2. Базирование основания и определение действительных погрешностей его базирования. Основание установим на плоскость и будем поджимать его к боковым плоскостям* (рис. 29, б). При этом погрешность базирования основания определяется смещением оси отверстия от ее идеального расположения. Она будет одинаковой в направлении осей OX и OY , а именно:

$$e_{пф} = e_z = \pm 0,05.$$

Базирование основания на плоскости исключает перекосы вокруг осей OX и OY , поэтому действительные угловые погрешности базирования $e_{пa}$ и $s_{пp}$ равны нулю. Угловое смещение паза относительно боковых поверхностей основания на чертеже (см. рис. 27, в) не указано, поэтому принимаем $b_{пг} = 0$.

3. Определение действительного значения смещения (базирования) штифта относительно основания для выбранной схемы их базирования. На рис. 29, в показана кривая распределения отклонений осей штифта и основания (можно строить в

виде полей допусков). Центральная линия — идеальное положение базовых поверхностей осей штифта и паза основания.

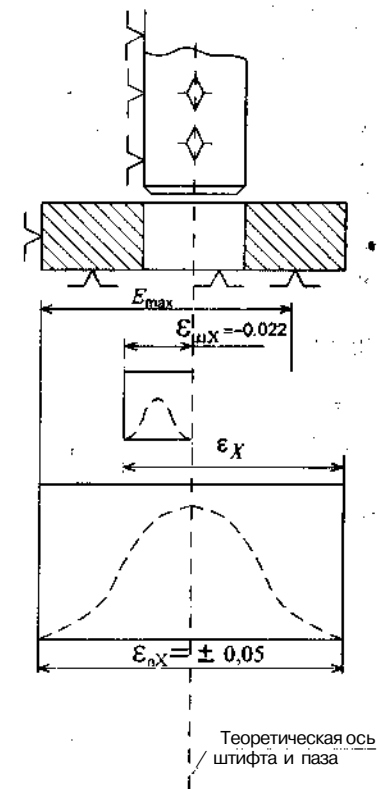


Рис. 29. Схема к расчету фактической погрешности базирования:
а — базирование штифта; б — базирование основания;
в — поля допусков и кривые перераспределения

Наибольшее взаимное смещение осей деталей (наибольшая действительная погрешность базирования) будет равно: при расчете на максимум - минимум

$$E_x = 0,05 + 0,022 = 0,072,$$

$$z_y = z_x = 0,072.$$

Угловые смещения относительно осей координат при этой схеме базирования равны нулю, т. е.

$$e_a = 0; e_b = 0; e_c = 0.$$

4. Сравнение действительных погрешностей базирования с допустимыми по условиям собираемости:

$$A_x = 0,2 > e_x = 0,072 \quad D_a = 10^\circ > s_a = 0$$

$$D_y = 0,2 > e_y = 0,072 \quad L_p = 10^\circ > E_p = 0$$

$$\Delta z \text{ не влияет} \quad D^{\wedge} = 18^\circ > E_y = 0.$$

Таким образом, предложенная схема базирования обеспечивает собираемость данных деталей в сборочную единицу в автоматическом режиме.

Определение точности изготовления сборочного приспособления начнем с определения допуска замыкающего звена, который представляет собой суммарный допуск размеров деталей, входящих в сборочное приспособление и влияющих на положение собираемых деталей:

$$S^{\wedge} = A - E = 0,2 - 0,072 = 0,128,$$

где D — допустимая погрешность базирования (смещения) собираемых деталей; s — действительная погрешность базирования, определяемая выбранной схемой базирования.

На точность взаимного положения собираемых штифта и основания влияет допуск замыкающего звена A_z , значение которого определяется из размерной цепи, состоящей из размеров $A1, A2, A3, A4$.

Считаем, что точность изготовления деталей, образующих размерную цепь, одинакова, тогда допуск на каждую входящую деталь (размер) определяется формулой

$$s_{1cp} = \frac{5L_2}{n-1} = \frac{0,128}{4} = 0,032.$$

Силовой расчет приспособления. Для расчетов выбираем случай, когда требуется максимальное приложение силы Q от пневмопривода 1. На рис. 30 показана схема силового расчета в момент подачи собранных деталей на следующую позицию.

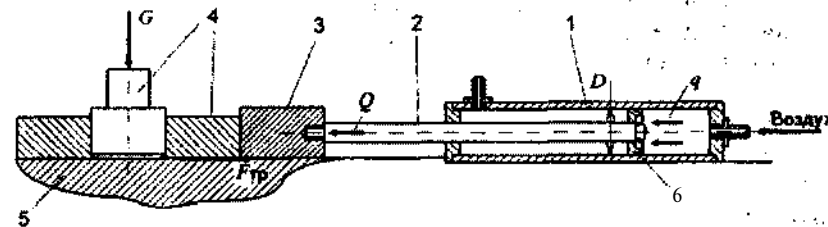


Рис. 30. Схема силового расчета сборочного приспособления

Сила Q на штоке 2 пневмопривода (в кг):

$$Q = F_{тр} k,$$

где $F_{тр}$ — сила трения от сборочной единицы 4, кг; k — коэффициент запаса ($k = 1,3 \text{ } \wedge \text{ } 1,5$),

где G — сила веса сборочной единицы и штибера 3, кг; f — коэффициент трения между сборочной единицей и столом 5 приспособления ($f = 0,3 \text{ } \mp \text{ } 0,35$),

где q — давление в пневмосети, $q = (4 \text{ } \mp \text{ } 6) \text{ кг/см}^2$ (0,4+0,6 МПа); S — площадь поршня 6,

$$S = \frac{\pi D^2}{4}.$$

Подставляя в формулу для расчета Q , получим

$$q \frac{\pi D^2}{4} = Gfk,$$

откуда

$$D = \sqrt{\frac{Gfk4}{\pi q}},$$

зададим $S = 20$ кг

$$D = \sqrt{\frac{20 \cdot 0,3 \cdot 1,3 \cdot 4}{\pi \cdot 4}} = 1,58 \text{ см.}$$

Рассчитав D , округляем его до ближайшего целого числа $D = 20$ мм.

Конструирование сборочного приспособления. На рис. 31 показано приспособление для сборки штифта 1 с основанием 6. Штифты 1 из магазина-накопителя 2 подаются на сборочную позицию питателем 4, совершающим возвратно-поступательные перемещения. Питатель одновременно играет роль отсекателя штифтов. Толкатель 3 также совершает возвратно-поступательные перемещения, подавая штифт через базирующее устройство 5, производя сборку его с основанием 6, которое в этот момент установлено на сборочной позиции с помощью шибера 7 и плавающего прижима 8. Базирующее устройство также имеет подпружиненный поджим 9 для обеспечения поджатия штифтов к базовым плоскостям.

Работа приспособления ведется в автоматическом режиме от действия четырех пневмоприводов 10. Сборочная единица удаляется после сборки на следующую позицию, освобождая место для следующего цикла сборки.

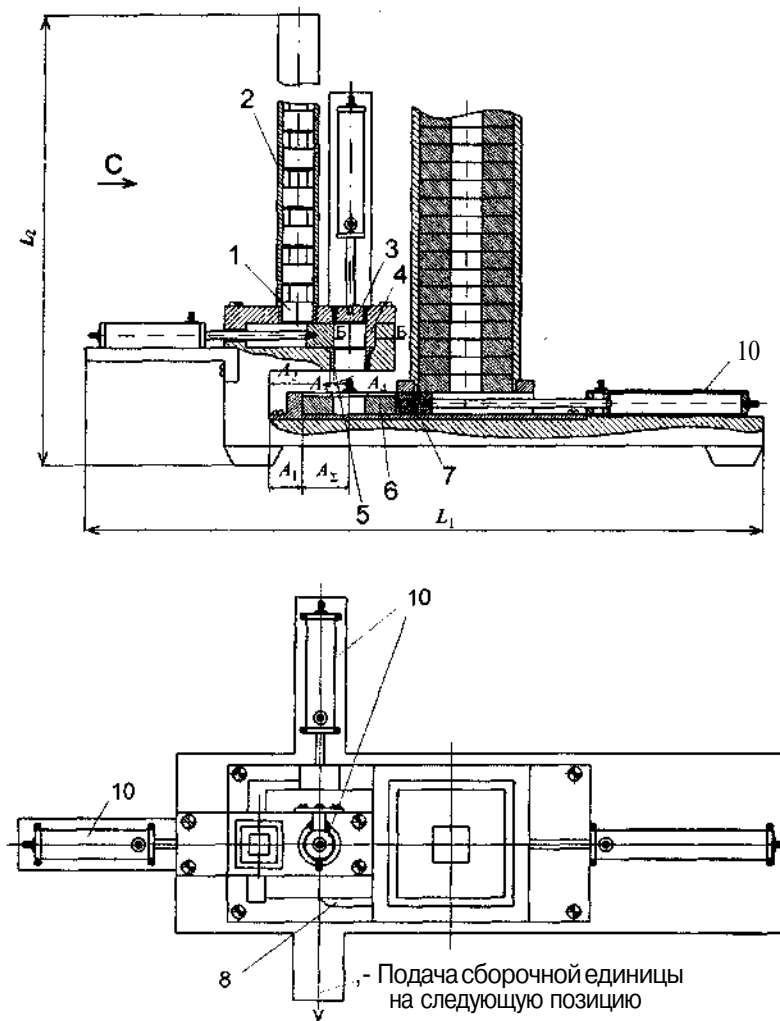


Рис. 31. Приспособление для сборки штифта с основанием в автоматическом режиме

ДЛЯ ЗАМЕТОК

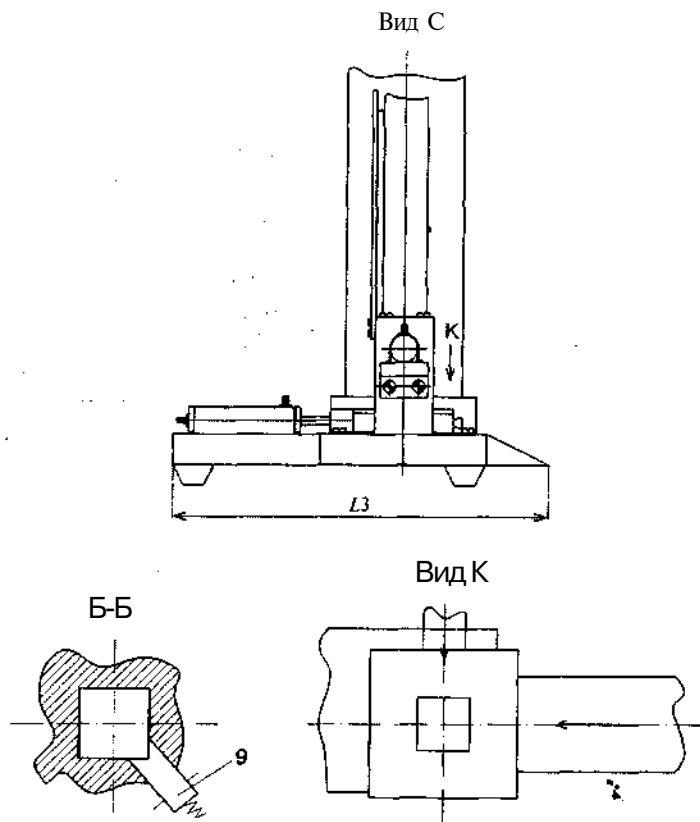


Рис. 31. (Окончание)

ДЛЯ ЗАМЕТОК