

Ø40 Н7/р6, наружный диаметр втулки $d_2 = 60$ мм, материал вала и втулки — сталь 45, длина соединения $L = 30$ мм.

Справочные данные: коэффициент трения $f = 0,1$; модули упругости $E_1 = E_2 = 2 \cdot 10^{11}$ Н/м²; коэффициенты Пуассона $\mu_1 = \mu_2 = 0,3$; размер вала $d = 40р6^{(+0,042}_{+0,026)}$, размер отверстия $d = 40Н7^{(+0,025)}$.

Максимальный натяг в соединении определяем по формуле (2.2)

$$N_{\max} = 42 - 0 = 42 \text{ (мкм)}.$$

При сплошном вале $C_1 = 0,7$. Отношение $d/d_2 = 40/60 = 0,66$. Следовательно, $C_2 = 2,9$ (см. табл. 2.2).

Давление на поверхности контакта рассчитываем по формуле (2.6)

$$p = \frac{42 \cdot 10^{-6}}{40 \cdot 10^{-3} \left(\frac{0,7}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{2,9}{2 \cdot 10^{11}} \right)} = 58,3 \cdot 10^6 \text{ (Н/м}^2\text{)}.$$

Необходимое усилие запрессовки

$$P = 0,1 \cdot 3,14 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 58,3 \cdot 10^6 = 21\,967 \text{ (Н)} \approx 22 \text{ (кН)}.$$

Необходимое усилие прессы

$$Q = kP = 1,5P,$$

$$Q = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ (кН)}.$$

Принимаем пресс П6320 с номинальным усилием 100 кН. Характеристики сборочных инструментов и оборудования приведены в приложении.

Возможное увеличение наружного диаметра d_2 втулки

$$\Delta d_2 = \frac{2 \cdot 58,3 \cdot 10^6 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot (40 \cdot 10^{-3})^2}{2 \cdot 10^{11} ((60 \cdot 10^{-3})^2 - (40 \cdot 10^{-3})^2)} = 28 \cdot 10^{-6} \text{ (м)} = 28 \text{ (мкм)}.$$

Сборку соединений с нагревом охватываемой или охлаждением охватываемой детали применяют как при относительно больших, так и при небольших натягах.

Для нагрева деталей используют следующие средства: кипящую воду ($t \leq 100$ °С), масляную ванну ($t = 100 - 130$ °С), газовые горелки, нагревательные шкафы или печи, установки ТВЧ (токи

высокой частоты). Во избежание структурных изменений металла не рекомендуется нагревать детали выше 400 °С.

Сборка с охлаждением охватываемой детали уступает способу с нагревом, так как в этом случае возможна сборка с меньшими натягами из-за ограничения температур охлаждения. Для охлаждения используют сухой лед ($t = -79$ °С), сухой лед с этанолом ($t = -100$ °С), жидкий азот ($t = -196$ °С). Этот способ преимущественно применяют при сборке тонкостенных деталей (втулок) с массивными корпусами.

Температуру нагрева охватываемой детали рассчитывают по формуле

$$t = \frac{N_{\max} + S_{сб}}{\alpha d} + t_{сб}, \quad (2.9)$$

где $N_{\max}$ — максимальный натяг в соединении, мм; $S_{сб}$ — минимально необходимый зазор при сборке, который принимают равным $S_{\min}$ в посадке Н7/г6, мм (табл. 2.4); α — коэффициент линейного расширения материала детали, град⁻¹; d — диаметр соединения, мм; $t_{сб}$ — температура в помещении сборки, град. Коэффициенты линейного расширения основных используемых в машиностроении материалов приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.4

Минимально необходимые зазоры $S_{сб}$
($S_{\min}$ посадки Н7/г6) (в миллиметрах)

Диаметр соединения d , мм	Зазор $S_{сб}$, мм
1–3	0,002
3–6	0,004
6–10	0,005
10–18	0,006
18–30	0,007
30–50	0,009
50–80	0,010
80–120	0,012
120–180	0,014
180–250	0,015
250–315	0,017
315–400	0,018
400–500	0,020

Таблица 2.5

Коэффициенты линейного расширения (α) металлов и сплавов

Материал	α , град $^{-1}$
Сталь	
незакаленная	$11,5 \cdot 10^{-6}$
закаленная	$12,0 \cdot 10^{-6}$
Чугун	$(10-11,4) \cdot 10^{-6}$
Бронза	$17,5 \cdot 10^{-6}$
Латунь	$(17-21) \cdot 10^{-6}$
Дюралюминий	$22,6 \cdot 10^{-6}$
Титановые сплавы	$8,4 \cdot 10^{-6}$
Цинковые сплавы	$27,7 \cdot 10^{-6}$

Температуру охлаждения охватываемой детали рассчитывают по формуле

$$t = t_{сб} - \frac{N_{\max} + S_{сб}}{\alpha d}. \quad (2.10)$$

Пример 2. Сборка вала и втулки с нагревом втулки. Исходные данные: втулка $\varnothing 40$ Н7/р6 закаленная ($\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$), $N_{\max} = 0,042$ мм, $t_{сб} = +20$ °С, $S_{сб} = 0,009$ мм (см. табл. 2.4).

Необходимую температуру нагрева втулки рассчитываем по формуле (2.9)

$$t = \frac{0,042 + 0,009}{12 \cdot 10^{-6} \cdot 40} + 20 = 127 \text{ °С}.$$

2.3. Сборка соединений с переходными посадками

Особенность сборки соединений с переходными посадками состоит в том, что в соединениях могут получаться либо зазоры, либо натяги. Стандартом установлены четыре такие посадки: Н/js, Н/к, Н/т, Н/п. Они применяются для неподвижных, но разъемных соединений, и обеспечивают хорошее центрирование деталей. Натяги, получающиеся в переходных посадках, имеют относительно малую величину и обычно не требуют проверки деталей на прочность.

Переходные посадки имеют разную вероятность получения натягов или зазоров в соединениях (табл. 2.6):

Таблица 2.6

Проценты натягов P_N и зазоров P_S в переходных посадках

Посадка	Процент натягов P_N	Процент зазоров P_S
Н5/м4	99,95	0,05
Н5/к4	38-68	62-32
Н5/js4	0,5-1,0	99,5-99
Н6/м5	94-99	6-1
Н6/к5	38-50	62-50
Н6/js5	0,5-0,8	99,5-99,2
Н7/н6	99,4	0,6
Н7/м6	80-85	20-15
Н7/к6	24-34	76-66
Н7/js6	0,5-0,6	99,5-99,4
Н8/н7	88-93	12-7
Н8/м7	60-71	40-29
Н8/к7	24-29	76-71
Н8/js7	0,6-0,7	99,4-99,3

Посадка Н/js обеспечивает наиболее вероятное получение зазора, хотя возможны и небольшие натяги (до половины допуска вала). При сборке и разборке таких соединений необходимо предусматривать применение небольших усилий. Обычно достаточно использования деревянного молотка.

Посадка Н/к является наиболее распространенной. Она обеспечивает примерно равные вероятности получения зазоров и натягов. Сборка и разборка таких соединений выполняется с помощью ручных молотков.

Посадка Н/т обеспечивает преимущественно натяги. Вероятность получения зазоров мала. Для сборки и разборки деталей требуются значительные усилия: применяют прессы, распрессовочные приспособления. Посадка Н/п является наиболее прочной. Зазоры при сборке практически не возникают. Сборку выполняют с использованием прессов или термических методов сборки.

2.4. Сборка резьбовых соединений

Сборка резьбовых соединений включает несколько выполняемых последовательно приемов: установка и относительная ориентация сопрягаемых деталей, установка крепежных деталей

в отверстия, наживление резьбового соединения, завинчивание, затяжка, стопорение.

Для обеспечения неподвижности соединяемых деталей используют винты, болты, шпильки.

Соединение винтами является наиболее простым. В единичном и мелкосерийном производстве наживление винтов выполняют вручную, а завинчивание и затяжку — гаечными ключами или отвертками. В крупносерийном и массовом производствах сборка выполняется гайковертами, винтозавертывающими станками с подачей винтов из бункерных устройств.

Более сложной является сборка с использованием болтов, поскольку болт необходимо придерживать, чтобы избежать проворачивания в процессе наживления, заворачивания и затяжки гайки. В этих случаях используются те же средства механизации, что и при сборке винтами.

Самыми сложными являются соединения деталей шпильками, так как сначала шпилька должна быть завинчена в одну из деталей с натягом. Эта деталь имеет, как правило, глухое резьбовое отверстие. Для получения натяга в резьбовом соединении ГОСТ 4608–81 предусмотрены три посадки: $2H5C/2r$, $2H5C(2)/3p(2)$, $2H4C(3)/3h(3)$. В обозначениях посадок в скобках указано количество групп сортировки шпилек по среднему диаметру резьбы. Это значит, что шпильку с одной из деталей соединяют методом селективной сборки.

Для ввертывания шпилек используются шпильковерты со специальными патронами, характеристики которых приведены в приложении. Шпилька при этом захватывается за резьбовую или гладкую часть и удерживается от проворота за счет осевого натяга или радиального обжатия шпильки.

Процесс завинчивания шпилек в гнездо и их стопорение упрощаются при использовании клея. Резьбу шпильки и гнезда в этом случае изготавливают по посадкам с зазором, что исключает необходимость сортировки их по группам. Для применения рекомендуют клеи марок ВС-350 и Л-4. Клей ВС-350 горячего отверждения, полимеризуется при температуре $(195 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 2 ч. Клей Л-4 холодного отверждения, полимеризуется при комнатной температуре в течение 24 ч. Перед посадкой на клей резьбу шпильки и гнезда обезжиривают ацетоном или бензином Б-70.

Затяжку крепежных деталей в групповом соединении осуществляют постепенно. На рис. 2.3 показана рекомендуемая последовательность предварительной и окончательной затяжки сопрягаемых деталей для устранения их деформаций.

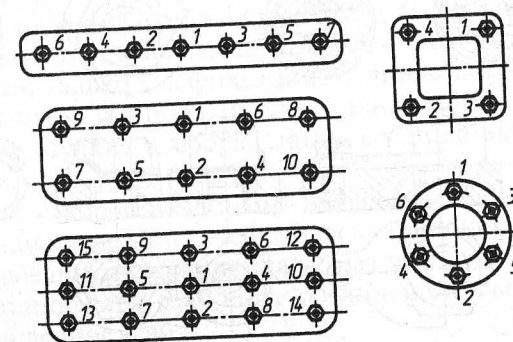


Рис. 2.3. Последовательность затяжки крепежных деталей

Требуемую затяжку ответственных резьбовых соединений обеспечивают: ограничением крутящего момента; поворотом гайки на определенный, заранее установленный угол; затяжкой с замером удлинения стержня шпильки или болта.

Для ограничения крутящего момента при ручной затяжке применяют предельные и динамометрические ключи. При использовании механизированных инструментов (электрических или пневматических гайковертов) заданный момент обеспечивают муфтами, реле тока, самоостановкой (с торможением двигателя в конце затяжки и другими способами).

При работе резьбовых соединений в сложных динамических условиях (ударные нагрузки и вибрации) используют различные способы их стопорения (рис. 2.4).

2.5. Сборка шпоночных соединений

Шпоночные соединения предназначены для передачи крутящих моментов. По форме стандартные шпонки разделяются на клиновые (ГОСТ 24068–80), сегментные (ГОСТ 24071–80) и призматические (ГОСТ 23360–78).

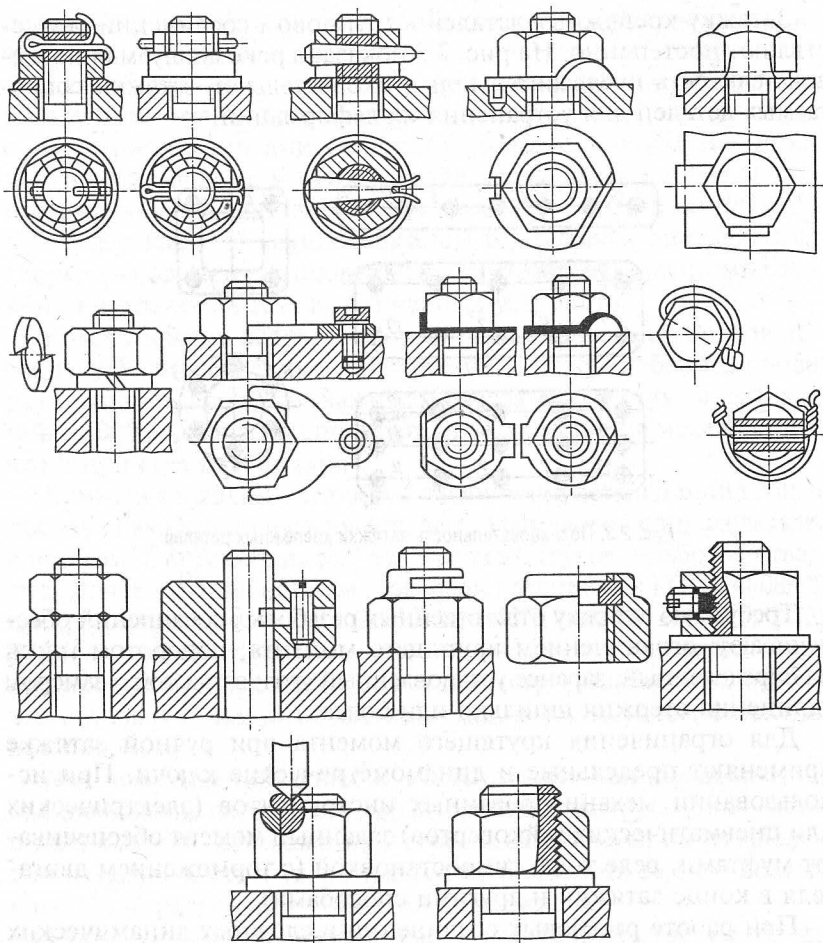


Рис. 2.4. Способы стопорения резьбовых соединений

Сборка соединений с клиновыми шпонками включает следующие переходы:

- ♦ установка втулки (колеса) на валу;
- ♦ совмещение пазов на валу и во втулке;
- ♦ запрессовка шпонки.

Клиновые шпонки создают натяг в радиальном направлении, в результате чего ось втулки смещается относительно оси вала и появляется радиальное биение втулки. Поэтому клиновые шпонки применяют сравнительно редко.

Соединения с сегментными шпонками являются более технологичными, однако их рабочая поверхность ограничена. Поэтому такие шпонки применяют для передачи небольших крутящих моментов или только для фиксации соединяемых деталей (рукояток, маховичков и т.п.). Шпонка устанавливается с зазором в пазы вала и втулки, и сборка таких соединений не вызывает сложностей.

Наиболее распространенными являются шпоночные соединения с использованием призматических шпонок. По характеру посадок в соединениях «шпонка — паз вала» и «шпонка — паз втулки» установлены три вида соединений: свободное, нормальное и плотное (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Посадки призматических шпонок

Вид соединения	Сопрягаемые детали	
	шпонка — паз втулки	шпонка — паз вала
Свободное	D10/h9	H9/h9
Нормальное	Js9/h9	N9/h9
Плотное	P9/h9	P9/h9

В свободном соединении шпонку устанавливают с зазором в пазы вала и втулки, поэтому сборка выполняется без затруднений.

При нормальном и плотном соединениях между шпонкой и валом обычно получаются небольшие натяги и их сборку выполняют легкими ударами молотка или с помощью струбины, пресса.

2.6. Сборка узлов с подшипниками качения

Работоспособность, надежность и долговечность подшипника качения зависят не только от качества его деталей и материала, из которого он изготовлен, но и от качества его установки в узел.

Перед началом сборки подшипники необходимо освободить от упаковки и антикоррозийной смазки. Для этого подшипники промывают в 6 % растворе минерального масла, бензине или

горячих (нагретых до 70–75 °С) антикоррозийных водных растворах. Внешним осмотром устанавливают отсутствие на подшипниках следов коррозии, забоин, задиоров, царапин.

Подшипники на вал и в корпус могут быть установлены с зазорами или с натягами. При установке подшипника усилие необходимо прикладывать к тому кольцу подшипника, которое устанавливается с натягом. Во избежание перекосов прикладываемое усилие должно быть равномерно распределено по всему торцу кольца. В случае, когда запрессовывают оба кольца подшипника, усилие прикладывают одновременно к торцам обоих колец с помощью специальной оправки (рис. 2.5).

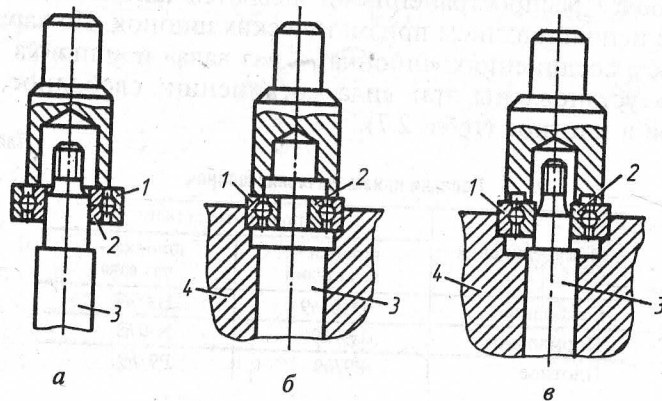


Рис. 2.5. Схемы запрессовки подшипника качения: а — на вал; б — в корпус; в — на вал и в корпус одновременно; 1, 2 — наружное и внутреннее кольца подшипника; 3 — вал; 4 — корпус

Необходимое усилие запрессовки рассчитывают по формуле

$$P = 0,5 \cdot 10^{-6} N_{\phi} f \pi B E \left(1 - \frac{d}{d_0}\right)^2, \quad (2.11)$$

где N_{ϕ} — фактический натяг в соединении, мм; f — коэффициент трения ($f = 0,10 - 0,15$); B — ширина подшипника, мм; E — модуль упругости ($E = 2,12 \cdot 10^{11}$ Н/м²); d — диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника;

$$d_0 = d + \frac{D - d}{4}, \quad (2.12)$$

где D — наружный диаметр подшипника.

Фактический натяг приближенно можно определить по формуле

$$N_{\phi} = 0,8 N_{\max}, \quad (2.13)$$

где $N_{\max}$ — максимальный натяг в соединении.

Пример. Соединение подшипника с валом (см. рис. 2.1). Исходные данные: подшипник № 206, $D = 62$ мм, $d = 30$ мм, $B = 16$ мм, $N_{\max} = 0,023$ мм (посадка $\varnothing 30$ L6/k6).

Фактический натяг в соединении

$$N_{\phi} = 0,8 \cdot 0,023 = 0,018 \text{ (мм)},$$

диаметр

$$d_0 = 30 + \frac{62 - 30}{4} = 38 \text{ (мм)},$$

тогда согласно формуле (2.11)

$$P = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,018 \cdot 0,12 \cdot 3,14 \cdot 16 \cdot 2,12 \cdot 10^{11} \left(1 - \frac{30}{38}\right)^2 = 510 \text{ (Н)}.$$

Сборка подшипника с валом существенно облегчается, если использовать нагрев подшипника. Для нагрева применяют масляные ванны с регуляторами температуры в пределах 80–100 °С. Время выдержки подшипника в горячей ванне 15–20 мин. В результате нагрева значение натяга уменьшается на величину

$$\Delta N = \Delta t \alpha d, \quad (2.14)$$

где Δt — разность температур подшипника и вала, град; α — коэффициент линейного расширения, град⁻¹; d — диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника.

Для полного исключения натяга при установке подшипника на вал разность их температур должна быть

$$\Delta t \geq \frac{N}{\alpha d}. \quad (2.15)$$

Однако температура подшипника не должна превышать 100 °С во избежание ухудшения механических свойств материала подшипника.

При установке подшипника в корпус с натягом подшипник охлаждают до $-75 \div -77^\circ\text{C}$ или нагревают корпус, если это позволяет его конструкция. Для охлаждения подшипника используют сухой лед.

2.7. Сборка узлов с подшипниками скольжения

Область применения подшипников скольжения по сравнению с подшипниками качения несколько ограничена. Обычно их применяют:

- 1) для установки валов больших диаметров, когда отсутствуют подшипники качения;
- 2) для установки быстроходных валов, когда долговечность подшипников качения мала;
- 3) для установки валов с изломанной осью, например коленчатых валов;
- 4) для установки валов с высокими требованиями к точности вращения;
- 5) для установки валов, работающих в агрессивных средах.

Существуют две основные разновидности конструкций подшипников: с разъемным корпусом (рис. 2.6, а) и неразъемным корпусом (рис. 2.6, б).

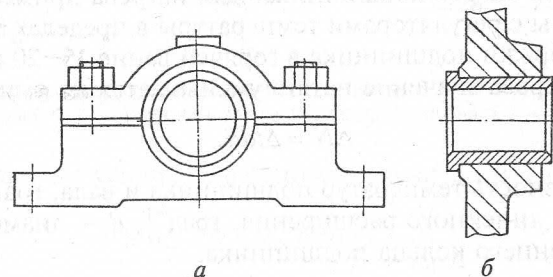


Рис. 2.6. Конструкции подшипников скольжения:
а — с разъемным корпусом; б — с неразъемным корпусом

Основные детали подшипников скольжения — шейка вала, корпус подшипника, втулка или вкладыши. Втулки и вкладыши, у которых отношение толщины к наружному диаметру равно $0,065-0,095$, называют толстостенными, если это отношение равно $0,025-0,045$ — тонкостенными.

К подшипникам скольжения предъявляют следующие требования:

1) погрешности формы отверстия втулки (отклонение от круглости и отклонение профиля продольного сечения) не должны быть больше половины допуска на размер;

2) смазочные отверстия и канавки должны иметь плавные закругления на кромках;

3) отклонение от соосности маслоподводящих отверстий во втулке и корпусе — не более $0,2-0,5$ мм;

4) углубление фиксирующих штифтов и винтов относительно рабочей поверхности втулки — $0,5-2,0$ мм;

5) отклонение от соосности отверстий двух подшипников — не более $0,05$ мм;

6) радиальное биение наружной и внутренней поверхностей втулок может быть не больше допуска 6-й степени точности по ГОСТ 10356-63;

7) перпендикулярность оси втулки к торцу может быть не более допуска 8-й степени точности по ГОСТ 10356-63.

Сборка неразъемных подшипников включает следующие операции (переходы):

- 1) запрессовка втулки в корпус;
- 2) стопорение втулки от проворачивания (сверление отверстий, нарезание резьбы или развертывание, установка фиксирующего элемента);
- 3) восстановление размеров отверстия втулки (тонкое растачивание, развертывание, дорнование, раскатывание шариками или роликами).

Запрессовку втулок выполняют одним из способов, описанных в п. 2.2. Во избежание перекоса осей втулки и корпуса при запрессовке используют специальные приспособления с центрирующими элементами (рис. 2.7).

Стопорение втулок от проворачивания может быть выполнено одним из способов, представленных на рис. 2.8.

Тонкостенные вкладыши имеют небольшую жесткость в радиальном направлении и при установке полностью повторяют форму отверстия в корпусе и крышке и поэтому к ним предъявляют повышенные требования по точности формы: овальность посадочных гнезд не более $15-20$ мкм, конусообразность не более $10-15$ мкм на 100 мм длины, шероховатость поверхностей $Ra = 0,63-1,25$ мкм.

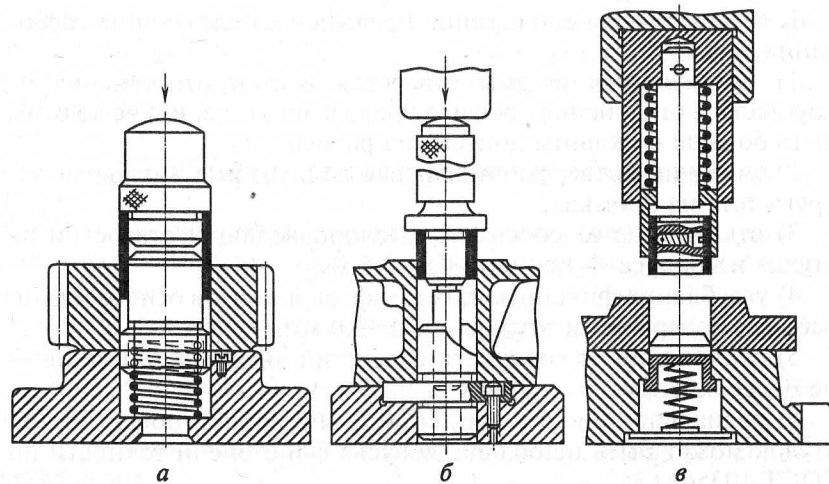


Рис. 2.7. Приспособления для запрессовки втулок: а — пружинное; б — с направляющим стержнем; в — с закреплением втулки на ползуне

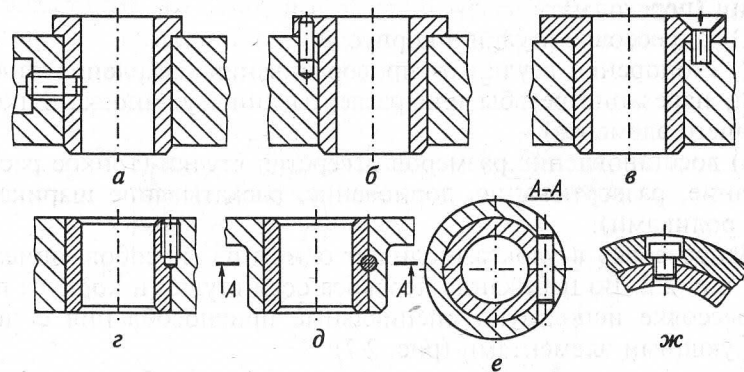


Рис. 2.8. Способы закрепления втулок в корпусах: а, в, г, ж — винтом; б, д, е — штифтом

Равномерное прилегание вкладышей по наружной поверхности к отверстию в корпусе и крышке необходимо не только для обеспечения жесткости подшипника, но и для хорошей отдачи тепла от вкладыша корпусу. Фиксацию тонкостенных вкладышей осуществляют посредством специального уса, выштампованного в месте разреза. Усы упираются в опорные плоскости

крышки или корпуса подшипника и препятствуют проворачиванию вкладыша.

Подшипники скольжения с толстостенными вкладышами выполняют, как правило, невзаимозаменяемыми. В процессе сборки необходимое прилегание вкладыша к корпусу и крышке подшипника и вкладышей к валу достигается шабрением.

Сборка разъемных подшипников включает следующие переходы:

- 1) пригонка нижнего вкладыша к корпусу;
- 2) пригонка верхнего вкладыша к крышке;
- 3) пригонка верхнего и нижнего вкладышей к шейке вала;
- 4) контроль плотности прилегания собираемых деталей.

Правильность формы отверстия вкладыша контролируют по краске при номинальной нагрузке. Нижние вкладыши закрепляют в корпусах, на них укладывают вал с нанесенным тонким слоем краски (берлинской лазури и голландской сажи) и вал проворачивают на 2—3 оборота. При правильном прилегании вала и вкладыша пятна краски должны покрывать 80—90 % поверхности вкладыша, при этом на каждом квадратном сантиметре должно быть не менее трех пятен с размерами не менее 3 мм.

Окончательную пригонку вкладышей подшипника выполняют в собранном виде с крышками. Гайки проверяемого подшипника затягивают динамометрическим ключом, вал проворачивают на 2—3 оборота, после чего гайки ослабляют, затягивают гайки следующего подшипника, вал снова проворачивают и т.д. После этого все подшипники раскрывают и выполняют окончательное шабрение и нижних и верхних вкладышей. Операцию повторяют до тех пор, пока не будет достигнуто требуемое качество прилегания.

Контроль масляных (радиальных) зазоров проводят с помощью латунных пластинок. Пластинку кладут на вкладыш, при затянутых подшипниках она не должна затруднять проворачивание вала. Толщина пластины должна соответствовать предельному масляному зазору. Для регулирования радиального зазора в разъемных подшипниках предусмотрена установка прокладок между корпусом и крышкой. Их применяют в виде комплектов отдельных пластин толщиной 0,05—0,80 мм.

Осевые зазоры в узлах с подшипниками скольжения проверяют щупом или индикатором предельных осевых перемещений вала, их величина должна быть 0,1—0,8 мм.

После сборки в зазоры между вкладышами подают смазку и производят приработку, сначала на малых нагрузках и частоте вращения, постепенно доводя их до номинальных значений. Температура нагрева подшипников при этом не должна превышать 60 °С. Более высокая температура указывает на некачественную пригонку и сборку, неудовлетворительное поступление смазки в сопряжение или на возникновение задиров и пригаров на рабочих поверхностях. В таких случаях приработку прекращают и устраняют дефекты.

2.8. Сборка цилиндрических зубчатых передач

Цилиндрические зубчатые передачи служат для передачи крутящего момента между параллельными валами. Стандартом установлено 12 степеней точности зубчатых передач. При этом для 1, 2 и 12-й степеней точности допуски не установлены.

Зубчатое колесо может быть изготовлено отдельно в виде вала-шестерни и затем установлено на вал и в виде сборной конструкции, состоящей из зубчатого венца и ступицы. После сборки венца со ступицей проводят контроль радиального биения зубчатого венца.

Ввиду того что после сборки зубчатой передачи регулировка зацепления практически невозможна, осуществляют тщательный контроль корпуса передачи. При этом измеряют межосевое расстояние отверстий в корпусе, параллельность и перекос их осей.

В общем случае сборка цилиндрической зубчатой передачи включает следующие технологические переходы:

- 1) сборка зубчатого колеса, если в собираемой конструкции предусмотрена установка составных зубчатых колес;
- 2) установка шпонки на вал;
- 3) установка зубчатого колеса на вал и фиксация его в осевом положении;
- 4) установка промежуточных деталей на вал (колец, втулок и т.п.);
- 5) установка подшипников на вал;
- 6) установка вала в корпус;
- 7) регулировка подшипников и зацепления;
- 8) контроль качества сборки;
- 9) обкатка передачи.

Комплексным показателем качества сборки передачи является пятно контакта, его размеры и место расположения на боковой поверхности зуба колеса (рис. 2.9).

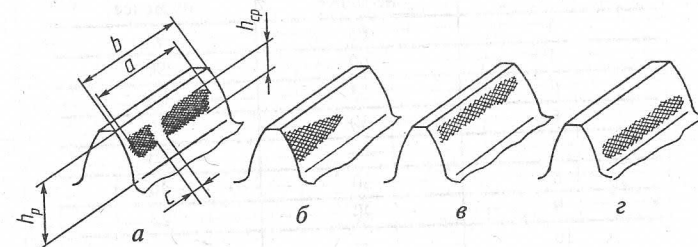


Рис. 2.9. Варианты расположения пятна контакта

При правильном зацеплении пятно контакта располагается симметрично относительно делительной линии по всей длине зуба (рис. 2.9, а). Размеры пятна контакта определяют по высоте и длине зуба (в процентах):

♦ по высоте

$$\frac{h_{\text{ср}}}{h_p} \cdot 100 \% \quad (2.16)$$

♦ по длине

$$\frac{a - c}{b} \cdot 100 \% \quad (2.17)$$

где $h_{\text{ср}}$ — средняя высота пятна; h_p — рабочая высота зуба; a — длина пятна; c — разрыв пятна (учитывается, если $c > m$); b — длина зуба.

Размеры пятна контакта для цилиндрических зубчатых передач установлены стандартом (табл. 2.8).

Смещение пятна контакта к одному из торцов колеса (рис. 2.9, б) указывает на то, что оси зубчатых колес не параллельны. Пятно контакта располагается у вершин зубьев (рис. 2.9, в) при увеличенном межосевом расстоянии в передаче и у основания зубьев (рис. 2.9, г) — при уменьшенном межосевом расстоянии.

Для получения пятна контакта зубья меньшего колеса покрывают тонким слоем краски и поворачивают передачу на 2–3 оборота при легком торможении ведомого колеса.

Таблица 2.8

Размеры пятна контакта в передаче (ГОСТ 1643–81)		
Степень точности передачи	Суммарное пятно контакта, %	
	по высоте, не менее	по длине, не менее
3	65	95
4	60	90
5	55	80
6	50	70
7	45	60
8	30	40
9	20	25
10	—	—

Весьма важным моментом при монтаже зубчатых колес в корпус является наличие бокового зазора необходимой величины. Боковой зазор (j_n) — это расстояние между нерабочими профилями зубьев, измеренное по нормали к боковым поверхностям (рис. 2.10, а). Для получения зазоров разной величины стандартом (ГОСТ 1643–81) установлены шесть видов сопряжений: А, В, С, D, Е, Н (рис. 2.10, б).

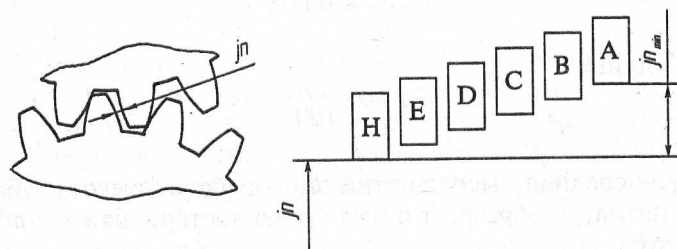


Рис. 2.10. Виды бокового зазора

Гарантированный (минимальный) боковой зазор должен обеспечивать наличие масляного слоя между контактирующими зубьями, компенсацию тепловых деформаций передачи и погрешности ее изготовления и сборки. Величины гарантированных боковых зазоров приведены в табл. 2.9.

Боковой зазор в собранной передаче контролируют «щупом», а при большом модуле — прокатыванием между зубьями свинцовых провололок диаметром $(1,4–1,5) j_{n\min}$. Толщина сплюсненной провололки равна боковому зазору.

Таблица 2.9

Гарантированные боковые зазоры $j_{n\min}$ (ГОСТ 1643–81)								
Вид сопряжения	Межосевое расстояние, мм							
	До 80	Св. 80 до 125	Св. 125 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630
	$j_{n\min}$, МКМ							
Н	0	0	0	0	0	0	0	0
Е	30	35	40	46	52	57	63	70
Д	46	54	63	72	81	89	97	110
С	74	87	100	115	130	140	155	175
В	120	140	160	185	210	230	250	280
А	190	220	250	290	320	360	400	440

При отсутствии доступа к зубчатой передаче боковой зазор измеряют следующим способом. На вал одного из зубчатых колес крепят поводок 1 (рис. 2.11), который упирается в измерительный наконечник индикатора 2. Поводок с валом и зубчатым колесом поворачивают, удерживая от поворота второе колесо зацепления. Поскольку второе колесо неподвижно, то первое колесо можно повернуть только на величину, соответствующую боковому зазору.

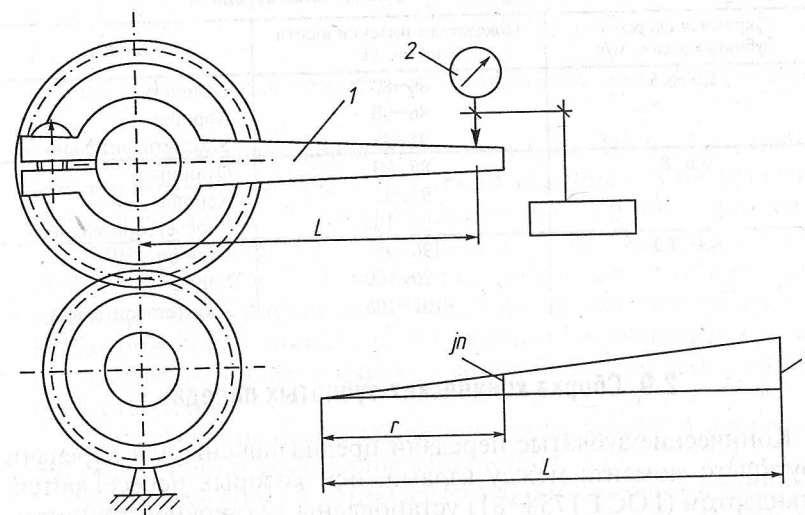


Рис. 2.11. Схема измерения бокового зазора в зацеплении

По показаниям индикатора, приведенным к радиусу делительной окружности, определяют действительное значение бокового зазора:

$$jn = \frac{rc}{L}, \quad (2.18)$$

где r — радиус делительной окружности; c — показания индикатора; L — расстояние от оси вала до ножки индикатора.

Заключительной операцией сборки является обкатка передачи. Зубчатые передачи, передающие большие моменты, при обкатке нагружают ступенями в 0,25; 0,50; 0,75 и 1,00 от номинальной нагрузки. При этом качество сборки проверяют по температуре и шуму. Разогрев подшипников не должен превышать 60 °С.

Уровень шума определяется комплексом погрешностей передачи и поэтому может служить одним из основных показателей качества изготовления и сборки зубчатых передач. Высокий уровень шума является следствием низкого качества передачи. Контроль уровня шума производят в специальных камерах шумомерами. Оценку шумовой характеристики передачи можно производить по показателям интенсивности шума, приведенным в табл. 2.10.

Таблица 2.10

Оценка интенсивности шума зубчатой передачи

Окружная скорость зубчатых колес, м/с	Показатели интенсивности шума, дБ	Оценка
5,0–6,5	80–85	Отлично
	86–90	Хорошо
	91–95	Удовлетворительно
6,6–8	85–90	Отлично
	91–95	Хорошо
	96–100	Удовлетворительно
8,1–9,0	90–95	Отлично
	96–100	Хорошо
	101–105	Удовлетворительно

2.9. Сборка конических зубчатых передач

Конические зубчатые передачи предназначены для передачи крутящего момента между валами, оси которых пересекаются. Стандартом (ГОСТ 1758–81) установлены 12 степеней точности, для 1, 2 и 3-й степеней допуски не определены.

2.9. Сборка конических зубчатых передач

Сборка конических зубчатых передач выполняется в такой же последовательности, как и цилиндрических передач:

- 1) установка и закрепление зубчатых колес на валах;
- 2) установка валов с зубчатыми колесами в корпус;
- 3) регулировка зазоров в подшипниках;
- 4) регулировка зацепления зубчатых колес;
- 5) контроль качества сборки;
- 6) обкатка передачи.

Качество собранной конической зубчатой передачи во многом зависит от точности расположения отверстий в корпусе передачи. Поэтому перед сборкой передачи контролируют непересечение осей и отклонение осей от перпендикулярности (рис. 2.12).

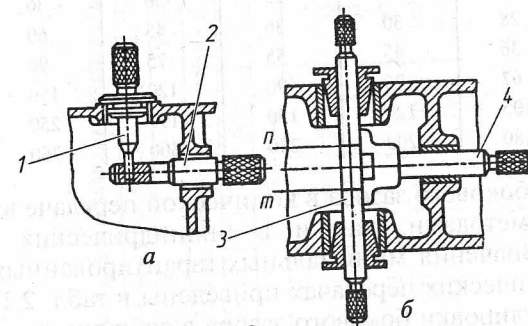


Рис. 2.12. Схема контроля непересечения (а) и перпендикулярности (б) осей в корпусе

Для контроля непересечения осей (рис. 2.12, а) в отверстие устанавливают калибры 1 и 2. Если отклонение не превышает допуска, то калибр 1 свободно входит в отверстие калибра 2.

Перпендикулярность осей (рис. 2.12, б) проверяют с помощью калибров 3 и 4. При правильном расположении отверстий лапка калибра 4 плотно прилегает к поверхности калибра 3. При неплотном прилегании лапки с помощью шупов измеряют зазоры в точках m и n и рассчитывают величину неперпендикулярности осей отверстий.

Непересечение осей ограничено предельными отклонениями $\pm f_a$, значения которых приведены в табл. 2.11.

В процессе сборки конической зубчатой передачи выполняют регулировку зацепления по величине бокового зазора. Необходимой

величины бокового зазора достигают перемещением в осевом направлении одного или обоих колёс, используя для этого набор прокладок или регулировочные гайки.

Таблица 2.11
Предельные отклонения межосевого расстояния (ГОСТ 1758-81)

Степень точности передачи	Среднее конусное расстояние R , мм					
	До 50	Св. 50 до 100	Св. 100 до 200	Св. 200 до 400	Св. 400 до 800	Св. 800 до 1600
	f_a , МКМ					
4	10	12	13	15	18	25
5	10	12	15	18	25	36
6	12	15	18	25	30	40
7	18	20	25	30	36	50
8	28	30	36	45	60	85
9	36	45	55	75	90	130
10	67	75	90	120	150	200
11	105	120	150	190	250	300
12	180	200	240	300	360	450

Контроль бокового зазора в конической передаче выполняют такими же методами, как и в цилиндрических передачах (см. п. 2.8). Значения минимальных гарантированных боковых зазоров в конических передачах приведены в табл. 2.12.

После регулировки бокового зазора в собранной конической передаче проверяют сопряжение зубьев по пятну контакта, которое получают таким же методом, как у цилиндрических передач, и рассчитывают по формулам (2.16) и (2.17). Специфические особенности зацепления конических колёс обуславливают дополнительные требования к размерам, форме и расположению пятна контакта, которые указывают в карте контроля сборки конической передачи.

В конических зубчатых передачах в соприкосновении практически находится от 1/2 до 2/3 длины зубьев. Поэтому для нормальной работы передачи положение колёс целесообразно регулировать таким образом, чтобы зона контакта находилась ближе к тонким концам зубьев (рис. 2.13, б), так как эта сторона легче деформируется при нагружении и зубья прирабатываются быстрее. После приработки зона контакта смещается и занимает среднее положение (рис. 2.13, а). При неправильном межцентровом расстоянии пятно контакта располагается, как показано на рис. 2.13, в, г.

Таблица 2.12

Гарантированные боковые зазоры $j_{\min}$ в зацеплении конических колёс (ГОСТ 1758-81)

Вид сопряжения	Конусное расстояние R , мм											
	До 50			51–100			101–200			201–400		
	Угол делительного конуса шестерни δ , град											
	До 15	16–25	Св. 25	До 15	16–25	Св. 25	До 15	16–25	Св. 25	До 15	16–25	Св. 25
	$j_{\min}$, МКМ											
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Е	15	21	25	21	25	30	25	35	40	30	46	52
Д	22	33	39	33	39	46	39	54	63	46	72	81
С	36	52	62	52	62	74	62	87	100	74	115	130
В	58	84	100	84	100	120	100	140	160	120	185	210
А	90	130	160	130	160	190	160	220	250	190	290	320

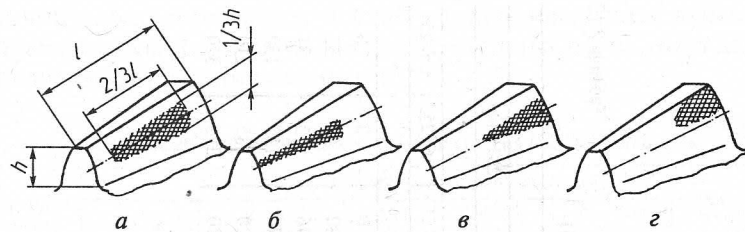


Рис. 2.13. Варианты расположения пятен контакта в конической передаче

Стандартом установлены размеры пятна контакта для конических зубчатых передач (табл. 2.13).

Таблица 2.13

Размеры пятна контакта в конических передачах (ГОСТ 1758-81)

Степень точности	Суммарное пятно контакта, %	
	по длине, не менее	по высоте, не менее
4-5	70	75
6-7	60	65
8-9	50	55
10-12	40	45

2.10. Сборка червячных передач

Червячные передачи предназначены для передачи крутящего момента между скрещивающимися валами. Стандартом установлены 12 степеней точности червячных передач. Для первой степени точности допуски не определены.

Червячные колеса в большинстве случаев изготавливаются сборными. Поэтому сборка передачи начинается со сборки червячного колеса. Этот этап сборки включает следующие работы: напрессовку венца на ступицу, сверление отверстий и нарезание резьбы, завинчивание винтов (болтов), стопорение винтов, контроль радиального биения червячного колеса.

Далее выполняют следующие переходы:

- 1) установка колеса на вал и его фиксация в осевом направлении;
- 2) установка подшипников на вал колеса и червяк;
- 3) установка колеса и червяка в корпус;

- 4) регулировка подшипников и зацепление червяка с колесом;
- 5) установка и закрепление крышек;
- 6) контроль передачи;
- 7) обкатка передачи.

Качество собранной червячной передачи зависит от точности следующих параметров: 1) межосевого расстояния; 2) межосевого угла; 3) точности совмещения средней плоскости червячного колеса и осевой плоскости червяка.

Контроль межосевого расстояния выполняют по методу, представленному на рис. 2.14, а. В отверстия червячной передачи устанавливают оправки 1 и 2 и микрометрическим нутромером 3 измеряют расстояние между ними. Межосевое расстояние определяется по формуле

$$a_w = H + \frac{d + D}{2}. \quad (2.19)$$

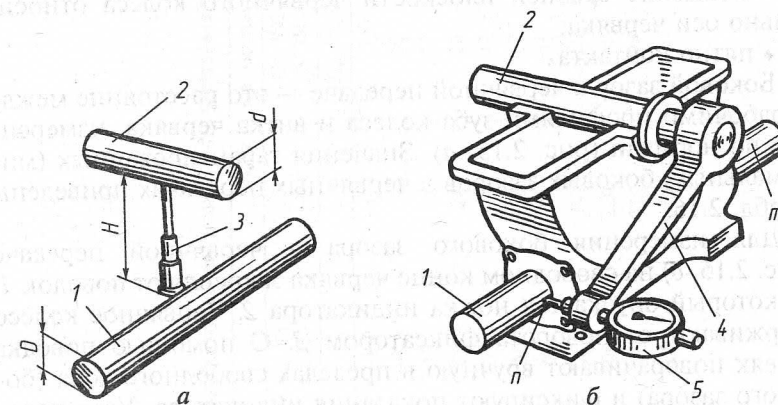


Рис. 2.14. Схема измерения межосевого расстояния (а) и межосевого угла (б) червячной передачи

Точность межосевого угла контролируют с помощью оправок 1 и 2 (рис. 2.14, б), установленных в корпус вместо вала червячного колеса и червяка. На одной из оправок закрепляют рычаг 4 с индикатором 5. Рычаг устанавливают так, чтобы ножка индикатора могла касаться точек *m* и *n* на поверхности оправки 1, выступающей с противоположных сторон корпуса. Если показания индикатора в указанных точках одинаковы, то валы скрещиваются под углом 90°.

Допустимые предельные отклонения межосевого расстояния приведены в табл. 2.14.

Допустимые отклонения межосевого угла (табл. 2.15) установлены в линейных величинах на ширине зубчатого венца червячного колеса, поэтому показания индикатора необходимо привести к этой ширине по формуле

$$f_{\Sigma r} = \frac{cB}{l_{mn}}, \quad (2.20)$$

где c — разность показаний индикатора в точках m и n ; B — ширина зубчатого венца червячного колеса; l_{mn} — расстояние между точками m и n .

Непосредственно в собранной червячной передаче контролируют:

- ♦ боковой зазор;
- ♦ смещение средней плоскости червячного колеса относительно оси червяка;
- ♦ пятно контакта.

Боковой зазор в червячной передаче — это расстояние между нерабочими профилями зуба колеса и витка червяка, измеренное по нормали (рис. 2.15, а). Значения гарантированных (минимальных) боковых зазоров в червячных передачах приведены в табл. 2.16.

Для измерения бокового зазора в червячной передаче (рис. 2.15, б) на свободном конце червяка закрепляют поводок 1, на который опускается ножка индикатора 2. Червячное колесо удерживают от поворота фиксатором 3. С помощью поводка червяк поворачивают вручную в пределах свободного хода (бокового зазора) и фиксируют показания индикатора. Угол поворота червяка рассчитывают по формуле

$$\varphi = \frac{c}{L} \text{ (град)} \quad \text{или} \quad \varphi = \frac{c}{L} \cdot \frac{180}{\pi} \text{ (град)} \quad (2.21)$$

Боковой зазор в передаче рассчитывают по формуле

$$jn = \frac{cmz}{2L}, \quad (2.22)$$

где c — показания индикатора, мм; m — осевой модуль, мм; z — число заходов червяка; L — расстояние от оси червяка до измерительной ножки индикатора, мм.

Таблица 2.14

Допустимые предельные отклонения f_a межосевого расстояния в червячной передаче (ГОСТ 3675-81)

Степень точности	Межосевое расстояние a_w , мм					
	До 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400
	$\pm f_a$, мкм					
2	4,5	5,0	6,0	7,0	7,0	8,0
3	7,1	8,0	9,5	10	12	13
4	11	13	15	17	18	20
5	18	20	24	26	28	32
6	28	32	38	42	45	50
7	45	50	60	67	75	80
8	71	80	90	105	110	125
9	110	130	150	160	180	200
10	180	200	220	260	280	300
11	280	320	375	420	450	500
12	450	500	560	630	710	750
						8,5
						14
						21
						34
						53
						85
						130
						210
						340
						530
						850

Таблица 2.15

Допустимые предельные отклонения f_{Σ} межосевого угла в червячной передаче (ГОСТ 3675-81)

Ширина зубчатого венца червячного колеса, мм	Степень точности передачи											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\pm f_{\Sigma}$, мкм
До 63	3,6	5,0	6,0	7,1	9	12	16	22	28	34	42	
Св. 63 до 100	5,0	6,0	7,5	9,5	12	17	22	28	36 *	45	56	
Св. 100 до 160	7,1	8,0	11	13	17	24	30	40	50	63	80	
Св. 160 до 250	—	—	—	19	24	32	42	56	71	90	110	
Св. 250	—	—	—	—	—	48	63	80	100	130	160	

Таблица 2.16

Гарантированные боковые зазоры $j_{\text{мин}}$ в червячных передачах (ГОСТ 3675-81)

Вид сопряжения	Межосевое расстояние a_w , мм						
	До 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
		$j_{\text{мин}}$, мкм					
H	0	0	0	0	0	0	0
E	30	35	40	46	52	57	63
D	46	54	63	72	81	89	97
C	74	87	100	115	130	140	155
B	120	140	160	185	210	230	250
A	190	220	250	290	320	360	400

2.10. Сборка червячных передач

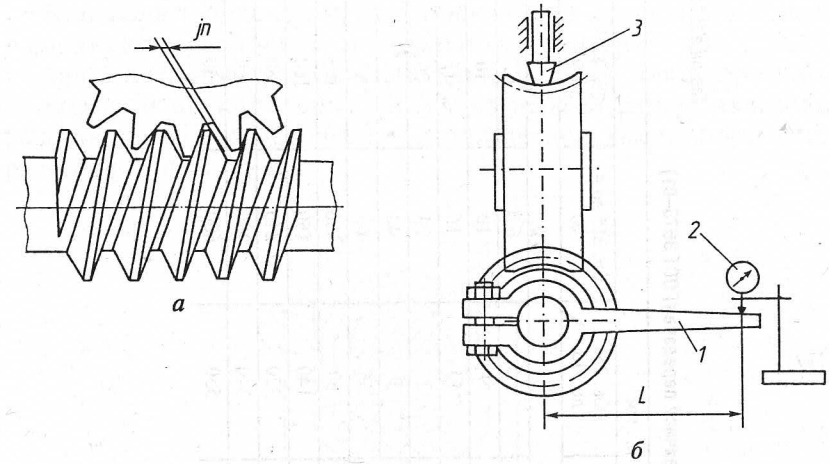


Рис. 2.15. Боковой зазор в червячной передаче (а) и схема его измерения (б)

Качество зацепления червячной передачи в большой степени зависит от точности совмещения средней плоскости колеса с осевой плоскостью червяка. Их относительное смещение вызывает смещение пятна контакта (рис. 2.16). Значения допустимых предельных смещений приведены в табл. 2.17.

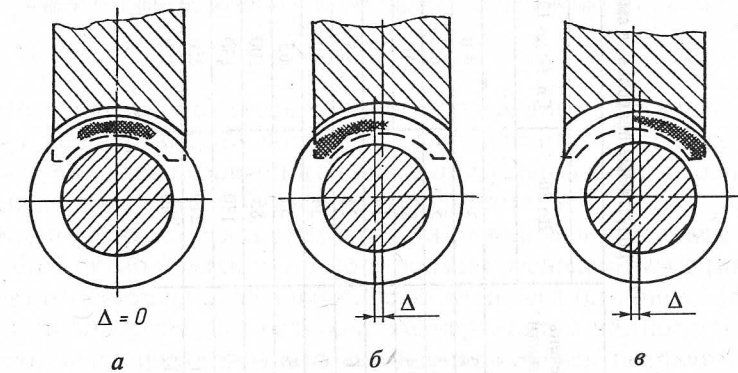


Рис. 2.16. Расположение пятна контакта при правильном (а) и неправильном (б, в) зацеплении в червячной передаче

Таблица 2.17

Допустимые предельные смещения (f_x) средней плоскости в червячной передаче (ГОСТ 3675-81)

Степень точности	Межосевое расстояние a_w , мм					
	До 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400
	f_x , мкм					
2	3,6	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
3	5,5	6,3	7	8	9	10
4	8,5	10	11	13	14	16
5	14	16	18	20	22	24
6	22	25	28	32	36	40
7	34	40	45	50	56	60
8	53	63	71	80	90	100
9	85	100	110	130	140	150
10	130	130	180	200	220	240
11	210	250	280	320	340	380
12	340	380	450	500	550	600
						Св. 400 до 500

Контроль смещения средней плоскости червячного колеса выполняют с помощью специального шаблона 1 (рис. 2.17), который последовательно устанавливают на оба торца червячного колеса и шупами или концевыми мерами длины измеряют расстояния Δ_1 и Δ_2 . Смещение Δ определяют как разность этих расстояний $\Delta = \Delta_1 - \Delta_2$.

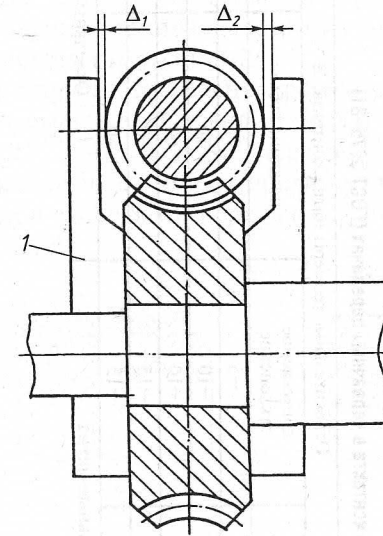


Рис. 2.17. Схема измерения смещения средней плоскости червячного колеса относительно оси червяка

Необходимая точность совмещения средней плоскости колеса и оси червяка при сборке передачи достигается смещением вправо или влево червячного колеса при установке необходимого числа прокладок под крышки подшипников.

Комплексным показателем качества сборки червячной передачи является пятно контакта, которое должно располагаться симметрично относительно средней плоскости колеса (см. рис. 2.16, а) и иметь определенные размеры. Размеры пятна контакта определяют в процентах от высоты и длины зубьев по формулам (2.16) и (2.17). Их размеры для разных степеней точности приведены в табл. 2.18.

Таблица 2.18

Размеры пятна контакта в червячных передачах (ГОСТ 3675-81)

Степень точности	Относительные размеры пятна контакта, %			
	по высоте зубьев	допускаемое отклонение	по длине зубьев	допускаемое отклонение
2-3	80	-5	75	-5
4-5	75	-10	70	-10
6-7	65	-10	60	-10
8-9	55	-15	50	-15
10	45	-15	40	-15
11-12	Отдельные пятна		Отдельные пятна	

2.11. Сборка ременных передач

2.11.1. Виды ременных передач

В общем виде ременная передача состоит из ведущего и ведомого шкивов, расположенных на расстоянии друг от друга и гибко соединенных ремнем, надетым на шкивы с натяжением. Вращение от ведущего шкива к ведомому передается за счет сил трения между ремнем и шкивом.

По форме поперечного сечения ремня различают плоскоременные, клиноременные, поликлиновые и круглоременные передачи (рис. 2.18, а—г), а также передачи зубчатыми ремнями (рис. 2.18, д), которые занимают промежуточное положение между ременными и зубчатыми передачами, объединяя преимущества и тех и других.

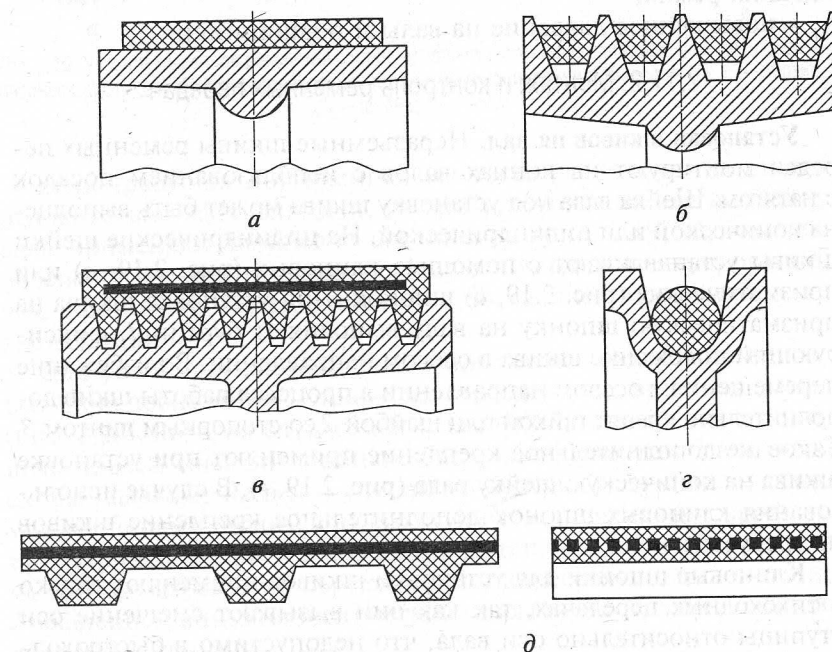


Рис. 2.18. Профили ремней ременной передачи: а — плоского; б — клинового; в — поликлинового; г — круглого; д — зубчатого

Достоинства ременных передач, определяющие область их применения, следующие:

- ♦ возможность передачи движения между валами, расположенными на значительном расстоянии;
- ♦ плавность и бесшумность работы;
- ♦ ограниченность передаваемой нагрузки, т.е. способность ремня передавать нагрузку лишь до определенного ее значения (при сверхустановленной нагрузке происходит проскальзывание ремня, что предохраняет механизм от поломки);
- ♦ простота конструкции;
- ♦ легкость обслуживания;
- ♦ низкая стоимость изготовления.

Наряду с перечисленными достоинствами ременная передача имеет и некоторые недостатки:

- ♦ значительные габаритные размеры;
- ♦ непостоянство передаточного отношения из-за проскальзывания ремня;
- ♦ повышенное давление на валы и подшипники.

2.11.2. Монтаж и контроль ременных передач

Установка шкивов на вал. Неразъемные шкивы ременных передач монтируют на концах валов с использованием посадок с натягом. Шейка вала под установку шкива может быть выполнена на конической или цилиндрической. На цилиндрические шейки шкивы устанавливают с помощью клиновых (рис. 2.19, а) или призматических (рис. 2.19, б) шпонок. При установке шкива на призматическую шпонку на валу выполняют буртик 1, фиксирующий положение шкива в осевом направлении. Во избежание перемещения в осевом направлении в процессе работы шкив дополнительно крепят гайкой или шайбой 2 со стопорным винтом 3. Такое же дополнительное крепление применяют при установке шкива на коническую шейку вала (рис. 2.19, г). В случае использования клиновых шпонок дополнительное крепление шкивов не требуется.

Клиновые шпонки для установки шкивов применяют только в тихоходных передачах, так как они вызывают смещение оси ступицы относительно оси вала, что недопустимо в быстроходных передачах. При небольшой длине ступицы такое смещение может привести к перекосу шкива на валу. При использовании

призматических шпонок также происходит некоторое смещение ступицы относительно вала, которое, однако, значительно меньше, чем при применении клиновых шпонок, поэтому передачи с призматическими шпонками обеспечивают большую точность.

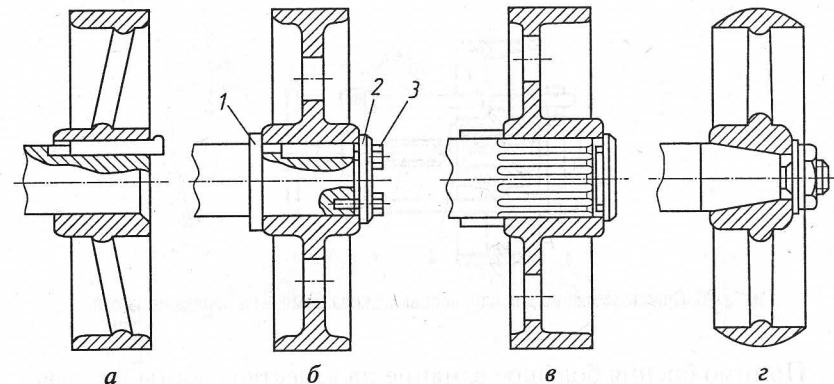


Рис. 2.19. Установка шкивов ременной передачи на валу с помощью клиновой шпонки (а), призматической шпонки (б), шлицевого соединения (в) и на конической шейке вала (г); 1 — буртик; 2 — шайба; 3 — винт

Если требуется повышенная точность расположения шкива относительно вала передачи, то при установке шкива на шейку вала применяют шлицевое соединение (рис. 2.19, в), которое обеспечивает значительно большую точность центрирования, чем шпоночное, и меньший износ посадочных мест в процессе эксплуатации.

Для установки шкивов на вал применяют различные винтовые приспособления. Одним из них является винтовая скоба (рис. 2.20), которая служит для установки шкива на вал с помощью призматической шпонки. Разъемный хомут 1 винтовой скобы надевают на вал и упирают в буртик. Тяги 2 пропускают между спицами шкива, а на его ступицу устанавливают прокладку 4. При вращении винта 3 шкив постепенно напрессовывается на вал. Во избежание перекоса при напрессовке одновременно с вращением винта наносят легкие удары по прокладке, установленной на ступицу.

Существенное влияние на качество собранной передачи оказывает биение шкивов. Причинами биения шкива на валу могут

быть изгиб вала, некачественная механическая обработка шкива, неправильная посадка шкива на вал при сборке. Проверку на биение осуществляют с помощью рейсмаса-чертилки (рис. 2.21, а) или индикатора. В первом случае числовое значение биения устанавливают с помощью щупа, во втором — по шкале индикатора.

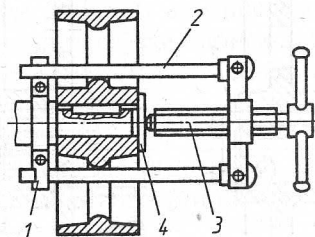


Рис. 2.20. Приспособление для напрессовки шкива ременной передачи на вал

Помимо биения большое влияние на качество работы передачи оказывает взаимное расположение шкивов, которое в значительной степени зависит от взаимного расположения валов передачи. Прямолинейность осей шкивов (их расположение на двух параллельных валах) определяют с помощью стрелок и отвеса (рис. 2.21, б). В этом случае проверку производят следующим образом. Вместо шкивов на валы устанавливают втулки со стрелками так, чтобы они касались шнура. Если после поворота валов на 180° стрелки не касаются шнура, значит, есть отклонение оси вала от параллельности и после установки шкивов на такие валы при работе ременной передачи будет наблюдаться биение.

Проверить взаимное расположение осей валов ременной передачи можно и другим (косвенным) способом. Для этого используют линейку и шнур с отвесом. Ребро линейки прикладывают к торцевым поверхностям шкивов, установленных на валу (рис. 2.21, в), и определяют плотность прилегания с помощью щупа. О перекосе осей передачи свидетельствует неплотное прилегание линейки. Измерение зазора производят в точках А, Б, В и Г.

При контроле с помощью отвеса (рис. 2.21, г) измеряют расстояние от шнура до торцевых поверхностей шкивов в точках А, Б, В и Г. Разные значения этого расстояния свидетельствует о перекосе осей.

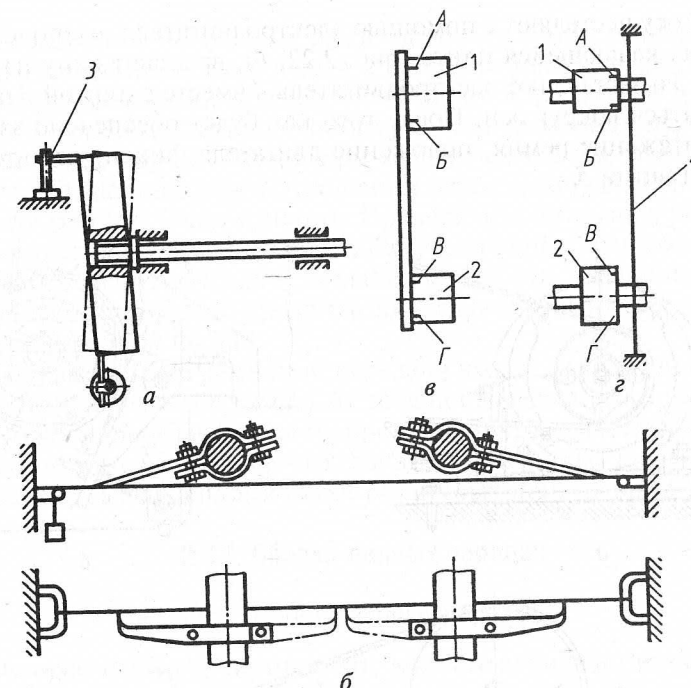


Рис. 2.21. Контроль взаимного расположения валов ременной передачи выполнением проверок: а — осевого и радиального биения шкива (рейсмасом); б — прямолинейности осей шкивов (отвесом и стрелками); в — параллельности осей шкивов (линейкой); г — параллельности осей шкивов (отвесом); 1, 2 — шкивы передачи; 3 — рейсмас-чертилка; 4 — отвес

Шкивы относятся к быстровращающимся деталям. Поэтому перед установкой на вал выполняют их балансировку (см. п. 2.14).

Натяжные устройства. Натяжение ремней необходимо производить как во время их установки, так и в процессе эксплуатации, поскольку при работе ременной передачи ремень растягивается, уменьшается его натяжение, а следовательно, и сила сцепления со шкивом, что ведет к проскальзыванию ремня.

Натяжение ремня передачи осуществляют перемещением ведущего шкива, расположенного на электродвигателе, вместе с электродвигателем. Чтобы обеспечить перемещение электродвигателя, его устанавливают на специальные салазки или плиту (рис. 2.22, а). В первом случае при вращении винта 2 электродвигатель перемещается по направляющим плиты 1. Если натяжение

ремня осуществляют с помощью электродвигателя, расположенного на качающейся плите (рис. 2.22, б), вращают одну из гаек винта 5 и заставляют электродвигатель 4 вместе с плитой 3 поворачиваться вокруг оси. После того как будет обеспечено заданное натяжение ремня, положение двигателя фиксируют второй гайкой винта 5.

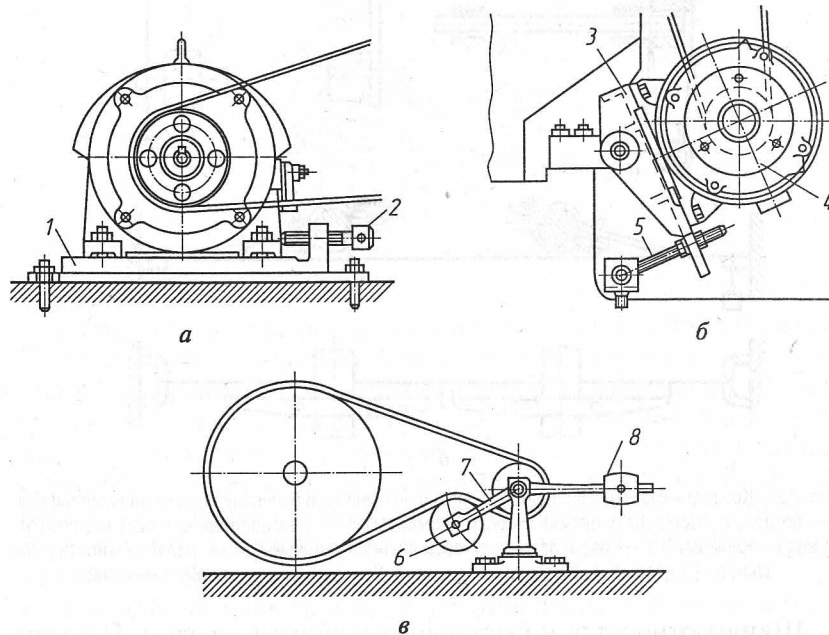


Рис. 2.22. Способы натяжения ремней ременной передачи: а — перемещением электродвигателя с плитой в продольном направлении; б — угловым перемещением электродвигателя со шкивом; в — с помощью натяжного ролика

Если в передаче для натяжения ремней используют ролики (рис. 2.22, в), регулировку натяжения осуществляют следующим образом: груз 8 перемещают вдоль рычага 7, на котором закреплен натяжной ролик 6. Изменением положения груза относительно оси рычага 7 обеспечивают различное натяжение ремня. Для этой же цели можно использовать ролики, оси которых после регулирования натяжения ремня закрепляют неподвижно. Такие устройства просты и дешевы. Однако устройства с качающимся роликом,

хотя и являются более сложными и дорогими, обеспечивают автоматическое натяжение ремня в процессе работы передачи.

Натяжные ролики применяют главным образом для плоскоременных передач, при использовании клиноременных передач — только в тех случаях, когда при малом межосевом расстоянии и большом передаточном отношении необходимо увеличить угол обхвата ремнем малого шкива. Применение натяжных роликов в ременных передачах позволяет без увеличения габаритных размеров обеспечить передачу большей мощности, уменьшить давление на опоры валов, продлить срок службы ремня и облегчить его установку на шкив.

Так как в состав ременной передачи входят вращающиеся детали, необходимо обеспечить безопасность ее эксплуатации. После монтажа передачи, ее регулирования и проверки необходимо предусмотреть установку ограждений, в качестве которых используют, как правило, кожухи различных конструкций [6].

2.12. Сборка цепных передач

2.12.1. Виды цепных передач

Цепную передачу применяют, когда невозможно из-за больших межосевых расстояний использование зубчатой передачи, а ременную передачу нельзя применять в связи с требованием постоянства передаточного отношения. Наиболее часто цепную передачу применяют для передачи мощностей до 100 кВт при окружных скоростях вращения до 15 м/с.

Цепные передачи по сравнению с ременными имеют ряд *преимуществ*:

- ♦ отсутствие проскальзывания цепи;
- ♦ компактность (ширина цепной передачи значительно меньше ширины ременной);
- ♦ меньшая нагрузка на валы и подшипниковые опоры, так как не требуется большого предварительного натяжения цепи;
- ♦ высокий КПД, достигающий значения 0,98.

Наряду с достоинствами имеются *недостатки*, ограничивающие применение цепной передачи:

- ♦ удлинение цепи при эксплуатации, являющееся причиной неравномерного хода передачи;
- ♦ возникновение (в связи с переменными ускорениями в элементах цепи) динамических нагрузок, возрастающих с увеличением

скорости вращения цепи и уменьшением числа зубьев на меньшей звездочке;

- ♦ шум при работе;
- ♦ сложность эксплуатации.

Цепи цепной передачи называют приводными. В зависимости от конструкции различают втулочные, роликовые, зубчатые и фасоннозвенные цепи. Основные параметры цепи — ее шаг (расстояние между осями двух ближайших шарниров), ширина и разрушающая нагрузка, которая устанавливается опытным путем.

Втулочная цепь (рис. 2.23, а) в зависимости от передаваемой нагрузки может быть одно- и двухрядной. Втулочные цепи просты по конструкции, имеют небольшую массу и являются наиболее дешевыми. Однако вследствие недостаточной износостойкости их применение ограничено окружными скоростями до 10 м/с. Втулочная цепь состоит из внутренних пластин 3, напрессованных на втулку 2, которая свободно вращается на валике 1 с напрессованными наружными пластинами 4.

Роликовая цепь (рис. 2.23, б) в зависимости от условий эксплуатации и передаваемых мощностей может быть нескольких видов — однорядной (нормальной, длиннозвенной облегченной и усиленной), многорядной и с изогнутыми пластинами. Конструктивно роликовая цепь отличается от втулочной тем, что на ее втулках 2 устанавливают свободно вращающиеся ролики 5, заменяя тем самым трение скольжения трением качения.

Зубчатая цепь (рис. 2.23, в) работает с меньшим шумом, чем роликовая и втулочная, так как ее конструкция обеспечивает лучшие условия зацепления с зубьями звездочки. Недостатками зубчатых цепей являются большая по сравнению с втулочными и роликовыми цепями масса и высокая стоимость изготовления, что ограничивает их применение (в основном эти цепи используют для передачи больших мощностей).

Звенья зубчатой цепи состоят из набора пластин 3 и 4 (число которых определяется шириной цепи). Каждая пластина имеет два выступа и впадину между ними для зуба звездочки. Конструкция зубчатой цепи обеспечивает в шарнирах трение качения.

Фасоннозвенные цепи применяют для передачи небольших мощностей при малых (3–4 м/с) окружных скоростях и, как правило, в условиях, не обеспечивающих достаточную смазку и защиту от загрязнений. Эти цепи просты по конструкции, их легко ремонтировать, что обуславливает применение фасоннозвенных цепей в сельскохозяйственных машинах.

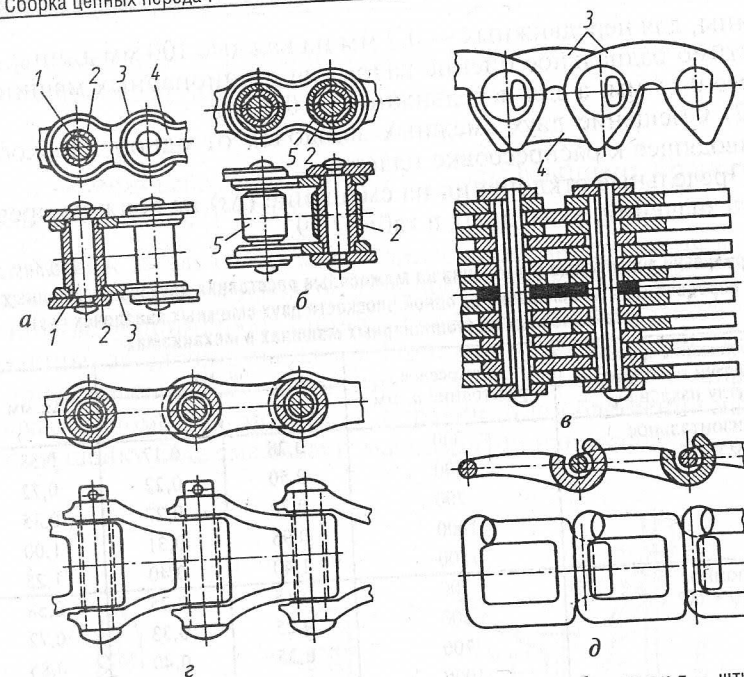


Рис. 2.23. Цепи передач: а — втулочная; б — роликовая; в — зубчатая; г и д — штыревая и крючковая фасоннозвенные

Различают штыревые (рис. 2.23, г) и крючковые (рис. 2.23, д) фасоннозвенные цепи. Крючковая цепь состоит из звеньев, отлитых из чугуна или штампованных из стальной полосы (сталь 30 Г), и не содержит дополнительных деталей. Соединение звеньев осуществляется за счет их взаимного наклона под углом 60°. В штыревых цепях соединение чугунных литых звеньев осуществляется штырями, которые после установки шплинтуются.

2.12.2. Монтаж, настройка и контроль цепных передач

От качественного монтажа зависят надежность и долговечность работы цепной передачи.

К основным погрешностям монтажа относятся:

- 1) Непараллельность, перекося и биение валов, на которых устанавливают звездочки. Непараллельность валов не должна превышать для стационарных машин 0,1 мм на каждые 100 мм

длины, для передвижных — 0,2 мм на каждые 100 мм длины; допустимо радиальное биение валов для стационарных машин не более 0,15 мм, а для передвижных — 0,3 мм.

2) Смещение двух смежных звездочек от одной плоскости, приводящее к распрессовке пластин.

Предельные отклонения на смещение (Δs) не должны превышать значений, указанных в табл. 2.19.

Таблица 2.19

Предельно допустимые отклонения на межосевые расстояния двухзвенных цепных передач (Δa) и на смещение от одной плоскости двух смежных звездочек (Δs), установленных на стационарных машинах и механизмах

Положение цепной передачи по среднему углу наклона ψ	Межосевое расстояние a , мм	Δa , мм		Δs , мм
		—	+	
Горизонтальное $0^\circ < \psi < 30^\circ$	300	0,28	0,17	0,58
	500	0,50	0,22	0,72
	700	0,70	0,27	0,85
	1000	0,95	0,31	1,00
	1500	1,40	0,40	1,25
Наклонное $30^\circ < \psi < 60^\circ$	300	0,15	0,25	0,58
	500	0,25	0,33	0,72
	700	0,35	0,40	0,85
	1000	0,50	0,46	1,00
	1500	0,75	0,63	1,25
Вертикальное $60^\circ < \psi < 80^\circ$	300	0,035	0,51	0,58
	500	0,06	0,66	0,72
	700	0,08	0,81	0,85
	1000	0,12	0,93	1,00
	1500	0,17	1,20	1,25

3) Неплотная посадка звездочек на валы, вызывающая их смещение от одной плоскости и увеличение осевого биения.

4) Перетяжка цепи, вызывающая дополнительные «паразитные» нагрузки, которые могут значительно превысить рабочее натяжение. В результате этого происходит прокручивание валков и втулок в проушинах пластин, увеличение износа шарниров цепи и зубьев звездочек.

5) Чрезмерное провисание холостой ветви (f) отрицательно сказывается на работе цепи, так как вызывает захлестывание холостой ветви, перескакивание звеньев через зубья и соскакивание цепи со звездочек.

Рекомендуемое значение стрелы провисания холостой ветви рассчитывается по формуле

$$f \leq k \cdot a, \quad (2.23)$$

где a — межосевое расстояние; k — коэффициент пропорциональности, $k = 0,01 - 0,03$.

Монтаж звездочек на вал. При монтаже звездочек на вал используют посадки с натягом. Для обеспечения фиксации звездочек на валу применяют шпоночные соединения и штифтование ступицы звездочки на валу. При монтаже звездочек на вал с призматической шпонкой (рис. 2.24, а) звездочку 4 напрессовывают с помощью молотка и оправки. Для облегчения напрессовки шейку вала смазывают маслом. При напрессовке следят за

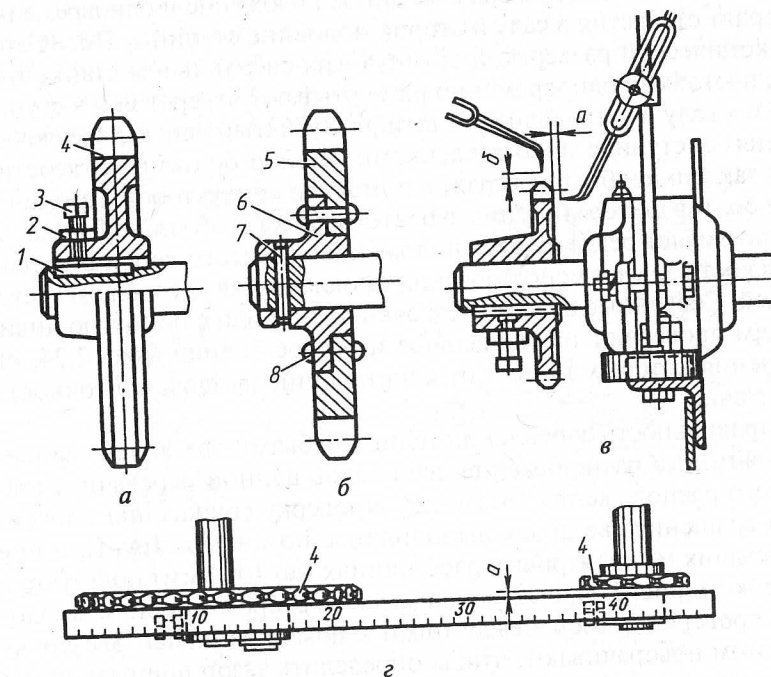


Рис. 2.24. Монтаж звездочек цепной передачи на вал: а — цельная звездочка, установленная на шпонке; б — звездочка сборной конструкции; в — схема проверки звездочек на осевое и радиальное биение; г — схема проверки совпадения плоскостей звездочек

тем, чтобы шпонка 1 свободно входила в шпоночный паз ступицы звездочки во избежание образования на поверхности паза задиров. Напрессованную на вал звездочку фиксируют (от возможного перемещения в осевом направлении) стопорным винтом 3, самоотвинчивание которого предотвращают с помощью контргайки 2. Чтобы выставить звездочку в осевом направлении и обеспечить совпадение плоскости звездочки с плоскостью, в которой происходит движение цепи, необходимо отпустить контргайку и стопор, а затем, нанося легкие удары молотком через выколотку, установить звездочку в заданной плоскости.

При монтаже на вал звездочек сборной конструкции (рис. 2.24, б) сначала с помощью штифта 7 на валу закрепляют ступицу 6. Отверстие под штифт готовят в следующем порядке. Вначале с одной стороны ступицы сверлят отверстие. Затем ступицу устанавливают на вал в заданное положение и одновременно сверлят отверстия в валу и второй половине ступицы. После этого конической разверткой вручную (на сверлильном станке или дрелью) также одновременно развертывают отверстия и в ступице, и в валу и устанавливают штифт. Зубчатый венец 5 звездочки крепят к ступице либо заклепками 8, либо болтами. Отверстия под заклепки и болты сверлят с помощью кондукторов. Применение болтов для соединения зубчатого диска со ступицей звездочки позволяет регулировать положение зубчатого венца в осевой плоскости за счет использования прокладок между диском и ступицей. Собранные на валу звездочки щупом или с помощью индикатора проверяют на радиальное и осевое биения (рис. 2.24, в), значения которых зависят от конструкции звездочек и точности передачи.

Правильность зацепления цепи с зубьями звездочек зависит от взаимного расположения осей валов цепной передачи и взаимного расположения звездочек. Проверку совпадения плоскостей вращения звездочек выполняют с помощью струны, а при небольших межцентровых расстояниях (до 1000 мм) пользуются линейкой (рис. 2.24, г). Прикладывая ее ребром к торцам звездочек, проверяют зазор между ними с помощью щупа. Звездочку при этом поворачивают, чтобы определить зазор при различных ее положениях. Положение звездочек на валах можно также проверить, измеряя межосевые расстояния в различных точках между валами передачи.

Монтаж цепей и контроль качества сборки. Перед началом монтажа необходимо удалить с цепи консервирующую смазку; затем цепь следует промыть и просушить (сушку обычно осуществляют с помощью сжатого воздуха). После этого цепь подгоняют по длине в соответствии с чертежом передачи. Перед подгонкой замыкающее звено цепи освобождают от шплинтов или запирающей пластины и снимают, отсоединяя группу лишних звеньев. Затем приступают к монтажу цепи, который осуществляют с помощью соединительного (замыкающего) звена, имеющего два валика (перед укорачиванием цепи это звено сняли). Однако, используя это звено, можно соединять только цепи с четным числом звеньев. При монтаже цепей с нечетным числом звеньев применяют переходное звено. Соединение концов цепи производят либо на верстаке, либо непосредственно на сборочной единице, если цепь с соединенными концами нельзя надеть на звездочку (например, когда звездочка находится внутри корпуса). При соединении концов роликовых и втулочных цепей непосредственно на собираемой детали применяют рычажные (рис. 2.25, а) или винтовые (рис. 2.25, б) стяжки.

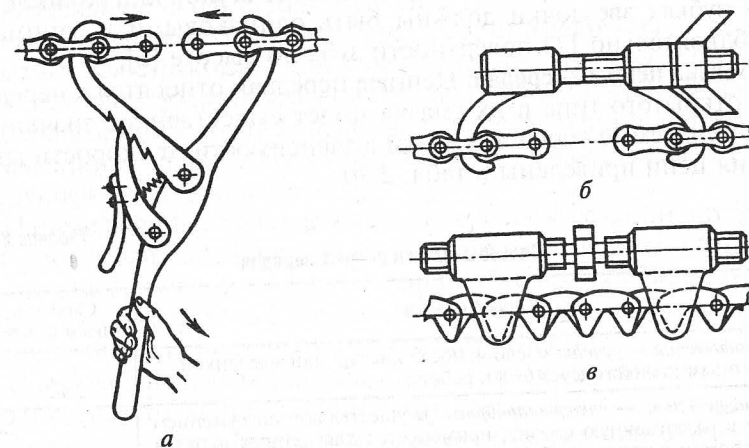


Рис. 2.25. Стяжки для соединения концов роликовой и втулочной цепей (а — рычажная, б — винтовая) и пластинчато-зубчатой цепи (в)

Пластинчато-зубчатые цепи также сначала надевают на звездочку, а затем их концы стягивают с помощью специальных стяжек и соединяют (рис. 2.25, в).

Фасоннозвенные цепи собирают без использования специальных крепящих устройств путем последовательного соединения звеньев (при этом следят, чтобы крючки были направлены в сторону движения цепи).

Цепь в передаче устанавливают так, чтобы ее ведущая нижняя ветвь не была сильно натянута. Цепь с небольшим провисанием правильно ложится на зубья звездочки, что уменьшает удары между зубьями звездочки и звеньями цепи, обеспечивая плавную работу цепи и значительно уменьшая ее износ. Кроме того, правильное натяжение цепи позволяет снизить нагрузки на детали передачи. Провисание цепи передачи зависит от ее расположения и расстояния между осями звездочек. Значение стрелы провисания рассчитывают по формуле (2.23).

Качество сборки цепной передачи проверяют, вращая звездочку вручную или с помощью рычага. Таким способом определяют плавность и легкость хода передачи. При вращении передачи цепь не должна соскакивать, а каждое ее звено должно легко садиться на зуб звездочки и сходиться с него. Правильность зацепления цепи и звездочки определяют внешним осмотром. После испытания цепной передачи отпечатки от втулок или роликов на всех зубьях звездочки должны быть одинаковыми и занимать приблизительно 1/3 поверхности зуба по высоте [6].

Смазка цепных передач. Цепные передачи относятся к передачам открытого типа и их смазка имеет существенное значение. Рекомендуются способы смазки в зависимости от скорости вращения цепи приведены в табл. 2.20.

Таблица 2.20

Способы смазки цепных передач	
Способ смазки	Скорость цепи v , м/с
<i>Периодическая</i> — ручная: масло наносят кистью или масленкой с длинным носиком через 6–8 ч работы	≤ 2
<i>Консистентная</i> — внутришарнирная: осуществляют погружением цепи в разжиженную смазку; применяется для цепных передач транспортных машин; периодичность ≈ 120 –180 ч	≤ 1
<i>Капельная</i> : подача масла на цепь по 5–15 капель в минуту с помощью масленок и лубрикаторов (ручных насосов)	≤ 4
<i>Картерная в масляной ванне</i> : цепь погружают в масло в самой низкой точке; периодичность смены масла 500–1000 ч при надежной защите от воздействия внешней среды и хороших фильтрах	≤ 6

Окончание табл. 2.20

Способ смазки	Скорость цепи v , м/с
<i>Струйная</i> : осуществляют поливанием с помощью насоса ненагруженной ветви цепи в зазоры между пластинами	≤ 10
<i>Центробежная</i> : разбрызгивается при вращении звездочки, на которой расположены специальные кольца, диски	≤ 15
<i>Циркуляционная</i> : струя воздуха под давлением 0,5–1,5 МПа распыляет масло на мельчайшие частицы, которые проникают во все зазоры цепи и оседают на поверхности зубьев звездочек	≤ 15

2.13. Сборка соединений с направляющими поверхностями

2.13.1. Назначение и типы направляющих

Направляющие поверхности (или направляющие) предназначены для обеспечения точных относительных перемещений или положений сборочных единиц или деталей машин. В зависимости от характера трения между подвижными узлами различают направляющие скольжения и качения.

Направляющие скольжения (рис. 2.26, а) имеют весьма разнообразные конструкции. Если поверхность скольжения выпуклая, то на ней плохо удерживается смазка, поэтому такие направляющие в основном применяют при малых скоростях. Они просты в изготовлении и, кроме того, стружка на них не задерживается, что предупреждает быстрый износ.

Направляющие, образующие в поперечном сечении внутренний (вогнутый) профиль, более подходят для использования в механизмах с высокими скоростями перемещения узлов, так как хорошо удерживают смазку, но их следует тщательно защищать от попадания стружки и различных загрязнений.

Плоские направляющие по сравнению с другими наиболее просты в изготовлении, но они плохо удерживают смазку и легко загрязняются, что значительно ограничивает их применение.

Для упрощения конструкции узлов поступательного движения используют комбинированные направляющие в виде сочетания плоских и треугольных направляющих.

В некоторых случаях применяют круглые направляющие, которые довольно просты в изготовлении и эксплуатации.

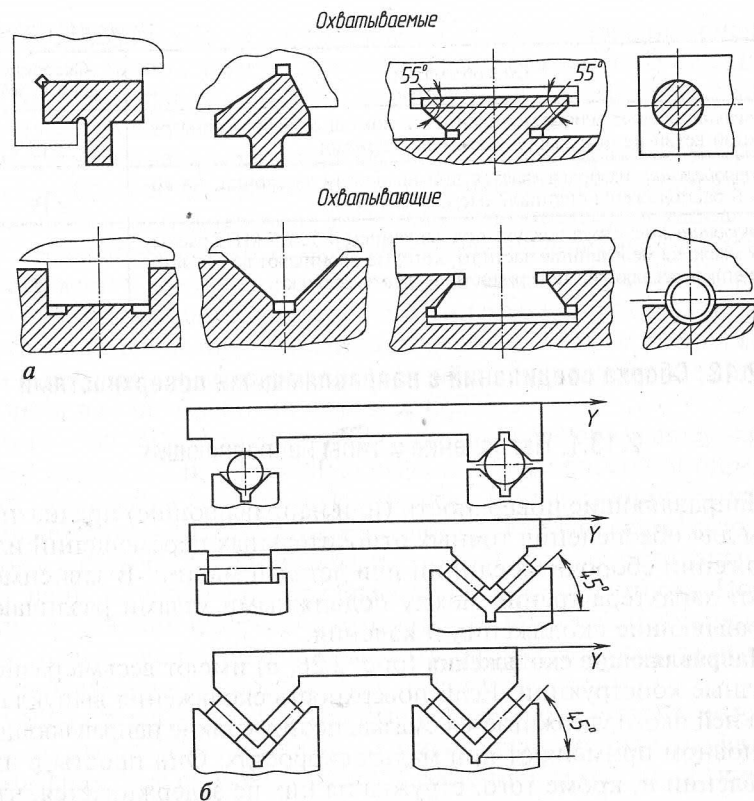


Рис. 2.26. Направляющие скольжения (а) и качения (б)

Направляющие качения (рис. 2.26, б) находят в последние годы все более широкое применение в металлорежущих станках (особенно станках повышенной точности). При качении шариков или роликов (называемых телами качения) по замкнутым направляющим возникает трение качения, сила которого значительно меньше силы трения скольжения. Применение направляющих качения позволяет снизить коэффициент трения примерно в 20 раз, поэтому их износ значительно меньше по сравнению с износом направляющих скольжения. Кроме того, направляющие качения обеспечивают более плавное движение, так как в этом случае отсутствует прилипание, характерное для направляющих скольжения.

В направляющих качения шарики или ролики находятся в плоском сепараторе. Они расположены между закаленными поверхностями направляющих сопрягаемых узлов. Поскольку при движении подвижной части относительно неподвижной тела качения движутся по направляющим неподвижного узла, то они проходят лишь половину пути перемещения подвижного узла. Поэтому сепараторы короче подвижного узла на половину его хода. Для больших перемещений применяют конструкции без сепаратора (при движении тела качения попадают в специальный желоб и непрерывно циркулируют по замкнутому контуру).

Технические требования к направляющим. Точность перемещения механизмов в значительной степени зависит от точности изготовления направляющих, поэтому к ним предъявляются достаточно высокие требования по точности формы и взаимного расположения поверхностей, например:

- ♦ допуск прямолинейности опорных поверхностей в вертикальной плоскости $T = 0,012 - 0,030$ мм на 1000 мм длины;
- ♦ допуск извернутости плоскостей направляющих $T = 0,020 - 0,025$ мм на всей их длине;
- ♦ допуск параллельности плоскостей направляющих в зависимости от назначения механизма $T = 0,01 - 0,05$ мм на 1000 мм длины;
- ♦ допуск перпендикулярности поверхностей направляющих обычно составляет $0,01 - 0,02$ мм на 1000 мм длины;
- ♦ шероховатость поверхностей направляющих после их окончательной обработки не должна превышать $Ra = 0,63 - 1,25$ мкм для механизмов нормальной точности и $Ra = 0,04 - 0,10$ мкм для прецизионных механизмов.

2.13.2. Отделочные и пригоночные работы при сборке направляющих

Отделка направляющих. На практике наиболее часто отделку направляющих осуществляют с помощью шабрения, строгания широким резцом, тонкого фрезерования торцевыми фрезами, шлифования и притирки. В слесарно-сборочных работах наиболее широко применяют шабрение, так как оно обеспечивает высокую точность поверхностей направляющих независимо от их длины и формы. Шабрение коротких направляющих обычно не вызывает сложностей, так как осуществляется обычными методами.

При шабрении длинных направляющих применяют плиты и линейки, а производят его по так называемым маякам (рис. 2.27). Нанесение маяка на направляющие заключается в том, что на обрабатываемой поверхности шабруют по плите 2 небольшой участок, размер которого несколько превышает размер плиты. Шабрение производят с контролем по краске до тех пор, пока поверхность плиты не будет окрашиваться равномерно. После этого на поверхности плиты устанавливают уровень 3, который не должен показывать отклонения от горизонтальности ни в продольном, ни в поперечном направлениях. Маяк шабруют на обоих концах направляющих 1 и 4.

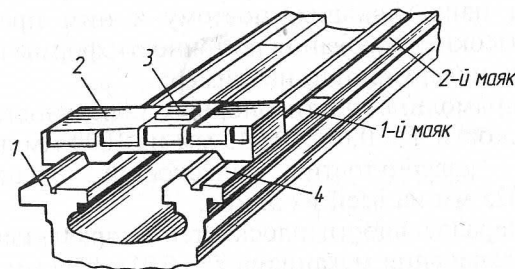


Рис. 2.27. Схема пробивки маяков на направляющих

Если при шабрении для контроля качества применяют линейку и уровень, то маяки наносят по всей поверхности направляющих таким образом, чтобы расстояние между соседними маяками перекрывалось поверочной линейкой. Следует иметь в виду, что чем ближе расположены маяки, тем выше качество шабрения. Каждый маяк обрабатывают, контролируя его положение относительно соседнего маяка по уровню. Таким образом все маяки выводят на одну горизонтальную прямую. В дальнейшем маяки выполняют роль базовых поверхностей при обработке участков направляющих между ними.

Направляющие, изготовленные как одно целое со станиной, не требуют перед отделкой никаких сборочных работ. При сборке узлов с накладными направляющими перед отделкой осуществляют их крепление к станине. Установив предварительно направляющие с помощью клиньев и башмаков по уровню, после проверки их крепят к станине окончательно. Крепление

накладных направляющих к станине производят болтами и винтами с потайными головками.

Пригонка направляющих и регулирование зазоров. Пригонка направляющих и сопряженных с ними частей весьма трудоемкая операция. Для ее облегчения и упрощения регулирования зазоров между трущимися поверхностями, которые перемещаются относительно друг друга поступательно, применяют различные регулировочные устройства — компенсаторы (рис. 2.28, а), изготовляемые в виде планок прямоугольного или косоугольного сечения с уклоном от 1:100 до 1:40.

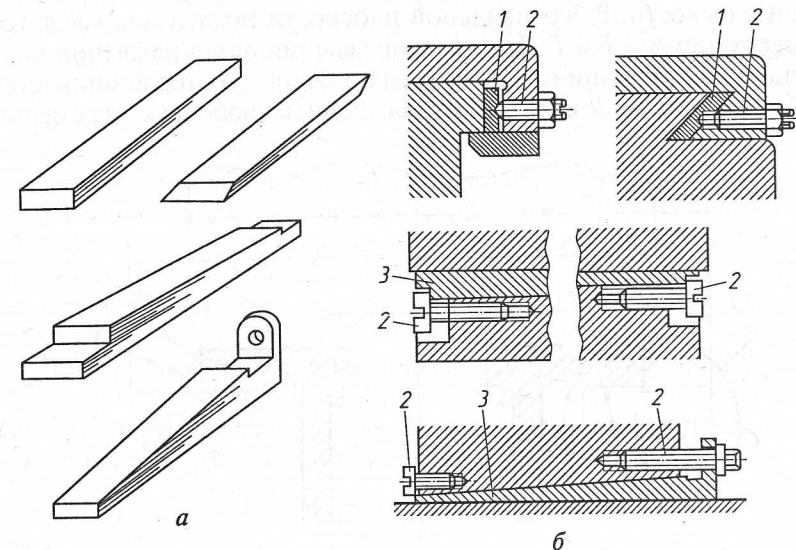


Рис. 2.28. Компенсаторы: а — конструкция; б — схемы установки и регулирования

В процессе регулирования планки 1 и клинья 3 перемещают в продольном направлении и закрепляют в установленном (для обеспечения заданного зазора) месте с помощью винтов 2 (рис. 2.28, б). Регулировочные планки и клинья устанавливают, как правило, с незагруженной стороны направляющих. После регулирования узлы, сопрягаемые с направляющими, должны перемещаться свободно, но в то же время следует полностью исключить возможность опрокидывания узла или его отрыв от

направляющих. Эти условия и обеспечиваются при применении компенсаторов.

Узлы, сопрягающиеся с вертикальными направляющими, должны перемещаться вниз под действием силы тяжести, сохраняя определенное положение в соединении.

Пример 1. Сборка соединения с плоскими направляющими (рис. 2.29). Прежде чем приступить к сборке направляющих, проверяют их соответствие техническим требованиям. После проверки на направляющие устанавливают ползун 1 таким образом, чтобы он мог свободно перемещаться по ним, опираясь на поверхности *A* и *B*, которые направляют ползун в горизонтальной плоскости. В вертикальной плоскости ползун направляется поверхностями *B* и *Г*. Для предупреждения опрокидывания ползуна в конструкции предусмотрена планка 2, которая опирается на поверхности *Д* и *Е*. Чтобы обеспечить свободное перемеще-

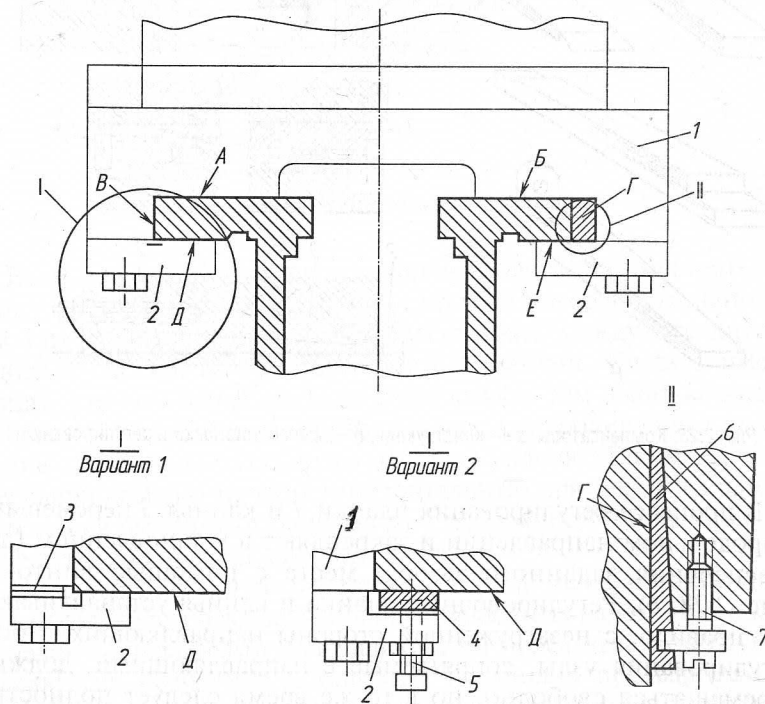


Рис. 2.29. Узел с плоскими направляющими

ние ползуна в сопряжениях по поверхностям *B*, *Г*, *Д* и *Е*, необходимо сделать зазоры, которые не должны быть большими, так как это может привести к опрокидыванию ползуна в одну или в другую сторону при его движении по направляющим (размеры зазоров указывают в сборочных чертежах или технических условиях на сборку). Заданную точность зазоров можно выдержать только в том случае, если отклонение от параллельности поверхностей *A* и *Д* или *Б* и *Е* составляет не более 0,02 мм на 1000 мм длины направляющих. Такая высокая точность может быть выдержана при обработке направляющих шлифованием, тонким строганием, фрезерованием, притиркой или шабрением. Обработку плоских направляющих шабрением следует осуществлять в такой последовательности: сначала надо шабрить поверхности *A* и *Б*, затем — *Д* и *Е*, а после них — *В* и *Г*. Качество шабрения определяют по пятнам контакта при контроле на краску с помощью поверочной плиты.

Заданный зазор можно также получить установкой нерегулируемых прокладок 3 (рис. 2.29; узел I, вариант 1). Удобнее при сборке этого узла использовать регулирующую прокладку 4 (вариант 2). Ее прижимают до отказа с помощью винта 5, после чего винт отпускают в зависимости от шага резьбы и требуемого зазора на $1/4$ — $1/2$ оборота и стопорят контргайкой.

Для регулирования зазоров по плоскостям *В* и *Г* сопряжения применяют клин 6 (рис. 2.29; узел II), который предварительно должен быть пришабрен по направляющим и стенке ползуна. Зазор регулируют с помощью винта 7.

2.13.3. Контроль качества сборки

Контроль качества сборки является неотъемлемой частью сборочного процесса. Собранные узлы в первую очередь проверяют на плоскостность, параллельность и перпендикулярность поверхностей направляющих. Кроме того, направляющие проверяют на правильность геометрической формы. Геометрическую форму фасонных направляющих контролируют с помощью угломеров, шаблонов или специальных фасонных плит. При использовании плит контроль осуществляют на краску, а во всех остальных случаях пользуются методом световой щели.

Проверка плоскостности поверхностей направляющих. Проводят с помощью поверочных плит — на краску (рис. 2.30, а) или методом световой щели. В первом случае проверку производят

по числу пятен контакта на одном квадратном дюйме. При наличии 25–30 пятен качество поверхности считается высоким, 20–25 пятен — хорошим.

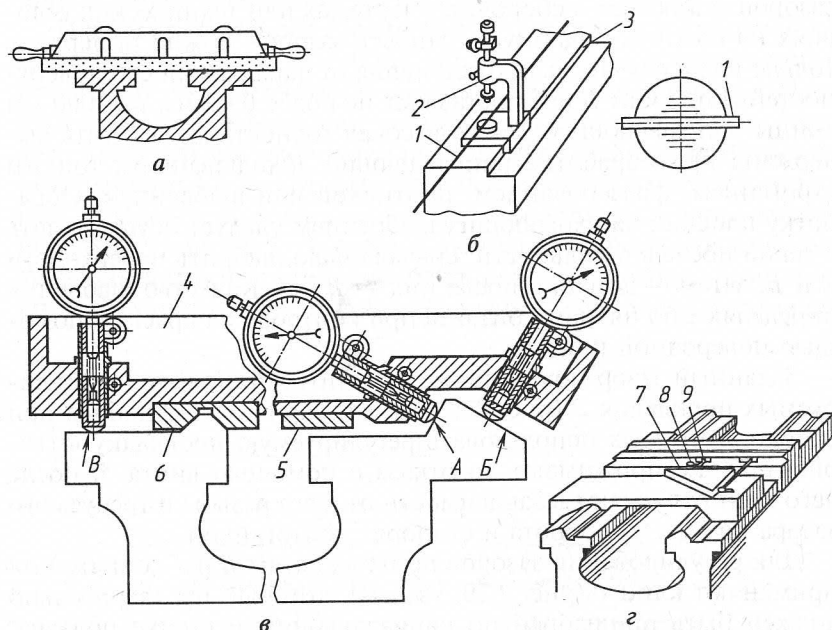


Рис. 2.30. Схемы поэлементного контроля направляющих: а — плоскостности; б — прямолинейности; в — параллельности; г — перпендикулярности

Проверка прямолинейности поверхностей направляющих. Осуществляется методами, которые делят на две группы:

1) определение угловых отклонений отдельных участков проверяемой поверхности от эталонной прямой с помощью уровня с ценой деления 0,04–0,60 мм на 1000 мм длины;

2) определение линейных отклонений от эталонной прямой.

Для определения линейных отклонений используют линейки с расстоянием между опорами 250, 500 и 1000 мм. Наиболее распространен контроль прямолинейности с помощью линеек, но использование уровня обеспечивает более высокую точность измерения.

Хорошие результаты получают также, проверяя прямолинейность с использованием струны и микроскопа (рис. 2.30, б). Один конец струны 1 закрепляют на направляющей с одной стороны точно посередине, а второй ее конец пропускают через блок кронштейна, также установленного на середине направляющей. К свободному концу струны для обеспечения ее постоянного натяжения подвешивают груз. Микроскоп 2 устанавливают на направляющих 3 таким образом, чтобы струна совпадала с осью шкалы его окуляра. Микроскоп перемещают по направляющим, следя за тем, чтобы струна постоянно находилась на оси шкалы окуляра.

Проверка параллельности поверхностей направляющих. При проверке (рис. 2.30, в) каретку 4 специального приспособления устанавливают опорными поверхностями 5 и 6 на направляющие. Контроль параллельности проводят с помощью индикаторов, которые касаются своими измерительными наконечниками проверяемых направляющих в точках А, Б и В.

Проверка перпендикулярности поверхностей направляющих. Производится, как правило, с помощью угольников, размер и конструкция которых зависят от положения контролируемых поверхностей.

В тех случаях, когда угольник использовать для контроля невозможно, применяют специальные приспособления. Например, перпендикулярность поверхностей направляющих станины проверяют специальной ползушкой с угольником и индикатором. Ползушку плотно прижимают к проверяемой поверхности, а закрепленный на ней индикатор приводят в контакт с полкой контрольного угольника (рис. 2.30, г). Угольник 7 помещают на специальную подставку, одну из его полок устанавливают параллельно направляющим станины. При перемещении ползушки 9 индикатор 8 будет скользить по полке угольника, показывая отклонение от перпендикулярности.

Количественную оценку отклонения от перпендикулярности можно произвести также с помощью щупов и концевых мер длины.

Комплексные методы контроля. Применяют для одновременной проверки прямолинейности, параллельности и спиральной изогнутости поверхностей направляющих, используя специальные приспособления и мостики.

Универсальный мостик для комплексного контроля направляющих (рис. 2.31) состоит из основания Т-образной формы 1

с четырьмя основными опорами 5 и дополнительной опорой 3. Две из четырех основных опор можно перемещать в вертикальном направлении по направляющим колонкам 7, закрепляя их в нужном положении гайкой 6. Две другие основные опоры перемещают в горизонтальном направлении вдоль направляющих по пазам и фиксируют в заданном положении гайками 4. В зависимости от расстояния между направляющими основные опоры могут раздвигаться. Дополнительная опора может перемещаться в горизонтальном и вертикальном направлениях. На колодке 8, закрепленной на основании, устанавливают рамный уровень 9 и закрепляют его винтами 10. В специальных устройствах 11 устанавливают индикаторы 2, положение их регулируется. Они могут быть укреплены в любом месте основания [6].

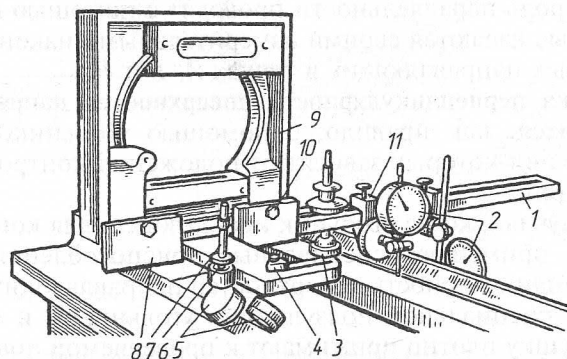


Рис. 2.31. Универсальный мостик для комплексного контроля направляющих

2.14. Балансировка деталей и сборочных единиц

2.14.1. Основные понятия технологии балансировки

Единицы измерения дисбалансов и основные понятия технологии балансировки определены ГОСТ 19534–74.

Дисбалансом называют векторную величину, равную произведению неуравновешенной массы на расстояние от нее до оси ротора — e (эксцентриситет).

Ротором называют любую деталь или сборочную единицу, которая при вращении удерживается своими несущими поверхностями

в опорах. Роторы считаются жесткими, если их рабочая скорость не превышает 70 % от критической скорости, и гибкими, если они эксплуатируются в области закритической скорости.

Единицей величины дисбаланса является грамм-миллиметр ($г \cdot мм$). Угол дисбаланса измеряют в угловых градусах. Все дисбалансы ротора приводятся к двум векторам — главному вектору $D_{ст}$ и главному моменту M_D дисбалансов, независимо от причин (погрешностей получения заготовки, погрешностей механосборочного производства или изменения условий эксплуатации), вызвавших смещение центра масс с оси вращения.

Главный вектор дисбалансов $D_{ст}$ проходит через центр масс и равен произведению массы неуравновешенного ротора на ее эксцентриситет. Отношение модуля главного вектора дисбалансов к массе ротора характеризует удельный дисбаланс, который измеряют в микрометрах [$(г \cdot мм)/кг = мкм$]. Главный момент дисбалансов M_D равен геометрической сумме моментов всех дисбалансов ротора относительно его центра масс, перпендикулярен главной центральной оси инерции и оси ротора; вращается вместе с ротором.

Главный вектор дисбалансов в плоскостях опор может быть заменен его составляющими (симметричными дисбалансами).

Главный момент дисбалансов в тех же плоскостях опор может быть заменен парой сил (кососимметричными дисбалансами).

Дисбаланс — векторная величина, которая полностью определяется на роторе в выбранной плоскости углом дисбаланса, а также численным значением дисбаланса $D_i = m_i e_i$, т.е. произведением неуравновешенной массы m_i на модуль ее эксцентриситета e_i относительно оси вращения. Эта плоскость может служить для задания дисбаланса (плоскость приведения дисбаланса), корректировки масс ротора (плоскость коррекции), измерения дисбаланса (плоскость измерения дисбаланса). Дисбалансы в двух различных плоскостях вдоль оси данного ротора различны, и их углы и значения могут быть рассчитаны, а также определены с помощью балансировочного оборудования.

2.14.2. Структура процесса балансировки

Структура технологического процесса балансировки определяется ее назначением и точностью, типом производства, размером детали или сборочной единицы, технологическим оборудованием и оснасткой и т.п.

Балансировка включает определение значений и углов дисбалансов ротора и уменьшение их корректировкой массы ротора.

Выявление и определение главного вектора осуществляют как в статическом (т.е. под действием силы тяжести), так и в динамическом (т.е. при принудительном вращении) режиме, а главного момента дисбалансов — только в динамическом режиме.

Действие дисбалансов на ротор можно снизить или устранить добавлением, уменьшением или перемещением корректирующей массы (одной или более), создающей дисбаланс такого же значения, что и у неуравновешенного ротора, но с углом дисбаланса 180° относительно дисбаланса ротора.

Различают дисбалансы: начальный (до корректировки масс), остаточный (после корректировки масс), допустимый (приемлемый по условиям эксплуатации машин) и удельный (отношение модуля главного вектора к массе ротора).

Различают балансировку статическую (силовую), моментную и динамическую (моментно-силовую). При статической балансировке определяют и уменьшают главный вектор дисбалансов, т.е. центр масс ротора приводится на ось вращения размещением соответствующей корректирующей массы (масс). При моментной балансировке определяют и уменьшают главный момент дисбалансов образованием пары сил — размещением корректирующих масс в двух плоскостях коррекции. При этом главная центральная ось инерции ротора в результате поворота совмещается с осью вращения. При динамической балансировке определяют и уменьшают главный момент и главный вектор. Это достигается размещением корректирующих масс в двух (жесткие роторы) плоскостях коррекции или более (гибкие роторы). При этом главная центральная ось инерции смещается, поворачивается в пространстве и совмещается с осью вращения ротора.

Ротор может быть уравновешен за одну или несколько операций, состоящих из типовых переходов: выявление и определение значения и угла дисбалансов (измерительный); преобразование полученных данных в параметры технологического метода, принятого для корректировки масс дисбалансов (переход преобразования); корректировка (устранение) дисбалансов до заданных значений. При полностью автоматизированном процессе все три перехода осуществляются последовательно в одной машине, линии, агрегате. Балансировочные операции могут выполняться на всех стадиях производственного процесса: в начале обработки

заготовки, после завершения всех операций механообработки детали, в процессе сборки любых сборочных единиц, включая изделие. В ряде случаев само изделие содержит УБУ (управляемое балансирующее устройство) или АБУ (автоматическое балансирующее устройство), позволяющее периодически корректировать дисбалансы, возникающие при эксплуатации изделия (износе, нагреве и т.п.).

2.14.3. Способы и средства статической балансировки сборочных единиц

Главный вектор дисбалансов ротора, находящегося в покое, под действием силы тяжести создает момент относительно оси или точки подвеса ротора и стремится повернуть ротор так, чтобы так называемое «тяжелое» место (центр масс) заняло самое низкое положение. На этом основано действие различных средств для выявления и определения статической неуравновешенности в поле силы тяжести: стенов с роликовыми (рис. 2.32, а) и дисковыми (рис. 2.32, б) опорами или горизонтальными параллельными призмами (рис. 2.33).

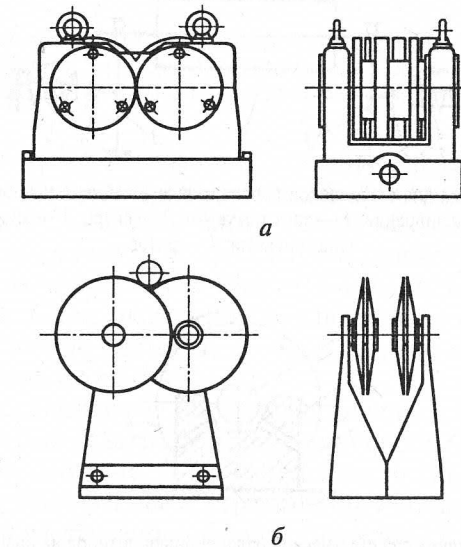


Рис. 2.32. Опоры к стенду для статической балансировки

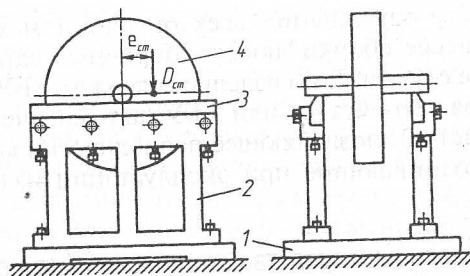


Рис. 2.33. Стенд с горизонтальными параллельными призмами: 1 — основание; 2 — стойки; 3 — призмы различного поперечного сечения; 4 — ротор

Ротор, имеющий отверстие, надевают на базовую поверхность сбалансированной оправки без зазора. Базовая поверхность оправки выполнена концентрично с ее поверхностями, перекачиваемыми по роликам или дискам. Точность определения «тяжелого» места зависит и от массы ротора, и от трения между оправкой и опорами. Для снижения трения и повышения точности балансировки используют наложение на опоры вибрации (рис. 2.34) или подачу струи воздуха под шейки оправки (рис. 2.35).

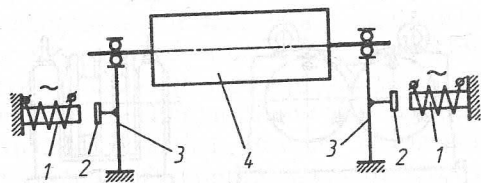


Рис. 2.34. Схема стенда для статической балансировки роторов с шарикоподшипниковыми опорами и наложением вибрации: 1 — электромагнит; 2 — якорь; 3 — опоры стенда с шарикоподшипниками; 4 — ротор

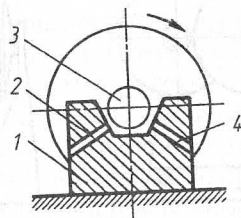


Рис. 2.35. Схема стенда для статической балансировки роторов на воздушной подушке: 1 — опора стенда; 2, 4 — каналы для подвода сжатого воздуха; 3 — цапфа ротора или оправки

Другой принцип, на котором основано действие устройств для выявления статической неуравновешенности, заключается в изменении положения центра масс ротора в горизонтальной плоскости при принудительном повороте ротора. Для этого используют так называемые балансировочные весы (рис. 2.36). Положение равновесия находят перемещением груза 4 при различных угловых положениях ротора, т.е. смещениях центра массы S ротора на величину $\pm e_{ст}$ (изменения длины рычага).

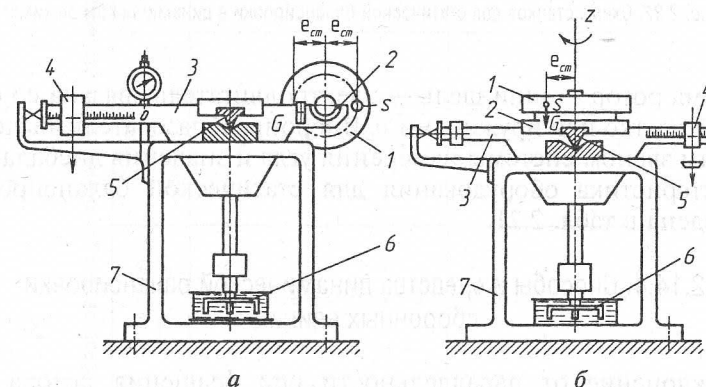


Рис. 2.36. Балансировочные весы с горизонтальной (а) и вертикальной (б) осью ротора: 1 — балансируемый ротор; 2 — опоры; 3 — рычаг весов; 4 — передвигаемый груз весов; 5 — опора-призма рычага; 6 — демпфер колебаний; 7 — станина

Один из способов нахождения статической неуравновешенности заключается в принудительном вращении ротора с регистрацией давления или колебаний (статическая балансировка в динамическом режиме). В этом случае применяют специальные балансировочные станки (рис. 2.37), чаще с вертикальной осью вращения. Сила, оказывающая давление на опоры или вызывающая колебание системы, $P = m_p e_{ст} \omega^2$, где m_p — масса ротора; ω — угловая скорость.

Ротор 1, насаженный на оправку шпинделя 2, вращающегося от электродвигателя 3, вызывает колебания системы относительно фиксированной оси (рис. 2.37, а), плоскости (рис. 2.37, б) или свободные колебания от связи со станиной 4 станка (рис. 2.37, в), которые фиксируются вибропреобразователем 5. В схеме с неподвижными опорами (рис. 2.37, г) регистрируется давление.

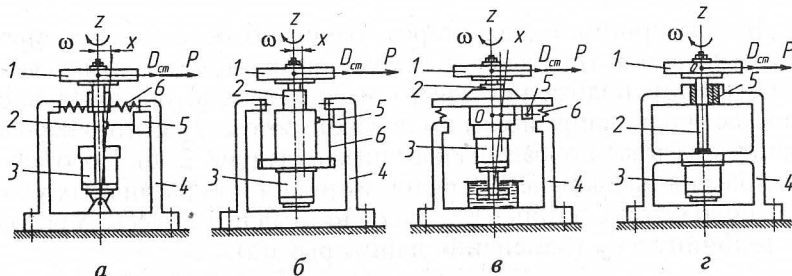


Рис. 2.37. Схема станков для статической балансировки в динамическом режиме

Система ротор — шпиндель — электродвигатель связана со станиной жестко или пружинами 6. Вибропреобразователь является первым звеном системы измерения угла и значения дисбаланса. Характеристика оборудования для статической балансировки приведена в табл. 2.21.

2.14.4. Способы и средства динамической балансировки сборочных единиц

Отклонение от параллельности оси вращения ротора его главной центральной оси инерции может быть выявлено при вращении сборочной единицы или детали на специальном балансировочном станке. Обычно действие на ротор главного момента и главного вектора заменяют действием эквивалентных систем. При вращении неуравновешенных масс, находящихся от оси на расстоянии e , возникают центробежные силы, пропорциональные дисбалансам в плоскостях опор:

$$F_A = m_A e_A \omega^2; \quad F_B = m_B e_B \omega^2.$$

Эти силы вызывают давление или вибрации в опорах ротора станка и через вибропреобразователи различных типов фиксируются соответствующей измерительной системой.

Данный способ выявления дисбалансов не является единственным, но практически во всех балансировочных станках используется именно он.

Балансировочные измерительные приборы, позволяющие получать информацию о дисбалансах ротора при балансировке на месте (в собственных подшипниках), действуют так же.

Таблица 2.21

Характеристика технологического оборудования для статической балансировки

Оборудование	Положение оси ротора	Остаточный удельный дисбаланс, мкм	Режим балансировки	Рисунок
Стенд: с роликовыми опорами с дисковыми опорами с параллельными призмами с шарикоподшипником и наложением вибрации с аэростатическими опорами Балансировочные весы	Горизонтальное	30–80 15–25 10–80 8–15 3–8 5–20	Статический	2.32, а 2.32, б 2.33 2.34 2.35 2.36, а
Балансировочные весы Станок: с неподвижными опорами и пьезопреобразователем с фиксированной осью колебания с фиксированной плоскостью колебания без жестких связей ротора с окружающей средой	Вертикальное	10–20 0,5–2,0 2–6 1–3 1–2	Динамический	2.36, б 2.37, а 2.37, б 2.37, в

Балансировку на месте осуществляют с помощью балансировочного комплекта, который по ИСО 2371–72 включает измерительный вибропреобразователь, фильтр, индикатор амплитуды колебаний, индикатор частоты и другие специализированные приборы.

Балансировочные станки различают по виду (для статической и динамической) и режиму балансировки (в статике и динамическом режиме, т.е. с вращением ротора), по рабочей частоте вращения ротора (дорезонансные, резонансные, зарезонансные), типу роторов (горизонтальные и вертикальные), степени автоматизации (неавтоматические, полуавтоматические, автоматические), числу и специализации рабочих позиций (станки и линии) и др.

Технические данные балансировочных станков

Модель станка	Масса балансируемого ротора, кг	Расстояние между опорами, мм	Наибольший диаметр ротора, мм	Диаметр цапф, мм
<i>Горизонтальные</i>				
9713	0,1–10	500	350	20–120
8764	0,1–10	700	600	40–200
9714	0,3–30	700	500	40–200
9703	0,01–0,3	130	80	16
9A711	0,01–1,0	250	180	110
9710	0,3–30	360	270	3–30
9712	0,3–30	350	250	130
ДБ-10	0,3–10	500	500	40
9715	1–100	1 000	850	90
9715P	1–100	100	850	11–90
9716	3–300	1 400	1 100	125
9717	10–1 000	2 000	1 500	190
MC903	100–1 000	2 500	1 400	150
9718	30–3 000	2 800	2 000	250
9719	100–10 000	4 000	2 600	355
9719Б	300–30 000	5 600	3 500	500
<i>Вертикальные</i>				
MC971	20–200	–	700	–
9765	1–100	–	1 000	–
9766	3–300	–	1 500	–

Общий вид горизонтального станка ДБ-10 для динамической балансировки приведен на рис. 2.38. Ротор 1 с оправкой устанавливают на опоры станка 2 и приводится во вращение ременным приводом 3 от электродвигателя 4. Колебания ротора на опорах дают измерительной системе информацию о величине угла и значении дисбаланса. Технические данные серийных балансировочных станков приведены в табл. 2.22.

В технической характеристике балансировочного станка для жестких роторов по ИСО 2953 указывают тип, массу и размеры балансируемого ротора, диапазон показаний балансировочного станка, указания о приводе станка и другие параметры.

Таблица 2.22

для динамической балансировки

Дисбаланс ротора, мкм	Порог чувствительности, мкм	Частота вращения при балансировке, об/мин	Мощность привода, кВт	Масса станка с электрооборудованием, кг
<i>универсальные станки</i>				
–	2–1	1 800; 4 000	0,50	400
–	10–3	1500	1,15	800
–	2–1	8 000; 1 800; 2 600	0,80	500
–	0,1	1 500–5 500	0,01	13,5
200	0,3	2 000; 4 000	0,40	100
2 000; 4 000	0,3	1 400–2 800	0,12	60
200	0,3	11	0,40	100
–	0,05–0,3	1 500–2 500	1,20	565
1 500	2,5–1,0	400–3 200	1,2	2 040
1 000–1 500	1,0–0,5	600–6 200	2,9	775
1 500	2,5–1,0	315–2 500	2,1	2 250
1 500	2,5–1,0	210–2 000	5,4	4 500
750	5–1	700	12,5	4 900
1 500	2,5–1,0	200–1 600	19	8 000
1 500	2,5–1,0	200–1 250	42	10 500
1 500	2,5–1,0	200–1 000	1 000	40 000
<i>станки</i>				
500	10	520; 790	2,1	1 400
1 000–500	10–4	600; 900	3	2 125
1 000–500	10–5	480; 960	10	2 360

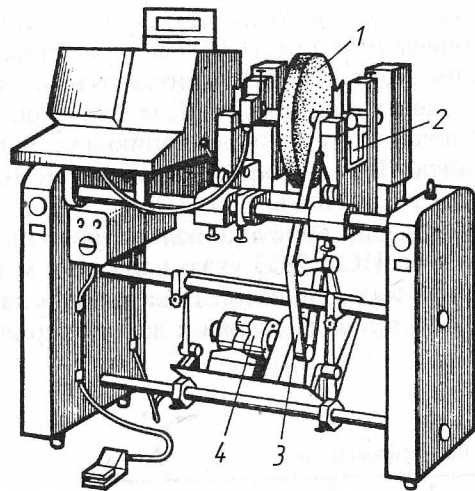


Рис. 2.38. Станок ДБ-10 для динамической балансировки

Предельные габариты ротора для горизонтальных станков характеризуются диаметрами (наибольшим над станиной, наибольшими и наименьшими диаметрами вала для приводного ремня), а также осевыми размерами (наибольшим и наименьшим расстояниями между цапфами, наибольшим расстоянием от соединительной муфты до середины наиболее удаленного подшипника и наименьшим расстоянием от этой муфты до середины ближайшего подшипника).

Возможности вертикальных станков характеризуются предельными габаритами ротора, включая габариты шпинделя или планшайбы, а также максимальной высотой центра масс ротора.

Для всех станков важными показателями являются диапазон масс балансируемых роторов и максимальный момент инерции ротора относительно оси вала. Наибольшее произведение массы ротора на квадрат радиуса вращения влияет на число включений и остановок (циклов) станка в час, на время разгона ротора до заданной частоты вращения.

Возможности станка характеризуют наибольшим измеряемым на нем дисбалансом для данного ротора и наименьшим достигаемым остаточным дисбалансом — порогом чувствительности станка.

Мерой общей эффективности балансировки на станке служит коэффициент уменьшения дисбаланса (в процентах):

$$k = \frac{D_1 - D_2}{D_1} = 1 - \frac{D_2}{D_1}, \quad (2.24)$$

где D_1 — начальный дисбаланс в данной плоскости; D_2 — дисбаланс после одной корректировки масс в этой же плоскости корректирования.

Для привода станка, выбираемого для выполнения операции, должны быть известны: частота вращения при балансировке (об/мин) или диапазон бесступенчатого регулирования, номинальный (при трогании) и максимальный вращающий моменты на роторе ($\text{Н} \cdot \text{м}$); тип привода ротора (торцовый привод от муфты или ленты, ременный привод, привод магнитным полем, роликом, струей воздуха и т.п.); мощность; тип; частоты вращения; напряжение и сила тока; частота и фазы переменного тока двигателя; способ торможения двигателя и детали и т.п.

Станки с двумя и более плоскостями измерения дисбаланса имеют специальные системы, исключающие взаимное влияние этих плоскостей. Сигнал в измеряемой плоскости должен быть только от дисбаланса, находящегося в данной плоскости.

2.14.5. Способы устранения дисбалансов ротора

Для уменьшения дисбалансов ротора используют так называемые корректирующие массы, которые удаляют из ротора или добавляют к нему, а также перемещают по ротору.

Корректирующую массу удаляют по показаниям балансирующего оборудования различными технологическими методами: опиливанием, отламыванием специальных приливов, точением, фрезерованием, шабрением, шлифованием, сверлением. В приборостроении используют также электроискровую, электрохимическую, лазерную, электронно-лучевую и другие обработки с малым съемом материала в единицу времени.

Корректирующую массу в противофазу дисбаланса ротора добавляют приваркой, клепкой, пайкой, привертыванием специальных элементов определенной массы и на определенном радиусе. Материал корректирующей массы наносят на ротор также напылением, наплавлением и другими методами.

Если в процессе эксплуатации сборочных единиц наблюдается непрерывное режимное изменение дисбаланса под действием износа, переменных нагрузок, применяют УБУ и АБУ, позволяющие в заданный момент проводить корректировку масс. УБУ имеют специальные конструктивные элементы (втулки, секторы, сухари, шары, винты), перемещаемые в определенное место ротора.

Точность балансировки. Точность балансировки характеризуется произведением удельного дисбаланса $e_{\text{ст}}$ на наибольшую частоту вращения ротора в эксплуатационных условиях $\omega_{\text{э max}}$.

На основании этого критерия ГОСТ 22061–76 предусматривает 13 классов точности (от 0 до 12). При назначении класса точности сборочных единиц используют данные, приведенные в табл. 2.23.

Таблица 2.23

Классы точности балансировки сборочных единиц, относящихся к жестким роторам

Класс точности	Типы жестких роторов
1	Шпиндели прецизионных шлифовальных станков, гироскопы
2	Приводы шлифовальных станков
3	Турбокомпрессоры, турбонасосы, приводы металлорежущих станков, роторы электродвигателей с повышенными требованиями к плавности хода
4	Роторы общих электродвигателей, крыльчатки центробежных насосов, маховики, вентиляторы, барабаны центрифуг
5	Роторы сельскохозяйственных машин, карданные валы, коленчатые валы двигателей с повышенными требованиями к плавности хода
6	Колеса легковых автомобилей, бандажи, колесные пары
7	Коленчатый вал с маховиком, муфтой сцепления, шкивом высокооборотного шестицилиндрового дизельного двигателя
8	То же для четырехцилиндрового дизельного двигателя
9	То же для четырехтактного двигателя большой мощности
10	То же для двухтактного двигателя большой мощности
11	То же для низкооборотного судового дизеля с нечетным числом цилиндров

Точность технологической операции зависит от выбранного метода корректировки масс, конструкции ротора и других факторов [3].

2.15. Сварные, паяные и клеевые соединения

Сварка. Сваркой получают неразъемные соединения при местном нагреве материалов соединения до расплавленного или пластического состояния. Сварочный процесс часто входит в поток сборки машины или ее сборочных единиц.

Сварку осуществляют дугой, плазмой, электросопротивлением, трением, токами высокой частоты, взрывом, ультразвуком, применением ультрабольших пластических деформаций, лазером, электронным лучом и др.

Новейшие достижения в области сварки позволяют создавать неразъемные соединения деталей практически из всех материалов и сплавов. Свариваемость материалов характеризуется степенью однородности сварного шва и прочностью соединения. С помощью сварки можно соединить детали из разнородных материалов. Совершенно не свариваются нержавеющая сталь с алюминиевыми сплавами, хромистая сталь с медными сплавами.

Применяемые методы сварки подразделяют на две основные группы: сварка плавлением и сварка давлением. Сварка плавлением осуществляется расплавлением материалов соединяемых деталей и присадочного материала. Плавление материалов в местах соединения деталей достигается различными способами: электрической дугой в воздухе или в среде защитных газов, газовой ацетилено-кислородной горелкой. Газовая сварка обеспечивает большую плотность соединений, чем электродуговая, однако прочность их ниже.

Сварка давлением осуществляется нагревом свариваемых мест до пластического состояния материалов с последующим сдавливанием. Она производится с помощью различных видов электрической контактной сварки.

В связи с широким использованием в конструкциях машин пластмасс (полиэтилена, винипласта, полихлорвинила, полистирола, органического стекла и др.) возникла необходимость сварки деталей и из этих материалов. Для этой цели применяют тепловые виды сварки и сварку нагревом ТВЧ. Например, сварка винипласта производится проволокой из слабо пластифицированного полихлорвинила. Расплавление материала по месту сварки производится воздухом, нагретым сварочным пистолетом до

210–225 °С и поступающим под давлением 0,05 МПа. Сварку пластмассовых деталей или пластмассы с металлическими вставками осуществляют с помощью ультразвука, время выполнения этой операции 0,5–1,0 с.

В машиностроении распространены следующие методы сварки: контактная — точечная и шовная; дуговая — полуавтоматическая и автоматическая под слоем флюса или в среде защитных газов (аргон, гелий, углекислый газ); электрошлаковая; ультразвуковая. Аргонодуговая сварка применяется для сварки алюминиевых и магниевых сплавов, нержавеющей стали. Электрошлаковая сварка (принципиально новый способ сварки металла неограниченной толщины) внедрена в тяжелое машиностроение для сварки больших станин различных машин.

Быстрое внедрение электросварки в производство в значительной степени зависит от использования механизированных и автоматизированных сборочно-сварочных приспособлений и установок, часто определяющих общую производительность сборочно-сварочных работ.

На рис. 2.39 показано поворотное сборочно-сварочное приспособление. В раме этого приспособления по фиксаторам 1 укладывают детали, собираемые под сварку, и закрепляют их зажимами 2. Поворотные приспособления позволяют повысить точность сборки, качество сварки и производительность труда.

При сборке в серийном производстве в корпусе машины часто приходится устанавливать и приваривать большое число разнообразных мелких деталей: резьбовых шпилек и втулок, крючков, скоб (рис. 2.40, а) и др. Эти операции эффективно выполняют с помощью сварочного пистолета, созданного в институте им. Е.О. Патона (рис. 2.40, б). Шпильку зажимают сменным зажимом пистолета и нажатием кнопки включают постоянный ток 10–15 А на 0,1 с. Между торцом шпильки и поверхностью детали возникает электрическая дуга, оплавляющая конец шпильки и участок детали под ней. Затем ток автоматически отключается и шпилька под действием пружины вдавливается в расплавленный металл.

Приварка шпилек с помощью пистолета может быть осуществлена под слоем флюса, в среде защитного газа (аргона), с использованием защитных керамических колец и без защиты от атмосферного воздуха. Производительность пистолета 500–800 шпилек в смену.

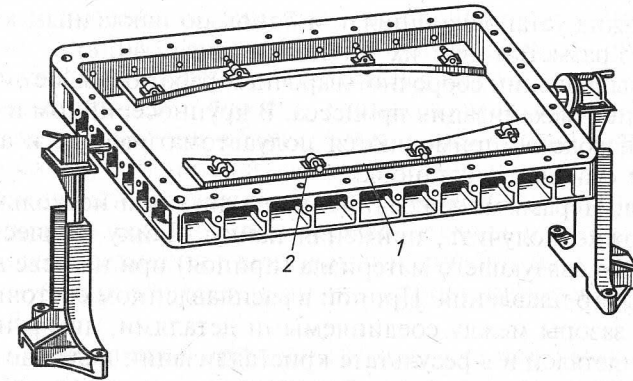


Рис. 2.39. Поворотное сборочно-сварочное приспособление

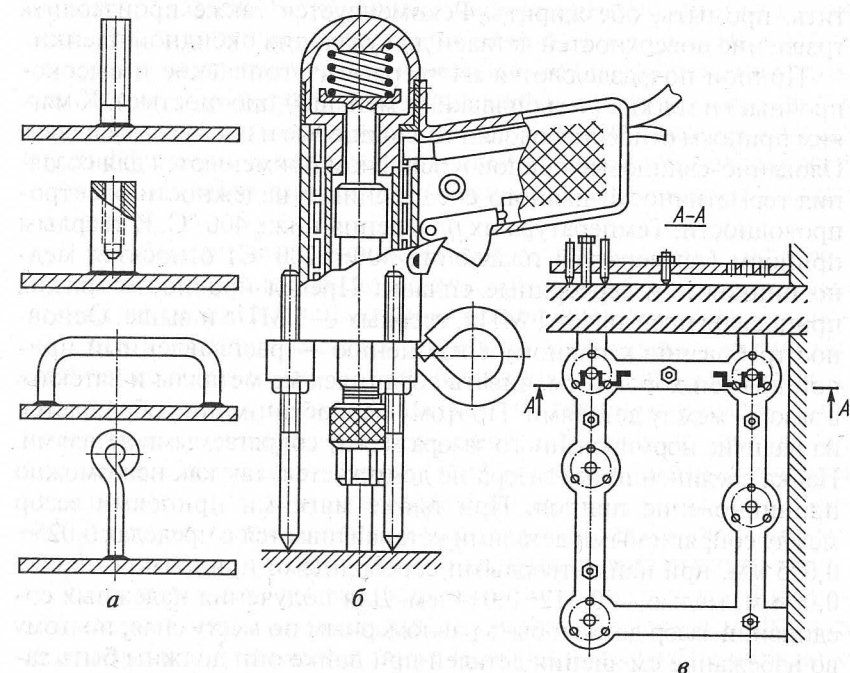


Рис. 2.40. Автоматическая приварка мелких деталей специальным пистолетом: а — привариваемые детали; б — пистолет для приварки; в — установка деталей с применением накладных кондукторов

Возможна установка шпилек и бонок по накладным кондукторам без разметки мест их установки (рис. 2.40, в).

При выполнении сборочно-сварочных работ большое значение приобретает механизация процесса. В крупносерийном и массовом производстве применяются полуавтоматические и автоматические сварочные установки.

Пайка. Неразъемное соединение из двух или нескольких деталей можно получить, применяя пайку. Пайку осуществляют с помощью связующего материала (припоя) при нагреве до температуры его плавления. Припой в расплавленном состоянии заполняет зазоры между соединяемыми деталями, диффундирует в металл деталей и в результате кристаллизации надежно скрепляет их.

Соединяемые детали необходимо подготовить к пайке, на местах под спай не должно быть грязи, коррозии. Эти места следует зачистить, промыть, обезжирить. Рекомендуется также производить травление поверхностей деталей для удаления оксидной пленки.

Припои подразделяются на твердые (тугоплавкие и высокопрочные) и мягкие (легкоплавкие с меньшей прочностью). К мягким припоям относятся оловянно-свинцовые и висмутные сплавы. Оловянно-свинцовые припои в основном применяются для создания герметичности паяного соединения и надежности электропроводности. Температура их плавления ниже 400 °С. К твердым припоям (температура плавления 400–1200 °С) относятся медно-цинковые и серебряные сплавы. Предел прочности мягких припоев не превышает 1 МПа, твердых — 5 МПа и выше. Основное требование к паяному соединению — расплавленный припой должен хорошо смачивать соединяемые металлы и затекать в зазоры между деталями. Поэтому особое внимание обращается на наличие нормированного зазора между сопрягаемыми деталями. Пайка соединений без зазора не допускается, так как невозможно проникновение припоя. При пайке мягкими припоями зазор между сопрягаемыми деталями устанавливается в пределах 0,025–0,075 мм, при пайке твердыми серебряными припоями — 0,05–0,08 мм, медью — 0,012–0,014 мм. Для получения надежных соединений зазор должен быть равномерным по месту спая, поэтому во избежание смещения деталей при пайке они должны быть зафиксированы.

Виды и назначение припоев оговорены соответствующими стандартами и назначаются исходя из конструктивных требований.

При подготовке соединения для пайки необходимо особое внимание уделить выбору формы припоя (фольга, проволока, пруток, труба с внутренней набивкой флюсом, порошок, паста из порошка припоя и флюса), а также возможности его надежного размещения при сборке соединения. Поскольку припой менее прочен, чем металлы деталей, площадь паяного соединения должна быть больше площади поперечного сечения наиболее тонкой из соединяемых деталей. Исходя из этого широко используют соединения внахлестку и втулочные, а соединения встык — редко. Рекомендации по выбору припоев приведены в табл. 2.24

В качестве припоя при толстых швах для получения высокопрочных соединений применяют металло-волоконистые сталемедные прослойки, которые получают суспензированием коротких металлических волокон в глицерине с последующим прессованием и прокаткой. В прослойке стальное волокно армирует слой меди. В них соотношения стали и меди от 1:1 до 1:2. При пайке место спая нагревают выше точки плавления припоя, при этом капилляры, образующиеся из металловолокна, дают возможность лучше заполнить пространство стыка. Волокна также действуют как диффузионные каналы с большим отношением поверхности к объему. На этом принципе основано получение и других видов припоев.

Для обеспечения смачиваемости металла детали припоем и очистки сопрягаемых поверхностей от жирных и оксидных пленок применяют специальные химические вещества — флюсы. Они подразделяются на защитные и химически активные. При пайке мягкими припоями применяют защитные флюсы — канифоль, хлорид цинка, нашатырь, фосфорную кислоту. Они предохраняют очищенные поверхности деталей от окисления при нагреве в процессе пайки. При пайке твердыми припоями используют химически активные флюсы — буру в смеси с борной кислотой, плавиковый шпат, а также их смеси с различными окислителями или солями щелочных металлов. Однако впоследствии флюсы могут вызвать коррозию, поэтому после пайки необходимы очистка соединения от остатков флюса и промывка соединения. Применяются также газообразные флюсы на основе метилбората и фторида бора.

Флюсы применяют в виде порошка, пасты, жидкости и газообразные. Их наносят на кромки соединяемых деталей до пайки.

Таблица 2.24

Некоторые металлы и виды припоев

Материал деталей	Припой					
	Медно-цинковый	Латунь с добавкой олова и кремния	Медно-фосфористый	Медь — серебро — цинк	Медь — серебро — фосфор	Медь — серебро — цинк — кадмий
Медь	+	+	+	++	++	++
Сплавы меди	—	—	—	++	++	++
Сталь малоуглеродистая и легированная	+	++	—	+	—	+
Ковкий чугун	+	++	—	++	—	++

Примечание. ++ рекомендуется; + — допускается; — — не рекомендуется.

Технологический процесс пайки включает следующие операции: подготовка сопрягаемых поверхностей под пайку, сборка соединения, нанесение флюса и припоя, нагрев места спая, промывка и очистка шва.

Способы нагрева следующие: нагрев паяльником (обычный медный паяльник, ультразвуковой, абразивный), горелкой (ацетилено-кислородной, бензиновой или газовоздушной), в печи — печная пайка, погружение в горячие растворы, непосредственный нагрев (дуговой, индукционный и контактный).

Пайка ультразвуком требует применения генератора ультразвуковой частоты и электропаяльника с ультразвуковым магнито-стрикционным вибратором (рис. 2.41). Этот метод рационально применять для пайки мягкими припоями деталей из алюминия и алюминиевых сплавов, а также пайки неметаллических материалов. Пайка производится без флюса, так как высокочастотные колебания разрушают оксидную пленку в расплавленном припое.

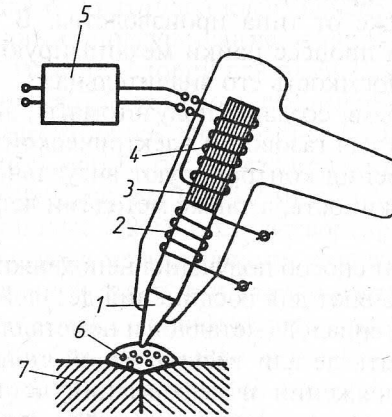


Рис. 2.41. Схема пайки ультразвуковым паяльником: 1 — рабочий наконечник паяльника; 2 — электрическая обмотка для нагрева паяльника; 3 — ферромагнитный стержень; 4 — обмотка возбуждения ультразвука; 5 — высокочастотный генератор; 6 — расплавленный припой; 7 — оксидная пленка

Такое же назначение абразивного паяльника. Оксидная пленка с поверхности алюминиевой детали удаляется в процессе пайки механически — при трении абразива, запрессованного в стержень паяльника.

В крупносерийном и массовом производстве пайку производят в ваннах и газовых печах, широко используется электронагрев. При пайке в печи изготавливают сложные узлы из большого числа деталей. В печах с восстановительной или инертной атмосферой и в вакуумных печах исключается применение флюса, что снижает трудоемкость процесса пайки.

При одновременном соединении значительного числа деталей, например при пайке радиаторов, применяют пайку погружением в расплавленный припой с использованием флюса. Такая пайка производится с применением мягких припоев.

Широко применяется при пайке индукционный нагрев ТВЧ. Нагрев сосредоточивается вблизи места спая, так как форма индуктора соответствует форме соединяемых деталей, что предохраняет их от деформации и окисления. Такой процесс пайки позволяет осуществлять нагрев групп одноименных узлов и механизировать его.

Способ нагрева при пайке зависит от температуры плавления припоя, материалов, размеров соединений, предъявляемых к ним требований, а также от типа производства. В зависимости от типа производства процесс пайки механизмируют и автоматизируют, так как трудоемкость его значительна.

В настоящее время созданы полуавтоматы, автоматы и автоматические линии для газовой и электрической пайки.

Паяные соединения контролируют визуально, проверкой на прочность, герметичность, а также методами дефекто- и рентгеноскопии.

Склеивание. Этот способ получения неподвижных неразъемных соединений применяют для соединения деталей из однородных и разнородных материалов (металлов и неметаллов). Склеивание позволяет соединять детали весьма малой толщины, избежать значительных напряжений и деформаций деталей и получать герметичные соединения, уменьшает массу конструкций. Опыт широкого использования клеевых соединений в машиностроении свидетельствует о их высокой надежности.

Выбор клея зависит от материалов соединяемых деталей и от условий, в которых будут эксплуатироваться соединения. Требования, предъявляемые к клеям: надежное молекулярное сцепление (адгезия) с поверхностями склеиваемых деталей, термостойкость, стойкость к воздействию кислот, щелочей, масел, бензина и воды, длительное сохранение клеящей способности после приготовления.

В производстве используют клеи конструкционные (жесткие) и неконструкционные (эластичные). Конструкционные клеи применяют, если по условиям работы требуется высокая прочность соединения на сдвиг (до 50–55 МПа) и на отдир (до 250–270 Н/см). Неконструкционные клеи менее прочны, они обеспечивают прочность на сдвиг до 5 МПа и на отдир до 70 Н/см.

Марку клея выбирают при конструировании изделия или сборочной единицы в зависимости от условий их работы (нагрузка, температура, агрессивность среды — вода, кислота, щелочь, бензин и др.).

Для обеспечения надлежащей прочности большое значение имеет толщина слоя клея, которая изменяется в пределах 0,01–0,1 мм. При большей толщине в процессе затвердевания слой клея может растрескаться и отойти от поверхности детали. Шероховатость поверхности способствует повышению прочности клеевого соединения.

Процесс склеивания включает ряд операций: подготовка поверхностей деталей, подготовка клея, нанесение клея на сопрягаемые поверхности, подсушивание, сопряжение склеиваемых поверхностей, создание условий для отверждения клея, зачистка наружных поверхностей, контроль соединения.

Подготовка поверхностей заключается в их очистке травлением, дробеструйной обработке, обезжиривании. Шероховатость поверхностей в пределах Ra 0,4–3,2 мкм. Детали из малоуглеродистой стали очищают в 25%-ном растворе фосфорной кислоты или 10%-ном растворе метилсиликата, подогретых до 60 °С. Детали из нержавеющей стали очищают в растворе щелочи; алюминия — в смеси 30 масс. ч. дистиллированной воды, 10 масс. ч. концентрированной серной кислоты и 1 масс. ч. бихромата натрия; из меди и латуни — в азотной кислоте. Затем детали тщательно промывают в проточной воде, сушат и обезжиривают, т.е. протирают поверхности деталей растворителями (бензин, ацетон) или промывают моющими растворами в моечных установках.

Клей готовят в специальных помещениях с соблюдением правил техники безопасности. Этот процесс состоит в смешивании необходимых (в соответствии с маркой клея) компонентов в определенной пропорции и последовательности при установленной температуре. На участок склеивания клей поступает в специальных плотно закрывающихся сосудах из нержавеющей стали.

На сопрягаемые поверхности клей наносят кистью, пульверизатором, шпателем (фанерным или резиновым из упругой листовой резины), роликом, покрытым фетром, шприцем или с помощью специальной механизированной установки. При нанесении клея следует обращать внимание на равномерность его слоя. Норма расхода клея на один слой для различных конструкций из металлов, стеклоткани, текстолита составляет 150–250 г/м².

Подсушивание — это выдержка слоя клея в течение определенного времени для удаления из него растворителей. Время выдержки колеблется от 5 до 60 мин. После подсушивания производят соединение склеиваемых поверхностей деталей. Соединение поверхности целесообразно осуществлять не наложением, а надвиганием одна на другую во избежание попадания воздуха между склеиваемыми поверхностями. Затем соединенные поверхности сжимают с использованием прессы, струбины или других специальных приспособлений. В зависимости от формы поверхностей склеиваемых деталей и марки клея удельное давление составляет 0,05–2,0 МПа. При необходимости горячего отверждения одновременно осуществляют подогрев соединения в термостатах, конвейерных печах или с применением индукционного или диэлектрического электронагрева. Основные режимы склеивания приведены в табл. 2.25. Если процесс отверждения происходит без подогрева, то продолжительность выдержки значительно увеличивается и нередко составляет 30–36 ч.

Таблица 2.25

Режимы склеивания

Марка клея	$t, ^\circ\text{C}$	Давление, МПа	Выдержка до отверждения, ч
<i>Металлов</i>			
БФ-2 БФ-4	140–150	1,0–2,0	1
Карбинольный	20	0,05–0,30	24–30
ПК-5	80		6
ПУ-2М	105		4
ВС-10Т	180	0,05–0,20	1–2
ВС-10М		0,3–1,0	2–3
ВК-32-ЭМ	150	0,05–0,30	3
Л-4	120	0,01–0,03	4
ВК-32-200	180	1,0–2,0	1–2

Окончание табл. 2.25

Марка клея	$t, ^\circ\text{C}$	Давление, МПа	Выдержка до отверждения, ч
BC-350	200	0,1–0,20	2
K-153	25	0,010–0,015	16–20
BK-32-250	180	1,0–2,0	2
Неметаллических материалов			
ВИАМ-Б3	16	0,05–0,50	10–12
B-107	15	0,05–0,30	
ВИАМ-K12	16	0,05–0,50	8–10
ВИАМ-Ф9	18	0,05–0,30	12–15
K-17	15		6–8
B-31-Ф9	20	0,1–0,3	10–12
K-32-70	65	0,10–0,15	4
ПВ-16	20		
ВКТ-3		Без давления	10
BK-32-2			
АМК	105		
АК-20	18		8
№ 88	15		3
МАС-1	150	0,2–0,3	0,5
КТ-15	200		2

После окончания операции склеивания наружные поверхности соединения зачищают от подтеков клея. Контроль склеенного соединения осуществляют визуально, простукиванием или с применением ультразвуковых приборов. Дефекты склеивания следующие: непрочности, пониженная прочность, пористость, утолщенный или тонкий слой клея, трещины и расслаивание клеевой прослойки.

В производстве получили распространение клеи холодного отверждения типа циакрин, ВК-9, БОВ и другие, а также клеи из жидкого металла (ртуть, галлий и др.) и порошкообразного тугоплавкого металла (например, меди).

Для узлов, работающих при повышенных температурах и вибрации, применяют клеи высокой вибропрочности ВК-13 и ВК-13М в виде жидкости или пленки, отверждение которых происходит при 200 °С [4].

3. МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРОЧНЫХ РАБОТ

3.1. Проблемы механизации и автоматизации сборочных работ

Механизация и автоматизация слесарно-сборочных работ является важнейшей проблемой машиностроения, так как эти работы составляют значительную долю в общей трудоемкости изготовления машин. В зависимости от типа производства затраты времени на сборочные работы составляют (в процентах от общей трудоемкости изготовления машин): в массовом и крупносерийном производстве 20–30 %; в серийном производстве 25–35 %; в единичном и мелкосерийном производстве 35–40 %.

В различных отраслях машиностроения доля сборочных работ различна и приблизительно составляет (в процентах от общей трудоемкости изготовления машин и приборов): в тяжелом машиностроении 30–35 %; в станкостроении 25–30 %; в автомобилестроении 18–20 % и в приборостроении 40–45 %.

Следует отметить, что основная часть слесарно-сборочных работ — это ручные работы, т.е. немеханизированные работы, требующие больших затрат физического труда и высокой квалификации рабочих. Структура сборочных работ в различных отраслях машиностроения представлена в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Структура сборочных работ

Отрасль машиностроения	Работы, % от общего объема сборочных работ	
	механизированные	ручные
Тяжелое машиностроение	15–20	80–85
Станкостроение	22–25	75–78
Автомобилестроение	50–55	45–50
Тракторное и сельхозмашиностроение	40–50	50–60
Электромашиностроение	25–30	70–75

В промышленности пока автоматизировано около 7 % общего объема сборочных работ. Это обусловлено прежде всего следующими особенностями сборочных процессов:

1) сложностью и разнообразием объектов сборки и необходимой для этого оснастки;

3.2. Механизация технологических операций

- 2) коротким циклом операций сборки (иногда доли секунды);
- 3) жесткостью или упругостью деталей;
- 4) сложностью исполнительных движений рабочих органов манипуляторов, роботов и т.п.;
- 5) необходимостью регулировки, пригонки и учета малых допусков в сопряженных деталях.

В последние годы вопросам механизации и автоматизации технологических процессов сборки уделяется достаточно большое внимание и уже получены обнадеживающие результаты как в теоретическом, так и в практическом плане. Далее рассмотрены некоторые направления решения этой проблемы.

3.2. Механизация технологических операций

Оборудование сборочных цехов может быть разделено на две группы: технологическое, предназначенное непосредственно для выполнения работ по осуществлению подвижных или неподвижных сопряжений деталей, их регулировке и контролю в процессе узловой и общей сборки, и вспомогательное, назначение которого — механизация всех видов вспомогательных работ, объем которых при сборке изделий весьма значим.

Ниже приведены примеры сборочных устройств, предназначенных для механизации операций.

На рис. 3.1 показано приспособление для обеспечения точной установки охватываемой и охватывающей деталей при их соединении и механизации процесса. В данном случае корпус узла 1, в который запрессовывается подшипник 2, центрируется на бурте специальной подставки 6. Эта же подставка центрирует своим коническим отверстием скалку 3, по которой перемещается прессующий ползун 4. Упругая вставка 5, соединенная с ползуном, служит для центрирования и удержания подшипника до начала процесса сопряжения.

Для механизации технологических процессов сборки на машиностроительных предприятиях широко используют различные гайковерты, пневмо- и гидроскобы, электролобзочки и другие устройства.

Одним из направлений ускорения технологических процессов механической обработки в условиях серийного и массового производства является изготовление деталей машин на настро-

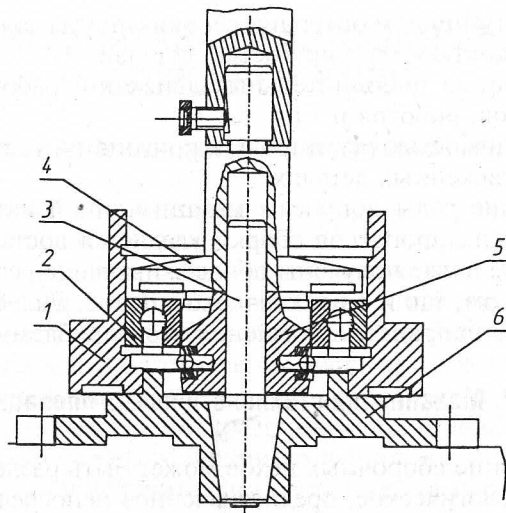


Рис. 3.1. Приспособление для запрессовки подшипников

енных станках методом автоматического получения заданных размеров. При использовании такого метода обработки деталей сопряжений с натягом типа «втулка — корпус», выполняющих роль подшипников скольжения, с условием полного использования полей допусков на сопрягаемые поверхности и отверстия втулок возникает сложная задача обеспечения требуемой точностью диаметральных размеров отверстий в партии запрессованных втулок.

На рис. 3.2 построены поля допусков для наружной и внутренней поверхностей втулок (1) и (3), а также для отверстий корпусов (2) до запрессовки. Запрессовка втулок приводит к появлению как минимальной $\Delta_{\min}$, так и максимальной $\Delta_{\max}$ усадки их отверстий (4):

$$\Delta_{\min} = \delta d_{\min} - \delta d_{0 \max}; \quad \Delta_{\max} = \delta d_{\max} - \delta d_{0 \min}.$$

Допуск на отверстия втулок — δd_1 (3) — является величиной, компенсирующей усадку этих отверстий при запрессовке, так как возможен вариант (5), когда

$$\Delta'_{\max} = \delta d_{\max} - \delta d_{0 \min} - \delta d_{1 \max},$$

причем $\Delta'_{\max}$ — усадка, находящаяся в зоне исправимого брака.

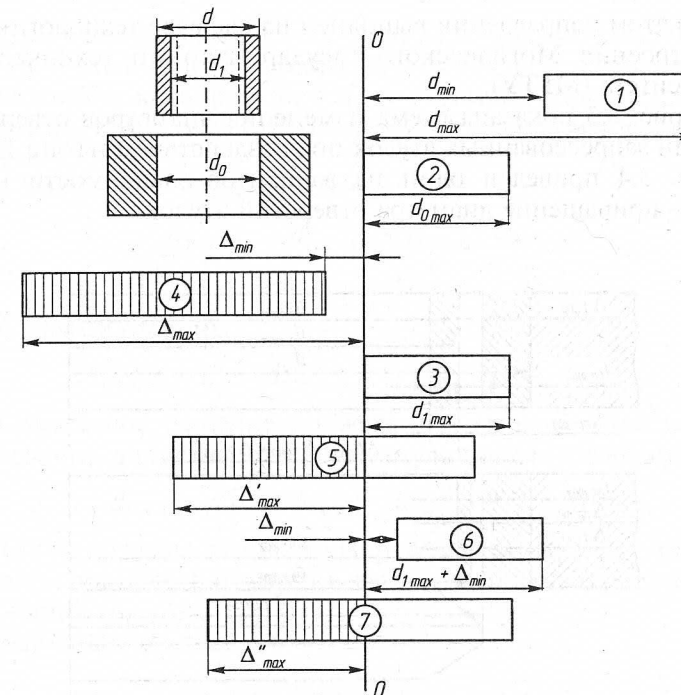


Рис. 3.2. Схема расположения полей допусков в партии «втулка — корпус»

Уменьшить брак можно корректировкой размеров отверстий втулок перед сопряжением, при этом нельзя допустить появления неисправимого брака. Из схемы расположения полей допусков (рис. 3.2) видно, что корректировку отверстий втулок необходимо производить в сторону их увеличения со смещением поля допуска от нулевой линии на величину $\Delta_{\min}$ (6). В этом случае имеет место наилучший вариант компенсации усадки (7). Однако и при таком варианте изготовления втулок после их сопряжения с корпусами имеет место брак — $\Delta'_{\max}$.

Наиболее перспективным способом получения заданных чертежом размеров отверстий запрессованных втулок является их калибрование в сопряженном состоянии методами поверхностного пластического деформирования (ППД) с использованием в качестве инструментов дорнов или ротационных протяжек. Комплекс теоретических, экспериментальных и конструкторских

работ в этом направлении выполнен на кафедре технологии машиностроения Могилевского государственного технического университета (МГТУ).

На рис. 3.3 показана схема изменения диаметров отверстий в партии запрессованных втулок под воздействием натяга ППД, на рис. 3.4 приведен один из вариантов зависимости натяг ППД — приращение диаметра отверстий втулок.

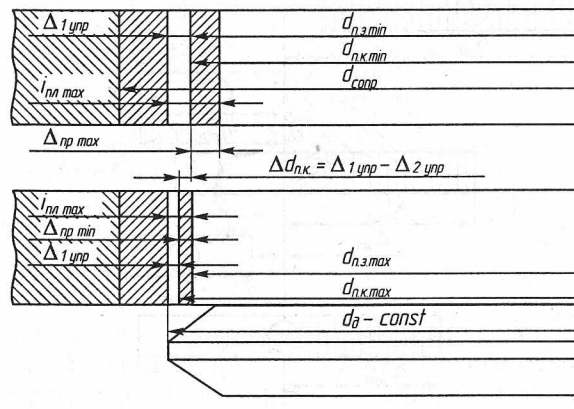


Рис. 3.3. Схема изменения диаметров отверстий в партии запрессованных втулок

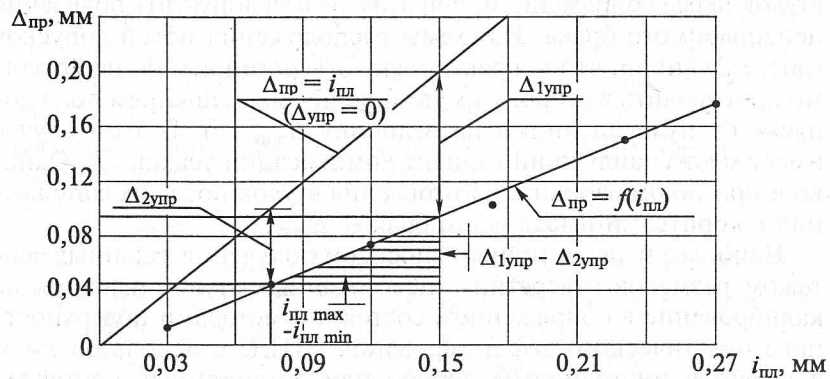


Рис. 3.4. Зависимость натяг ППД — приращение отверстий втулок

При этом приняты следующие условные обозначения: $d_{п.з}$ и $d_{п.к}$ — диаметры отверстий втулок после соответственно запрессовки и калибрования; d_d — диаметр дорна; $i_{пл}$ — натяг ППД; $\Delta_{пр}$ и $\Delta_{упр}$ — соответственно остаточная и упругая деформации.

Тогда можно записать (см. рис. 3.3):

$$d_{п.к \min} - d_{п.з \min} = i_{пл \max} - \Delta_{1упр};$$

$$d_{п.к \max} - d_{п.з \max} = i_{пл \min} - \Delta_{2упр}.$$

С другой стороны

$$i_{пл \max} = d_d - d_{п.з \min}, \quad i_{пл \min} = d_d - d_{п.з \max}.$$

Совместное решение приведенных зависимостей позволяет определить диаметры отверстий втулок после калибрования:

$$d_{п.к \min} = d_d - \Delta_{1упр}; \quad d_{п.к \max} = d_d - \Delta_{2упр}.$$

Таким образом, размах варьирования эмпирического распределения диаметров отверстий втулок равен разнице упругих деформаций ($\Delta_{1упр} - \Delta_{2упр}$).

Как видно из рис. 3.4

$$i_{пл \max} - i_{пл \min} > \Delta_{1упр} - \Delta_{2упр},$$

что позволяет сузить полигон распределения размеров отверстий в партии запрессованных втулок. Так, изменение натяга ППД от 0,11 до 0,19 мм приводит к приращению диаметров отверстий от 0,045 до 0,095 мм (рис. 3.4) и ожидаемый коэффициент уточнения равен $(0,08/0,05)1,6$.

Экспериментально-исследовательские работы показали, что использование дорнования или ротационного протягивания с целью калибрования отверстий в запрессованных втулках из стали и бронзы позволяет обеспечивать точность диаметральных размеров в пределах 8-го качества (ГОСТ 25346—82).

На рис. 3.5 показаны полигоны распределения диаметральных размеров отверстий партии втулок из стали 45, скрепленных со стальными корпусами по посадке $\varnothing 63H8/u8$. Полигон 1 характеризует распределение размеров до запрессовки, 2 — после запрессовки, 3 — после калибрования дорном диаметром 60,09 мм. Как видно из рис. 3.5, запрессовка увеличила разброс размеров с 0,06 до 0,09 мм, или в 1,5 раза, а дорнование сузило этот полигон

до 0,05 мм. Результаты статистических исследований показывают, что конусность и эллипсность с 0,04 мм после запрессовки уменьшаются до 0,021 мм после калибрования, а вероятность брака не превышает 0,65 %.

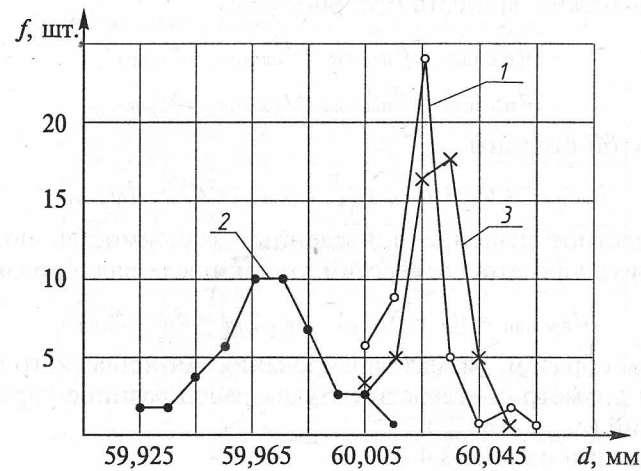


Рис. 3.5. Полигоны размеров отверстий втулок

Еще больший эффект по улучшению точностных параметров был получен при калибровании отверстий партии запрессованных бронзовых втулок, где поле допуска сузилось в 1,7 раза, до 0,04 мм, а конусность и эллипсность после калибрования не превышали 0,013 мм.

Кроме того, установлено, что калибрование позволяет увеличить износостойкость поверхностей на 40–80 % и существенно повысить прочность прессового соединения.

В результате того что продольное сопряжение втулок с корпусами, а также дорнование и ротационное протягивание осуществляют на оборудовании, выполняющем только одно рабочее движение — перемещение вдоль оси втулки, имеется возможность совмещения этих процессов.

На рис. 3.6 показана конструктивная схема приспособления, позволяющего механизировать процессы запрессовки втулок и калибрования отверстий в них.

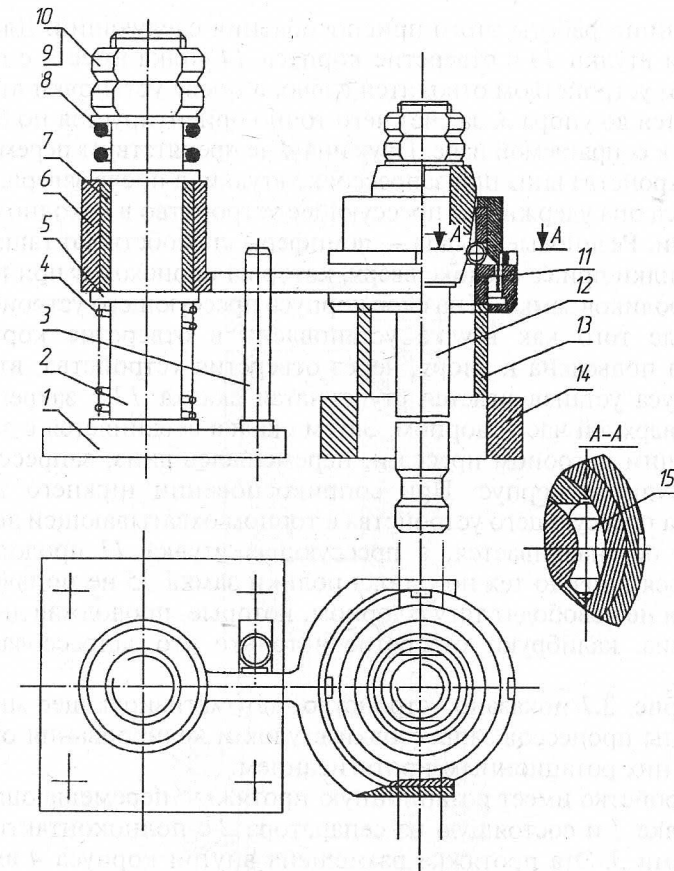


Рис. 3.6. Схема приспособления для механизации процессов запрессовки втулок и калибрования в них отверстий

Приспособление состоит из прессующего устройства 11, установленного на вилке 6 и предназначенного для совмещения операций прессования и калибрования. Вилка 6 посредством направляющей втулки 7, шайбы 5 и пружины 4 может вертикально перемещаться по скалке 2, находящейся на основании 1. Резиновые кольца 8 и гайки 9, 10 ограничивают крайнее верхнее перемещение вилки, а упор 3 — ее угловое перемещение.

Принцип работы этого приспособления следующий. Для установки втулки 13 в отверстие корпуса 14 вилка вместе с прессующим устройством отводится влево, а после установки втулки доводится до упора 3, за счет чего точно ориентируется по отношению к сопрягаемой паре. Пружина 4 не препятствует перемещению устройства вниз при запрессовке втулки, а после завершения процесса она удерживает прессующее устройство в исходном положении. Резиновые кольца — демпферы способствуют гашению удара вилки при ее отскоке вверх, который происходит при попадании роликов замка 15 на скос корпуса прессующего устройства.

После того как втулка установлена в отверстие корпуса, а вилка подведена к упору, через отверстия устройства, втулки и корпуса устанавливается ступенчатая скалка 12 с закрепленным в верхней части дорном. Затем скалка соединяется с захватывающим патроном прессы и, перемещаясь вниз, запрессовывает втулку в корпус. При соприкосновении нижнего торца корпуса прессующего устройства с торцом охватываемой детали корпус останавливается, а прессующая втулка 11 продолжает двигаться вниз до тех пор, пока ролики замка 15 не попадут на скосы и не освободят тягу с дорном, которые, продолжая движение вниз, калибруют отверстие в только что запрессованной втулке.

На рис. 3.7 показано устройство, автоматизирующее многие переходы процессов запрессовки втулок и калибрования отверстий в них ротационным протягиванием.

Устройство имеет ротационную протяжку, перемещающуюся по скалке 1 и состоящую из сепаратора 2 с полноконтактными роликами 3. Эта протяжка размещена внутри корпуса 4 вместе с заклинивающим механизмом, состоящим из шариков 5, равномерно расположенных в канавке сепаратора, втулки 6 и пружины 7. Регулирование усилия действия шариков на скалку производят при помощи четырех гаек (8–11). В верхней части сепаратора предусмотрен фиксатор, состоящий из шара 12, пружины 13 и винта 14.

Для свободного вращения и центрирования относительно обрабатываемого отверстия скалка соединена с нижним хвостовиком 15 посредством стакана 16 и винта 17 через промежуточный подшипник 18 и сферическую шайбу 19. Запрессовочный элемент состоит из регулировочных гаек 20 и 21, вкладыша 22, шаров 24 и направляющей части 25.

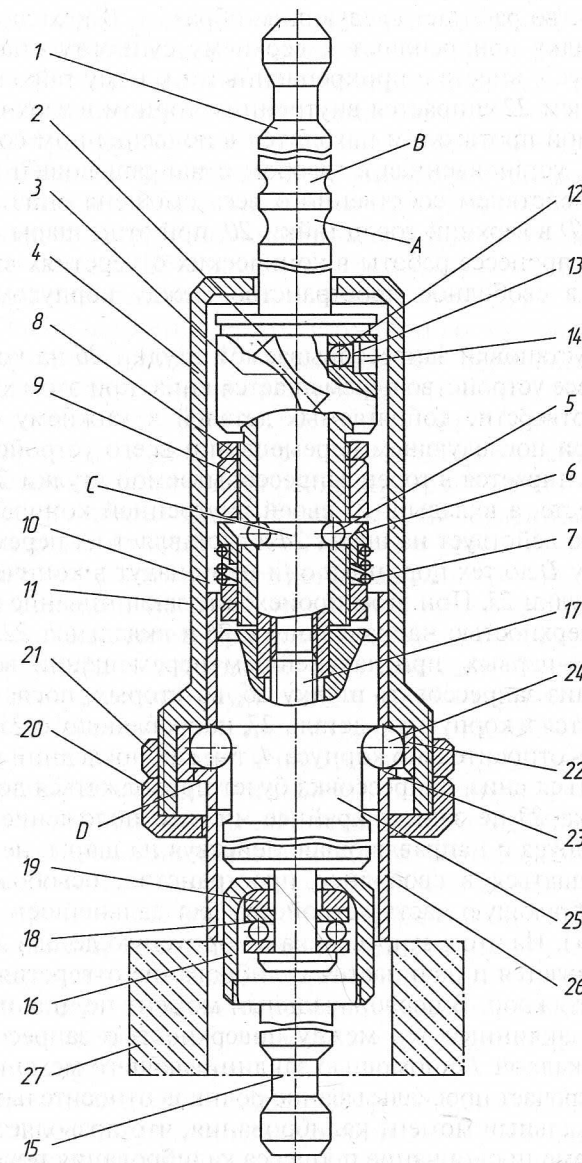


Рис. 3.7. Общий вид устройства для запрессовки втулок и калибрования отверстий ротационным протягиванием

Устройство работает следующим образом. В исходном положении скалку прикрепляют к верхнему суппорту станка. При этом корпус 4 вместе с прикрепленными к нему гайками 20, 21 и вкладышем 22 упирается внутренним торцом в верхний торец ротационной протяжки и находится в подвешенном состоянии. Втулка 23, установленная с зазором с направляющей и корпусом, под действием собственного веса смещена вниз до упора выступом D в верхний торец гайки 20, при этом шары 24, находящиеся в процессе работы в конических отверстиях втулки 23, смещены в свободное пространство между корпусом и этой втулкой.

После установки запрессовываемой втулки 26 на корпусную деталь 27 все устройство перемещается вниз, при этом хвостовик входит в отверстие сопрягаемых деталей к нижнему суппорту станка. При последующем перемещении всего устройства вниз втулка 23 упирается в торец запрессовываемой втулки 26 и остается на месте, а вкладыш 22 своей внутренней конической поверхностью действует на шары 24 и заставляет их перемещаться по выступу D до тех пор, пока они не попадут в конические отверстия втулки 23. При этом происходит заклинивание шаров 24 между поверхностью направляющей 25 и вкладыша 22. Это позволяет, во-первых, при дальнейшем перемещении всего устройства вниз запрессовать втулку 26, во-вторых, после того как гайка упрется в корпусную деталь 27, направляющую 25 и втулку 23 смещать относительно корпуса 4, так как последний не может перемещаться вниз. Запрессовка будет продолжаться до тех пор, пока втулка 23 не займет крайнее нижнее положение относительно корпуса и направляющей, действуя на шары, не заставит их перемещаться в свободное пространство, освобождая при этом калибрующую часть устройства для дальнейшего перемещения вниз. На этом запрессовка в корпусную деталь 27 втулки 26 заканчивается и начинается калибрование отверстия ротационной протяжкой. В первоначальный момент полноконтактные ролики 3 заклиниваются между поверхностью запрессованной втулки и скалкой 1 с помощью заклинивающего механизма, который исключает проскальзывание роликов относительно скалки в первоначальный момент калибрования, что позволяет совместить по времени окончание процесса калибрования поверхности и попадания роликов 3 в выточку A. После заклинивания полноконтактных роликов между поверхностью запрессованной втулки 26

и скалки 1 при перемещении последней давление на шарики 5 начинает возрастать, и, при достижении определенного значения, установленного гайками 8–11, они выходят из выточки C, смещая подпружиненную втулку 6 вниз, давая тем самым возможность ротационной протяжке свободно калибровать поверхность. После калибрования всей поверхности ролики 3 размещаются в выточке A скалки 1 и параллельно с этим шар 12 попадает в выточку B и удерживает ротационную протяжку в таком положении.

Затем хвостик 15 открепляют от нижнего суппорта станка, а скалка 1 присоединяется к верхнему суппорту и начинает поступательное движение вверх. Ротационная протяжка свободно выходит из отверстия. При дальнейшем перемещении скалки ротационная протяжка также будет подниматься до достижения сепаратором 2 внутреннего торца корпуса 4, при этом усилие, действующее на шар 12 фиксатора, начнет возрастать из-за невозможности ротационной протяжки перемещаться вверх и, при достижении определенной величины, установленной винтом 14, шар 12 выйдет из выточки B. При этом ротационная протяжка будет перемещаться вниз под действием собственного веса, пока шарики 5 не попадут в выточку C на поверхности скалки.

Затем устройство возвращают в исходное положение. При помощи устройств механизации устанавливают новую корпусную деталь и запрессовываемую втулку, и цикл работы повторяется.

Однако приведенная конструкция устройства достаточно сложна и нетехнологична в изготовлении (например, заключительная обработка квазиэллипсоидных роликов 3).

Для упрощения описанного устройства в МГТУ создан дорн, который при возвращении в исходное положение сбрасывает свой настроечный размер, что дает ему возможность беспрепятственно проходить через только что дорнованное отверстие. Устройство для запрессовки втулок и калибрования в них отверстий, выполненное на базе такого дорна, показано на рис. 3.8. В данном случае дорн беспрепятственно проходит через отверстие запрессовываемой втулки и калибрует ее после запрессовки при обратном ходе устройства.

Устройство содержит ступенчатую направляющую оправку 1, с которой жестко связан прессующий элемент 2. Оправка через подшипник качения 3 соединена с приводом поступательного перемещения (не показан). Калибрующие элементы 4 и 5 выполнены в виде двух кольцевых секторов 6 и 7 каждый и смещены

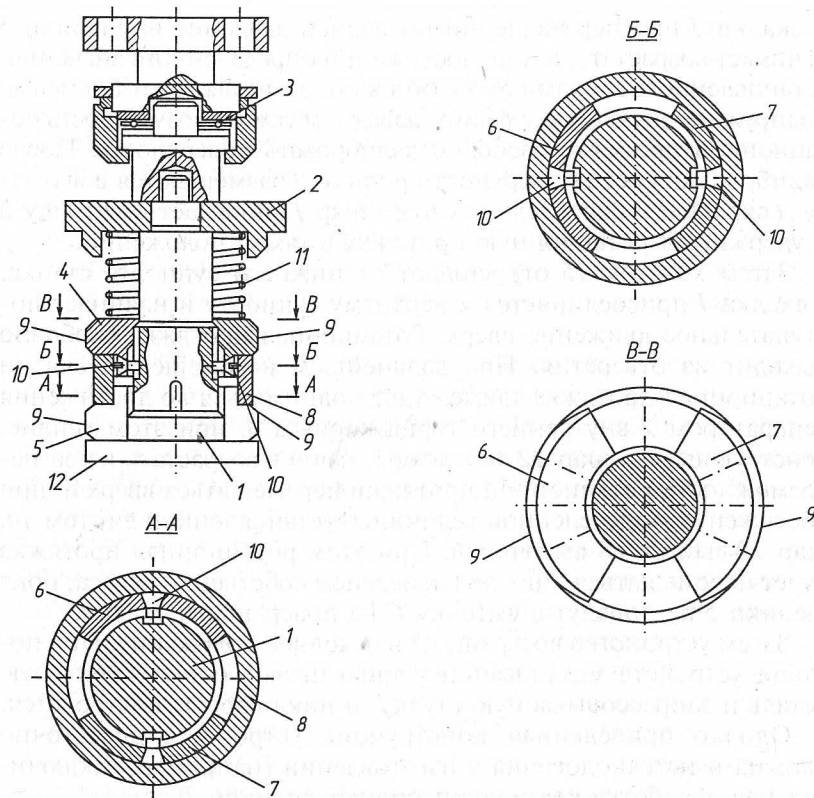


Рис. 3.8. Устройство для совмещения операций сборки втулок и дорнования в них отверстий

один относительно другого вдоль продольной оси оправки на величину установленной между ними разделительной втулки 8. Для получения качественной поверхности обрабатываемого отверстия деформирующие кромки 9 элементов 4 и 5 в сечении, перпендикулярном продольной оси оправки 1, расположены на протяжении всей окружности за счет взаимного перекрытия этих элементов. Кольцевые секторы 6 и 7 калибрующих элементов 4 и 5 ориентируются и удерживаются от выпадения разделительной втулкой 8, а также винтами 10. Между торцами прессующего элемента 2 и калибрующего элемента 4 размещена пружина сжатия 11, поджимающая элементы 4 и 5 к выступу 12 оправки 1.

Калибрующие элементы могут перемещаться вдоль продольной оси ступенчатой оправки 1.

Устройство (см. рис. 3.8) работает следующим образом. Запрессовываемую втулку устанавливают на базовую деталь соосно отверстию последней и продольной оси устройства. Ступенчатую оправку перемещают приводом к запрессовываемой втулке. При этом калибрующий элемент 5 упирается в торец втулки и вместе с элементом 4 и разделительной втулкой 8, сжимая пружину 11, перемещается вдоль продольной оси оправки. Во время этого перемещения калибрующие элементы сдвигаются на ступени оправки меньших диаметров, сжимаются в радиальном направлении и беспрепятственно проходят сквозь отверстие втулки, которая запрессовывается торцом прессующего элемента 2. Привод перемещения оправки переключается на обратный ход. При этом в результате усилия пружины 11 и воздействия втулки на калибрующие элементы последние прижимаются к выступу 12 оправки и осуществляют своими деформирующими кромками обработку отверстия втулки.

Описанное устройство имеет один недостаток — калибрование осуществляется при обратном ходе дорна. Такая работа требует применения дополнительных зажимных устройств для корпусной детали.

Для устранения этого недостатка и создания возможности плавного перехода от запрессовки к калиброванию разработано и запатентовано (патент РБ № 4377) гидравлическое устройство для запрессовки втулок и калибрования отверстий (рис. 3.9).

Это устройство включает: шток 1, смонтированный на прессе при помощи фланца 2 и винта 3; корпус гидроцилиндра 4; верхнюю ограничительную крышку 5; нижнюю крышку 6; прессующую съемную втулку 7; поршень 8, закрепленный на штоке при помощи гайки 9; дорн со сбрасываемым наружным диаметром 10, установленный на штоке при помощи возвратной пружины 11 и крышки 12; замковый механизм, включающий корпус 13, ввинченный в нижнюю крышку 6, обратный клапан 14, регулировочную гайку 15, контргайку 16 и пружину 17; уплотнители 18, 19, 20 и 21.

Работа устройства осуществляется следующим образом. При рабочем ходе ползун пресса, воздействуя на шток 1, который через жидкость, находящуюся в нижней полости гидроцилиндра и не имеющую выхода вследствие наличия замкового механизма

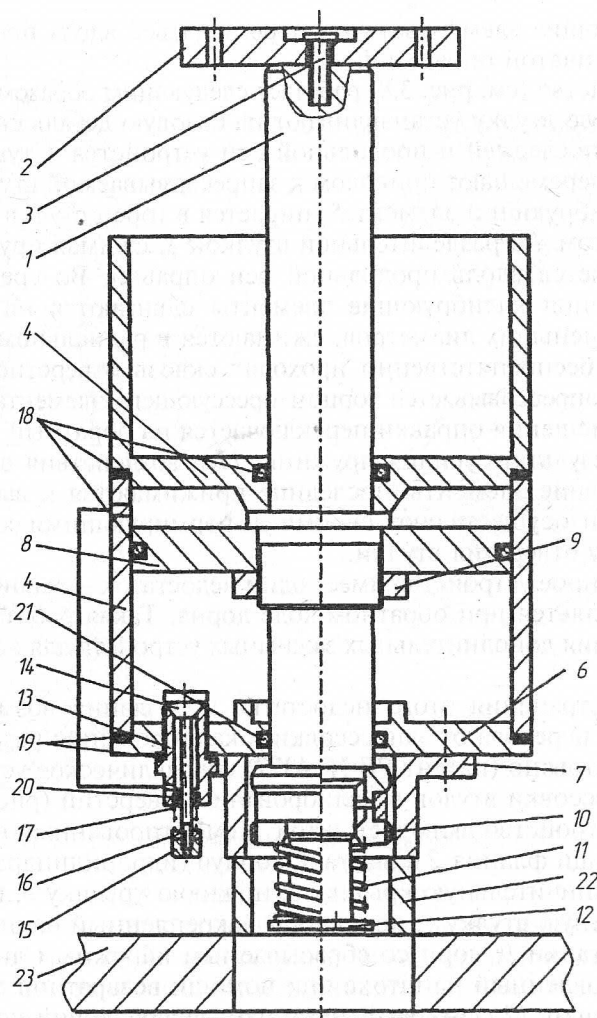


Рис. 3.9. Гидравлическое устройство для запрессовки втулок и калибровки отверстий

(обратный клапан 14 запирает полость гидроцилиндра под действием пружины 17 и давления масла на поверхность клапана), на крышку 6 и втулку 7, производит запрессовку втулки 22 в кор-

пус 23. Запрессовка продолжается до соприкосновения регулировочной гайки 15 с поверхностью корпуса, при этом обратный клапан 14 замкового механизма, упираясь в торец корпуса, открывается, обеспечивая свободное вытекание масла из нижней полости гидроцилиндра в верхнюю, при этом дорнующий шток 1 начинает перемещаться вниз относительно корпуса гидроцилиндра 4, производя дорнование отверстия в запрессованной втулке 22.

После запрессовки втулки в корпус и дорнования ее отверстия при обратном ходе пресса корпус 4 занимает исходное положение. При этом дорн 10, упираясь верхним торцом в нижнюю поверхность втулки 22, перемещается относительно штока 1 вниз и уменьшает свой наружный диаметр, обеспечивая беспрепятственный выход из отверстия втулки. Дальнейшее обратное движение пресса приводит, вследствие упора торцевой поверхности крышки 5 в поверхность пресса, к повышению давления масла в верхней полости гидроцилиндра, которое действуя на клапан 14 замкового механизма открывает его, что приводит к перетеканию масла из верхней рабочей полости в нижнюю, обеспечивая возврат дорнующего штока 1 в исходную позицию. После завершения обратного хода клапан 14 запирает нижнюю полость гидроцилиндра под действием пружины 17, дорн 10 занимает исходное положение под действием пружины 11.

Описанное устройство требует обязательного подсоединения к источнику поступательного движения.

Дальнейшее совершенствование этого устройства привело к созданию аналогичного не требующего внешнего источника движения устройства (рис. 3.10), содержащего гидроцилиндр и замковый механизм.

Гидроцилиндр включает: корпус 1; верхнюю крышку 2; нижнюю крышку 3; прессующую втулку 24; верхний неподвижно закрепленный шток 4, снабженный ограничивающей втулкой 5 и поршнем 28, закрепленным при помощи гайки 29; дорнующий шток 27, снабженный поршнем 6, зафиксированным гайкой 30 и дорном 7, закрепленным на штоке при помощи направляющей втулки 8, снабженной шариками 9, поддерживаемыми пружинами 10; ограничивающую втулку 11; уплотнители 12, 13, 14, 15 и 32.

Замковый механизм включает: корпус 16, ввинченный в крышку 3; клапан 17; регулировочную гайку 18; контргайку 26; пружину 19; уплотнители 20 и 21.

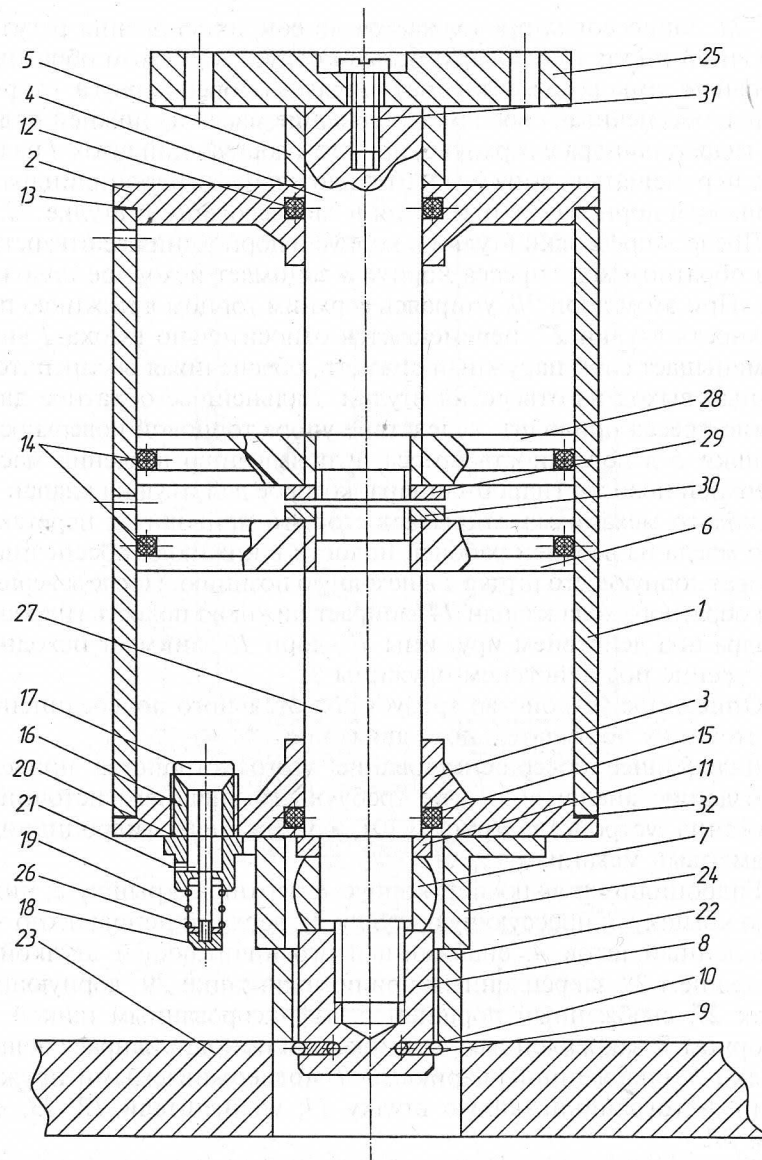


Рис. 3.10. Устройство для сборки деталей запрессовкой и обработки отверстий во втулках без внешнего источника поступательного движения

Устройство крепится к неподвижному основанию при помощи фланца 25 и винта 31.

На рис. 3.11 показана гидравлическая схема, на рис. 3.12 — электрическая схема устройства без внешнего источника поступательного движения (рис. 3.10).

Работа устройства осуществляется следующим образом. Запрессовываемая деталь 22 устанавливается на втулку 8 и фиксируется при помощи шариков 9. В исходном положении верхняя и нижняя камеры гидроцилиндра 1 подсоединены к напорному трубопроводу, а средняя — к сливному трубопроводу через распределитель 2 (рис. 3.11), управляющий электромагнит которого находится в обесточенном состоянии, так как обесточено реле 1 (рис. 3.12) и контакты групп 2 и 3 разомкнуты. Клапан 3 (рис. 3.11) служит для предохранения гидросети от избыточного давления.

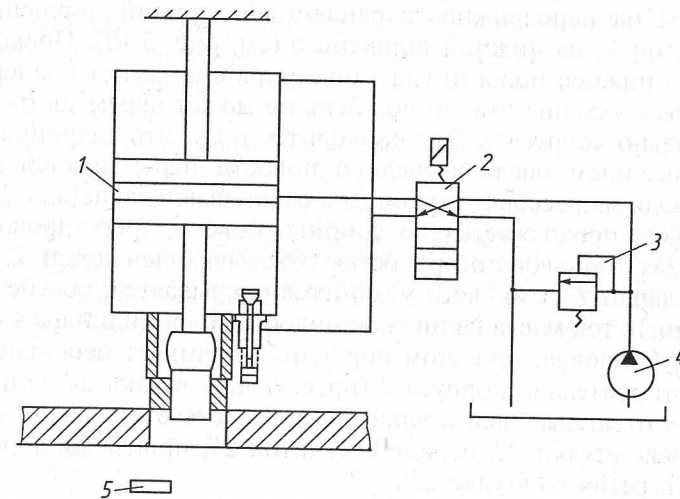


Рис. 3.11. Гидравлическая схема

Пуск устройства осуществляется кратковременным нажатием кнопки 5 (рис. 3.12). При этом срабатывает реле 1, замыкая контакты групп 2 и 3. Реле оказывается постоянно подключенным к источнику питающего напряжения через контакты группы 2 и нормально замкнутые контакты концевого выключателя 4.

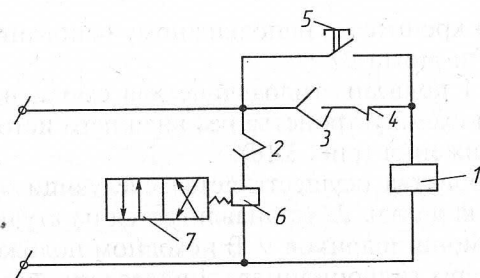


Рис. 3.12. Электрическая схема

Замыкание контактов группы 2 приводит к срабатыванию электромагнита 6 и переключению распределителя 7 (рис. 3.12). При этом верхняя и нижняя полости гидроцилиндра подключаются к сливному трубопроводу, а средняя — к напорному. Масло, поступающее в среднюю полость гидроцилиндра, давит с одной стороны на неподвижно закрепленный верхний поршень 28, а с другой — на нижний поршень 6 (см. рис. 3.10). Поскольку масло в нижней полости гидроцилиндра оказывается запертым замковым механизмом, то поршень не может перемещаться относительно корпуса 1. Это приводит к тому, что гидроцилиндр под давлением масла в средней полости перемещается вниз, производя запрессовку втулки 22 в охватывающую деталь 23. Запрессовка продолжается до соприкосновения регулировочной гайки 18 с торцевой поверхностью охватывающей детали 23, при этом клапан 17 замкового механизма открывается, обеспечивая свободный ток масла из нижней полости гидроцилиндра в сливной трубопровод, при этом поршень 6 начинает перемещаться вниз относительно корпуса 1 (прессующая втулка 24, упираясь в торец охватывающей втулки 23, препятствует дальнейшей запрессовке втулки 22, перемещает шток 27, производя дорнование отверстия во втулке 22).

После запрессовки втулки в охватывающую деталь и дорнования ее отверстия направляющая втулка 8 касается концевых выключателей 5 (рис. 3.11) и 4 (рис. 3.12), вызывая размыкание группы контактов 3 (рис. 3.12). Реле 1 (рис. 3.12) оказывается обесточенным, контакты групп 2 и 3 размыкаются, обесточивая электромагнит 6 распределителя 7 и исключая возможность обратного подключения реле к источнику питания через контакты концевого выключателя. Распределитель 7 под действием воз-

вратной пружины занимает исходное положение, подключая среднюю полость гидроцилиндра к сливному трубопроводу, а верхнюю и нижнюю — к напорному. При этом корпус 1 гидроцилиндра (см. рис. 3.10) занимает исходное положение, а в нижней полости масло, действуя на клапан 17 замкового механизма, открывает его, что вызывает перетекание масла из напорного трубопровода в нижнюю рабочую полость, обеспечивая возврат поршня 6, а следовательно, и штока 27 в исходную позицию. После окончания обратного хода клапан 17 под действием пружины 19 запирает нижнюю полость гидроцилиндра. Дорн 7 может быть таким же, как и в устройствах, показанных на рис. 3.8 и 3.9.

3.3. Средства механизации транспортных работ и оснастки при сборке

Для перемещения собираемых объектов в сборочных цехах используют различные транспортные средства. Наибольшее распространение находят конвейеры следующих типов: приводные тележечные; роликовые (рольганги); ленточные (столы); цепные подвесные; карусельные.

Приводные тележечные конвейеры. Бывают вертикально замкнутые и горизонтально замкнутые (рис. 3.13).

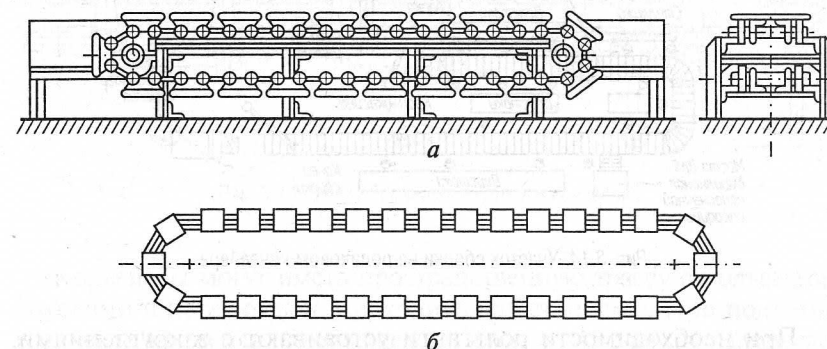


Рис. 3.13. Схемы напольных конвейеров для сборочных работ: а — вертикально замкнутого; б — горизонтально замкнутого

Тележечные вертикально замкнутые конвейеры применяют на прямых сборочных линиях, первая операция находится в начале, а последняя — в конце конвейера. Обратная ветвь таких

конвейеров располагается под рабочей ветвью над или под полом. Технические операции можно производить по обе стороны конвейера.

Тележечные горизонтально замкнутые конвейеры применяют на кольцевых сборочных линиях, когда процесс сборки состоит из большого числа операций, для расположения которых по одной прямой линии потребовался бы цех значительной длины.

Тележки конвейеров делаются по размерам собираемых изделий и снабжаются зажимными устройствами для их закрепления.

Скорость периодически действующих конвейеров 4–5 м/мин, непрерывно действующих — 0,02–4,0 м/мин. Номинальный ряд ширины тележек: 200, 320, 400, 500, 650, 800, 1200 мм. Грузоподъемность тележек от 10 до 2 000 кг.

Роликовые конвейеры (рольганги). Бывают приводными и не приводными. На приводных рольгангах ролики приводятся во вращение двигателями и перемещают собираемый объект, на не приводных — грузы перемещают вручную. Поэтому они имеют уклон 1–4° в сторону перемещения груза. Пример организации участка сборки на роликовом конвейере показан на рис. 3.14.

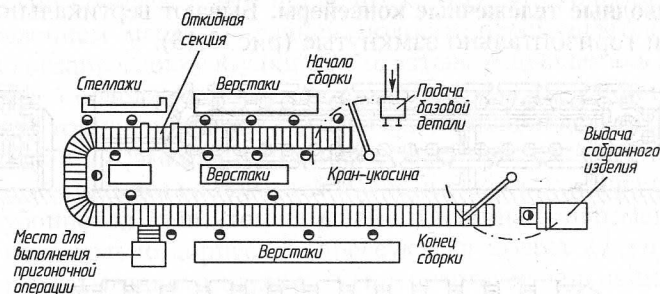


Рис. 3.14. Участок сборки на роликовом конвейере

При необходимости рольганги устраивают с закруглениями. Наименьший радиус закругления при перемещении небольших грузов составляет 750 мм. Средний радиус закруглений 1100–1800 мм. Нормальная высота рольганга 700–850 мм. При сборке крупных объектов высоту рольганга уменьшают до 150–200 мм. Скорость перемещения грузов на приводных роликовых конвейерах до 20 м/мин.

Размеры цилиндрических роликов определены ГОСТ 8324–82. Длина роликов установлена размерным рядом: 100, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 мм; шаг роликов — 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400 мм. Диаметры роликов изменяются в диапазоне 40–155 мм.

Ленточные конвейеры. Применяют при сборке небольших и легких изделий. Несущим элементом конвейера является прорезиновая лента, состоящая из тягового каркаса, покрытого эластичным защитным наполнителем. Приводные механизмы ленточных конвейеров выполнены в виде мотор-барабанов мощностью 1–30 кВт. Диаметры барабанов изменяются в пределах 200–800 мм. Скорость движения конвейера обычно 1,2–30,0 м/мин.

Сборочные операции выполняют на верстаках, расположенных вдоль конвейера, или на столах, установленных перпендикулярно линии сборки.

Цепные подвесные конвейеры — замкнутые тяговые устройства в виде цепи с каретками, несущими подвески для грузов (рис. 3.15). Предназначены для передачи деталей от одного рабочего места к другому и в другие цехи.

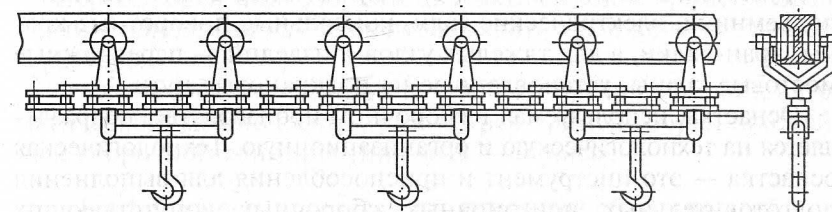


Рис. 3.15. Схема подвесного цепного конвейера

Конвейеры могут иметь пространственную трассу с подъемами, спусками и поворотами, проходить над станками. При подъемах и спусках конвейера допускается уклон до 45°; радиус закругления 1,0–1,5 м. Скорость непрерывно движущихся конвейеров 0,25–6,00 м/мин, периодически движущихся — 6–12 м/мин.

Тяговым элементом для сборочных конвейеров служат пластинчатые, втулочные и роликовые цепи с шагом 80–320 мм по ГОСТ 588–81. Для рельсовых путей используются двутавровые балки № 12–16.

Карусельные конвейеры (столы). Применяют для сборки узлов, включающей небольшое число сборочных операций (рис. 3.16). Рабочие места (1–7) размещают вокруг поворотного стола. Необходимый инструмент подвешивают на неподвижной стойке в центре стола. Стол может иметь непрерывное или периодическое движение.

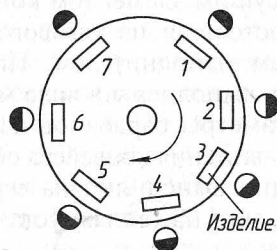


Рис. 3.16. Схема сборки на карусельном столе: 1, 2, 3 — порядковые номера сборочных операций; ● — рабочие места

Для подъема и перемещения деталей, узлов и изделий при выполнении сборочных работ применяют различное подъемное оборудование. Наиболее широко применяют пневматические подъемники, электрические тали, консольные поворотные краны, кран-балки, а для тяжелых узлов и изделий — передвижные мостовые краны, установленные на подкрановые пути.

Оснастка, используемая в сборочном производстве, подразделяется на технологическую и организационную. Технологическая оснастка — это инструмент и приспособления для выполнения подготовительных, пригоночных, сборочных, сопутствующих и послесборочных операций. К организационной оснастке относят верстаки, стеллажи, тару, инструментальные тумбочки, средства связи и сигнализации, устройства местного освещения и т.п. По виду выполняемых работ приспособления и инструменты, применяемые при сборке, подразделяют на приспособления и инструменты для свинчивания, запрессовки, клепки, развальцовки, пайки, сварки.

По назначению различают приспособления для точного относительного центрирования и фиксации собираемых компонентов, предварительного деформирования упругих элементов, захвата, подъема, переориентации и перемещения собираемых компонентов и т.п.

Значительное повышение уровня механизации сборочного производства достигается за счет применения механизированного инструмента. Такой инструмент прост и удобен в эксплуатации, а срок его окупаемости обычно не более 1 года. При этом под механизированным инструментом понимают группу ручных машин с встроенными двигателями, масса которых (обычно от 1,5 до 10 кг) полностью или частично воспринимается руками оператора, управляющего машиной.

По назначению ручные машины (механизированный инструмент) подразделяют на машины общего применения (сверлильные, шлифовальные, полировальные, фрезерные), машины для слесарно-доводочных (развальцовочные, разворачивающие, зенковальные, опиловочные, ножницы, кромкорезы, шаберы, пилы по металлу, зачистные, рубильные молотки) и сборочных работ (резьбозавертывающие, клепальные молотки, скобозабивающие и др.).

Основные размеры и технические характеристики слесарно-сборочных инструментов и оборудования даны в приложении.

3.4. Автоматизация операций

Переход от ручной сборки к автоматической сопряжен с большими трудностями как технологического, так и конструктивного характера.

О задачах, решаемых при переходе от ручной сборки к автоматической, можно судить, рассмотрев пример сборки простейшей сборочной единицы типа «вал — втулка».

3.4.1. Сущность процесса автоматической сборки деталей

При условии, что партия валов и втулок находится в отдельных магазинах (или тарных ящиках), ручная сборка начинается с ориентации рук рабочего относительно одного из ближайших валов. Затем рабочий берет вал и перемещает его к рабочему приспособлению. Далее поверхности вала ориентируют в пространстве относительно сборочного приспособления, после чего вал устанавливают на приспособление в требуемом положении (точность базирования вала обеспечивается сборочным приспособлением).

То же происходит со втулкой. При перемещении ее в пространстве рабочий ориентирует ось отверстия втулки относительно

оси вала, на который она устанавливается. После монтажа рабочий должен сориентировать руку относительно сборочной единицы, взять ее и переместить на отведенное место.

Анализ приведенного примера показывает, что сущность процесса сборки заключается в ориентации с требуемой точностью руки рабочего относительно определенных поверхностей деталей, подлежащих соединению, захвате и перемещении детали в пространстве к сборочному приспособлению или сопрягаемой детали, ориентации детали с требуемой точностью относительно поверхности сопрягаемой детали или поверхности приспособления, сопряжении деталей, сориентированных одна относительно другой и установленных в приспособлении с требуемой точностью. Таким образом, для автоматизации сборки необходимо разработать автомат, включающий механизмы, заменяющие руку человека и осуществляющие все движения рабочего.

На рис. 3.17 представлена схема работы автоматического сборочного устройства. Одна или две механические руки 1, 2 ориентируются относительно деталей 4 и 10 собираемого соединения, находящихся соответственно в магазинах 5 и 9, захватывают детали, перемещают их к сборочным приспособлениям 6, 7 и устанавливают на эти приспособления с требуемой точностью. Положение детали 4 фиксируется зажимом. Деталь 10 одним из устройств (например, пуансоном 8) приводится в соприкосновение с неподвижной деталью 4, монтируется и фиксируется с требуемой точностью, после этого готовая сборочная единица снимается со сборочного приспособления 6 и укладывается в тару 3. Эта схема может быть несколько видоизменена: одна из механических рук 2 устанавливает деталь 4 на сборочное приспособление, другая механическая рука 1 приводит деталь 10 в соприкосновение с деталью 4, монтирует и фиксирует с требуемой точностью. Затем рука 2 захватывает готовую сборочную единицу, перемещает ее и укладывает в тару.

Создание такого автоматического сборочного устройства требует решения ряда сложных проблем: ориентация механических рук относительно деталей, точная установка захваченных деталей на сборочных приспособлениях (базах) и др.

В автоматических сборочных устройствах движения, связанные с ориентированным захватом деталей, их переносом и установкой на сборочные приспособления, осуществляются специальными устройствами — сборочными автоматами. Сборочный автомат

содержит автоматическое загрузочное бункерное устройство, из которого детали подаются в полностью или частично ориентированном виде (в зависимости от формы) в лотки, из лотков — в устройства окончательной ориентации, затем — в накопитель, предназначенный для образования задела собираемых деталей, из накопителя — в питатель, из него — непосредственно на сборочное приспособление.

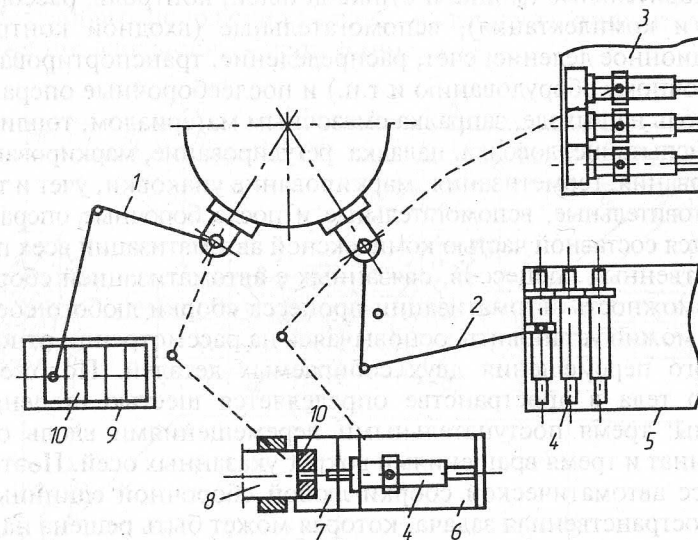


Рис. 3.17. Принципиальная схема работы автоматического сборочного устройства

Точность относительной ориентации деталей обеспечивается автоматической установкой на установочные базы сборочного приспособления. Контакт и сопряжение деталей осуществляются специальным приспособлением — механизмом закрепления. Определение достигнутой точности сопряжения и контроль точности соединения деталей выполняются автоматическими контрольными устройствами. Собранный объект передается транспортными средствами в тару (если осуществлена его полная сборка) или на следующую сборочную позицию (для дальнейшей сборки). Если собираемые детали не поддаются бункерованию (длинные валы, шпильки и т.п.), то вместо бункерных загрузочных устройств в автомате используют магазинные или кассетные устройства,

в которых детали соединения устанавливаются в ориентированном положении и с помощью шибберных устройств подаются на сборочные приспособления. Корпусные детали устанавливают на конвейер при непосредственном участии человека. Перемещение и установка таких деталей на сборочные позиции осуществляются конвейерами автоматических сборочных устройств. Технологический процесс, кроме сборочных, включает также подготовительные (мойка и сушка деталей, контроль, рассортировка и комплектация), вспомогательные (входной контроль и порционное деление, счет, распределение, транспортирование к сборочному оборудованию и т.п.) и послесборочные операции (контроль на выходе, заправка смазочным материалом, топливом и т.п., испытание, доводка, наладка, регулирование, маркирование, консервация, герметизация, маркирование упаковки, учет и т.д.). Подготовительные, вспомогательные и послесборочные операции являются составной частью комплексной автоматизации всех производственных процессов, связанных с автоматизацией сборки.

Возможность автоматизации процесса сборки любого соединения можно установить, основываясь на рассмотрении относительного перемещения двух собираемых деталей. Положение любого тела в пространстве определяется шестью степенями свободы: тремя поступательными перемещениями вдоль осей координат и тремя вращениями вокруг указанных осей. Поэтому процесс автоматической сборки любой сборочной единицы — это пространственная задача, которая может быть решена на основе рассмотрения размерных цепей и цепей относительных поворотов поверхности системы «собираемые детали — сборочный автомат». Далее указанная задача рассмотрена в общем виде на примере соединения по цилиндрическим поверхностям. Решение этой задачи определяется следующими размерными цепями (рис. 3.18):

$$A_0 = \sum_{i=1}^{m-1} A_i, \quad B_0 = \sum_{i=1}^{n-1} B_i, \quad B_0 = \sum_{i=1}^{p-1} B_i, \quad \alpha_0 = \sum_{i=1}^{m-1} \alpha_i, \quad \beta_0 = \sum_{i=1}^{n-1} \beta_i, \\ \varphi_0 = \sum_{i=1}^{q-1} \varphi_i,$$

где $A_0, B_0, B_0, \alpha_0, \beta_0, \varphi_0$ — замыкающие звенья, характеризующие точность относительного положения собираемых деталей

в пространстве; $A_i, B_i, B_i, \alpha_i, \beta_i, \varphi_i$ — составляющие звенья размерных цепей; m, n, p, q — число звеньев в размерных цепях.

При автоматической сборке соединений типа «вал — втулка» необходимо обеспечить точность относительного совмещения сопрягаемых поверхностей деталей, относительного углового положения и относительного положения вдоль оси. Точность совмещения осей обеспечивают размерные цепи A, B, α, β , точность углового положения — цепь φ , точность относительного положения вдоль оси — цепь B (рис. 3.18).

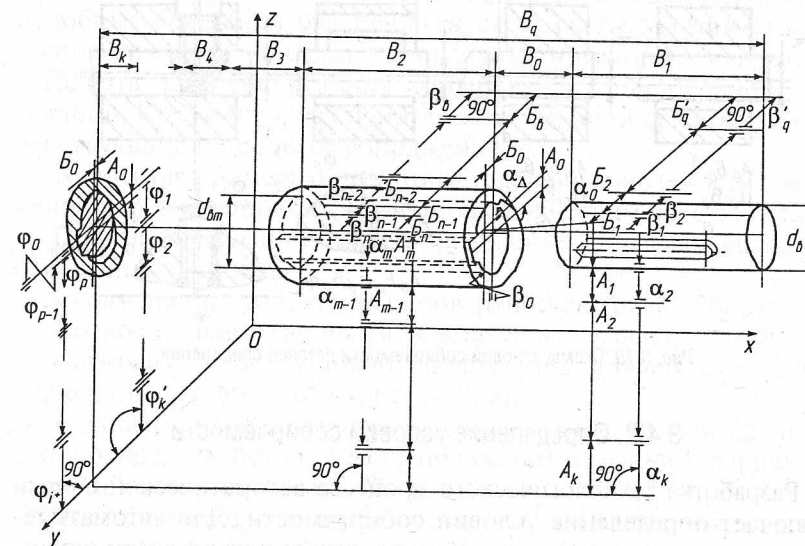


Рис. 3.18. Схема расположения деталей в пространстве перед сборкой

Для определения условий сборки необходимо установить шесть параметров исходя из решения приведенных размерных цепей. Допуски замыкающих звеньев рассматриваемых цепей — это допуски смещения осей сопрягаемых поверхностей TA_0 и TB_0 и их относительные повороты $T\alpha_0$ и $T\beta_0$, допуск на точность линейного (осевого) положения $T\beta_0$ и на точность углового поворота вокруг оси $T\varphi_0$.

Положение деталей в пространстве, сопрягаемых по резьбовым, плоским и другим видам поверхностей, отличается от положения

деталей, сопрягаемых по цилиндрическим поверхностям, только положением поверхностей, а задачи при автоматизации сборки остаются те же: необходимость обеспечения совмещения сопрягаемых деталей, поверхностей или осей — и решаются теми же размерными цепями.

На рис. 3.19 приведены схемы условий собираемости деталей и указаны замыкающие звенья размерных цепей (см. рис. 3.18), которые надо определять при соответствующей схеме сборки.

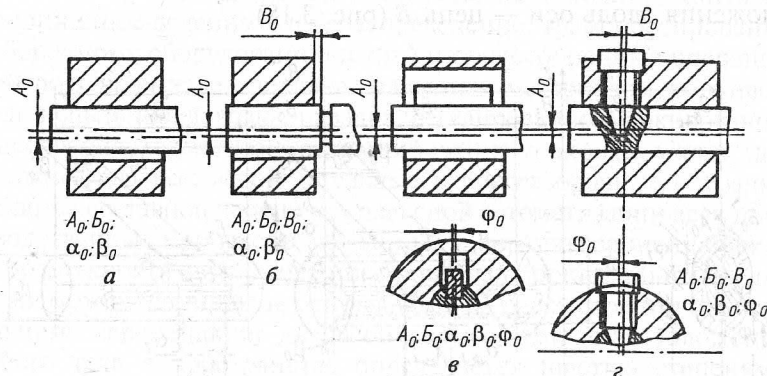


Рис. 3.19. Схемы условий собираемости деталей соединения

3.4.2. Определение условий собираемости

Разработка технологического процесса автоматической сборки включает определение условий собираемости. Для автоматического сопряжения деталей требуется, чтобы погрешности ориентации сопрягаемых поверхностей не превышали допустимые отклонения несовпадения осей и их относительных поворотов.

При сборке деталей различной конфигурации нахождение суммарной погрешности в общем виде основано на определении всех ее составляющих: TA_0 , TB_0 , TB_0 , $T\alpha_0$, $T\beta_0$, $T\phi_0$, которые рассчитывают на основе решения соответствующих размерных цепей. Условия собираемости двух деталей в общем виде:

$$\varepsilon_{\Delta\Sigma} < \Delta_E, \quad \varepsilon_{\gamma E} < \Delta_\gamma,$$

где $\varepsilon_{\Delta\Sigma} = TA_0 + TB_0 + TB_0$ — погрешность относительного положения двух деталей соединения при выбранной схеме базирования;

Δ_E — допустимая величина отклонения; $\varepsilon_{\gamma E} = T\alpha_0 + T\beta_0 + T\phi_0$ — погрешность относительного поворота; Δ_γ — допустимая величина относительного поворота.

На основе условий собираемости определяют наиболее выгодные схемы базирования, которые обеспечивают допустимые погрешности относительного положения сопрягаемых поверхностей. При этом для сопряжения сопрягаемых поверхностей соединения необходимо, чтобы хотя бы одна из деталей имела возможность смещаться и поворачиваться в пространстве в пределах погрешностей их относительного положения. В сборочных устройствах подобные смещения обеспечиваются за счет податливости исполнительного механизма, специальных пружинных или других устройств, компенсирующих погрешности относительной ориентации. Кроме того, на собираемость соединения влияют силы, действующие в процессе сопряжения.

В качестве примера рассмотрим условия собираемости соединения деталей, сопрягаемых по цилиндрическим поверхностям.

При автоматизации сборки соединения деталей необходимо обеспечить точность:

- ♦ совмещения сопрягаемых поверхностей (рис. 3.20, а);
- ♦ относительного положения деталей вдоль оси (рис. 3.20, б);
- ♦ относительного углового положения деталей в сечении, перпендикулярном к оси (рис. 3.20, в);
- ♦ относительного положения сопрягаемых деталей вдоль их оси и относительного углового положения в сечении, перпендикулярном к их оси (рис. 3.20, г).

Отклонение от соосности сопрягаемых цилиндрических поверхностей вала и отверстия втулки (или корпусной детали) не должно превышать половины минимального зазора в соединении:

$$\Delta_0 = \frac{\Delta_{\min}}{2} = \frac{(D_{\min} - d_{\max})}{2},$$

а при наличии фаски

$$\Delta'_0 = \frac{(D_{\min} - d_{\max})}{2} + C,$$

где $D_{\min}$ — минимальный диаметр отверстия втулки; $d_{\max}$ — максимальный диаметр вала; C — размер фаски вала.

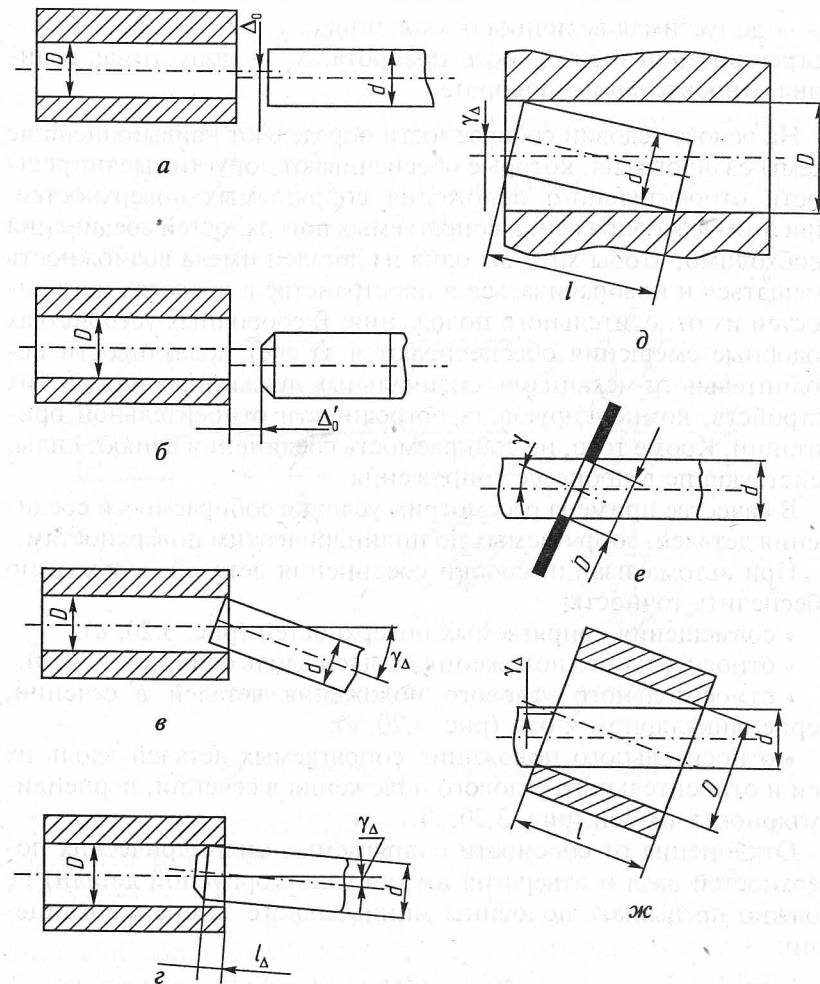


Рис. 3.20. Схемы относительного положения сопрягаемых деталей «вал — втулка»

Наибольшая допустимая величина угла перекоса γ для различных случаев определяется как

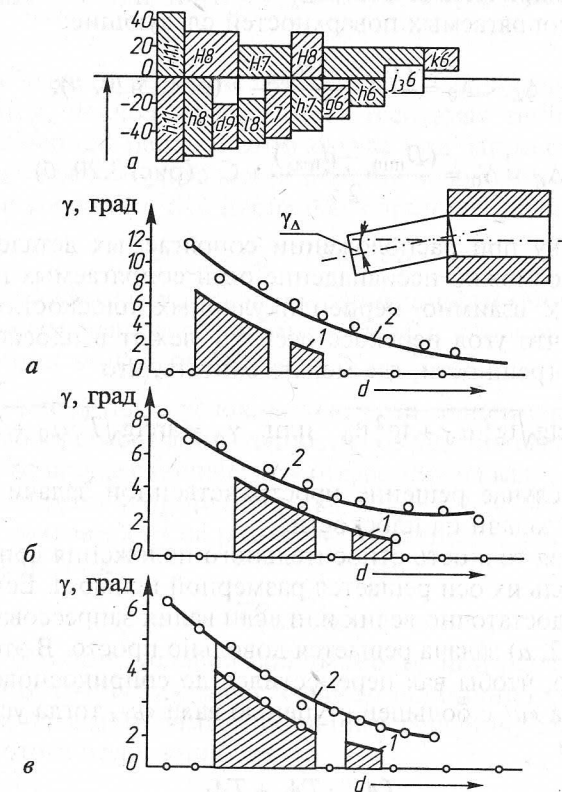
$$\gamma_{\Delta} = \arccos d/D \quad (\text{рис. 3.20, д, е});$$

$$\gamma_{\Delta} = \arcsin (l/d^2 + D^2) \quad (\text{рис. 3.20, ж});$$

$$\gamma_{\Delta} = \arcsin (D\sqrt{l^2 + D^2}) - \arcsin (d\sqrt{l^2 + d^2}) \quad (\text{рис. 3.20, ж}),$$

где l — длина вала или втулки.

Теоретически сопряжение деталей возможно, если погрешности отклонения от соосности осей сопрягаемых поверхностей и перекоса будут меньше или равны указанным предельно допустимым значениям. Значения допустимых углов перекоса γ осей сопрягаемых деталей различных диаметров d для наиболее распространенных посадок представлены на рис. 3.21, где зависимости 1 и 2 соответствуют значениям допустимых углов перекоса

Рис. 3.21. Схема зависимости допустимых углов перекоса осей сопрягаемых деталей различных диаметров от вида посадок: а — $d = 10-18$ мм; б — $d = 18-30$ мм; в — $d = 30-50$ мм

при наименьшем и наибольшем зазоре соединений соответственно.

На практике при автоматической сборке деталей допустимые величины отклонения от соосности осей и угловые перекосы необходимо ограничивать вдвое меньшими значениями.

Допустимые величины отклонения от соосности осей, взятые по условиям собираемости, будут значительно большими и практически близкими к γ_Δ и Δ_0 (см. рис. 3.20, а, б; рис. 3.21), так как величина перекося осей в сборочных устройствах практически очень мала.

Таким образом, условия собираемости деталей, сопрягаемых по их цилиндрическим поверхностям, при решении задачи совмещения сопрягаемых поверхностей следующие:

$$\Delta_E < \Delta_0 = \frac{(D_{\min} - d_{\max})}{2} \quad (\text{рис. 3.20, а});$$

$$\Delta_E < \Delta'_0 = \frac{(D_{\min} - d_{\max})}{2} + C \quad (\text{рис. 3.20, б}).$$

Поскольку при расположении сопрягаемых деталей в пространстве возможно несовпадение осей сопрягаемых поверхностей в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, можно допустить, что угол перекося осей γ_Δ лежит в плоскости наибольшей погрешности, где можно считать, что

$$\gamma_\Delta = \arctg \sqrt{\text{tg}^2 \alpha_0 + \text{tg}^2 \beta_0} \quad \text{или} \quad \gamma_\Delta = \arctg \sqrt{T^2 \alpha_0 + T^2 \beta_0}.$$

В этом случае решение пространственной задачи сводится к решению задачи на плоскости.

Требуемая точность относительного положения сопрягаемых деталей вдоль их оси решается размерной цепью A . Если допуск на звено B достаточно велик или если валик запрессован до упора (рис. 3.22, а) задача решается довольно просто. В этом случае необходимо, чтобы вал переместился до соприкосновения торцов корпуса «а» с большей ступенью вала «б», тогда условие собираемости

$$TA_\Delta = TA_1 + TA_2,$$

где TA_Δ — допуск замыкающего звена.

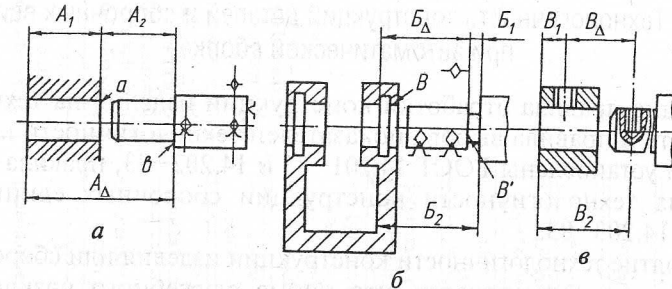


Рис. 3.22. Схемы относительного положения деталей, собираемых соединений в продольном направлении: а — $d = 10-18$ мм; б — $d = 18-30$ мм; в — $d = 30-50$ мм

При небольшой величине допуска (рис. 3.22, б) решение задачи усложняется, поскольку возрастает требуемая точность на все звенья размерной цепи. В этом случае при запрессовке кольца в отверстие проушины вала или поршня необходимо обеспечить совпадение торцов B и B' с точностью, определяемой неравенством

$$\Delta_E > TB_0 = TB_1 + TB_2,$$

где Δ_E — допустимая по условиям собираемости величина зазора между торцами запрессованного пальца и стопорного кольца; TB_0 — допуск замыкающего звена.

Задача еще больше усложняется, если, например, возникает необходимость обеспечения точности совпадения осей резьбового отверстия во втулке с коническим отверстием на валу (рис. 3.22, в), которое решается размерной цепью $TB_0 = TB_2 - TB_1$. Исходя из условий собираемости на резьбовые соединения должно соблюдаться неравенство

$$TB_0 < \Delta_E.$$

Таким образом, условия собираемости при решении задачи обеспечения точности относительного положения сопрягаемых деталей могут иметь самые различные решения, зависящие от точности этого положения.