

Министерство образования и науки Российской Федерации
Муромский институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(МИ ВлГУ)**

Отделение среднего профессионального образования

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ
ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА»**

для студентов специальности 15.02.08 Технология машиностроения

Составитель: Волченков А.В.

Муром 2017 г.

1 ВЫБОР СХЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ И СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ КОНСТРУКЦИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Конструирование приспособления начинается с выбора схемы базирования и схемы конструкции приспособления.

Цель занятия:

- обучение разработке схем базирования деталей (заготовок) в станочном приспособлении в зависимости от заданного координирующего размера обрабатываемого элемента;
- получение навыков разработки схем конструкций станочных приспособлений, отвечающих принятой схеме базирования детали (заготовки).

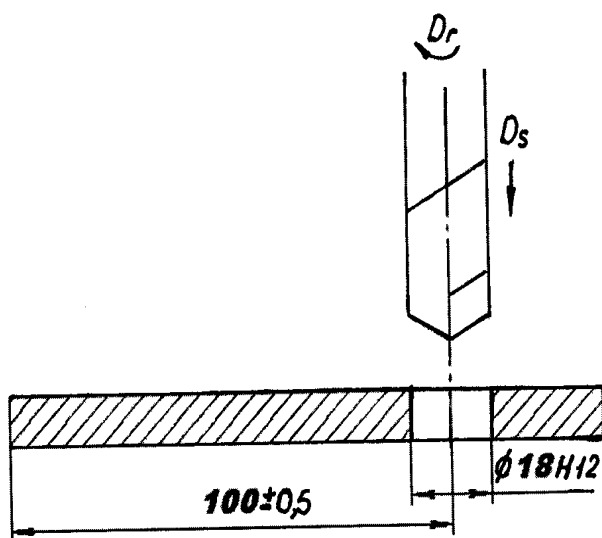
Пояснения к занятию

Условно принимаем, что в станочном приспособлении (далее по тексту – приспособлении) устанавливается для обработки заготовка детали (далее по тексту – заготовка) несмотря на то, какая операция технологического процесса выполняется – начальная или финишная.

Исполнительные размеры на детали можно условно разделить на две группы:

- размеры, точность выполнения которых не зависит от схемы базирования;
- размеры, точность выполнения которых находится в зависимости от схемы базирования и точности изготовления приспособления.

Назовем размеры, относящиеся к первой группе, размерами отдельных элементов, относящиеся ко второй группе – координирующими размерами.



Исходя из данных соображений, рассмотрим размеры, представленные на эскизе детали (рисунок 1.1). Точность выполнения размера $\phi 18H12$ отверстия (размера отдельного элемента) зависит от инструмента и погрешностей, связанных с обработкой, и совершенно не зависит от базирования этой детали на операции. Точность же расположения отверстия на детали, определяемая размером

Рисунок 1.1 – Нанесение размеров элемента детали и его расположения

100±0,5 мм (координирующим размером), зависит от базирования ее заготовки на операции и, соответственно, ее положения относительно траектории перемещения инструмента.

В связи с этим, прежде чем составлять схему базирования заготовки в приспособлении необходимо выявить на детали координирующие размеры, точность выполнения которых зависит от схемы базирования, и определить связанные непосредственно с этими размерами реальные элементы (поверхности) заготовки или скрытые элементы в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

Базирование осуществляется путем контакта базовых поверхностей (технологических баз) заготовки с опорами и установочными устройствами приспособления. Для обеспечения точности обработки заготовки по координирующему размеру в качестве технологической базы целесообразно использовать связанную с этим размером реальную поверхность заготовки или заменяющую ее ось, или точку. Однако это условие не всегда удается выполнить.

В общем случае устанавливаемая в приспособлении заготовка должна быть лишена шести степеней свободы – возможности поворота и перемещения относительно трех осей координат рабочего пространства станка. Необходимые для этого шесть опорных точек располагаются в трех взаимно перпендикулярных плоскостях системы координат. Наиболее часто встречается распределение опорных точек по плоскостям в количественном соотношении: 3-2-1.

Необходимо помнить, что лишать заготовку любой степени свободы можно с использованием только одной соответствующей базы. Например, при базировании заготовки, представляющей тело вращения в виде вала, нельзя одновременно устанавливать заготовку в центрах (технологическая база – условная ось детали) и зажимать ее в самоцентрирующем кулачковом патроне (технологическая база – наружная цилиндрическая поверхность, по оси которой выполнены центровые гнезда).

Если возникает необходимость применения более шести опорных точек, например, при недостаточной жесткости заготовки, то дополнительные установочные устройства должны быть или регулируемые или плавающими.

На схемах базирования наносится расположение опорных точек на базовых поверхностях заготовки. Применяется условное обозначение опор, зажимов и установочных элементов (ГОСТ 3.1107-81), графическое отображение которых приведено в таблицах 1.1 – 1.3. Примеры некоторых распространенных схем установки заготовок в станочных приспособлениях с применением условных обозначений показаны в таблице 1.4. Установочно-зажимные устройства (токарные патроны, разжимные оправки, тиски и

др.) обозначаются как сочетание обозначений зажимов и установочных устройств.

Таблица 1.1 – Графическое обозначение опор

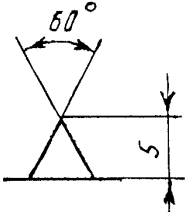
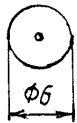

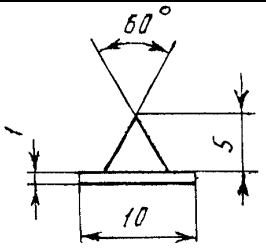
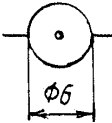
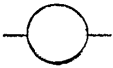
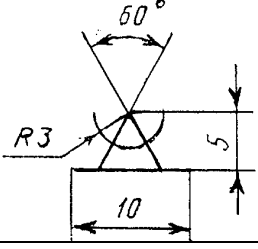
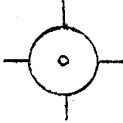
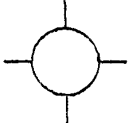
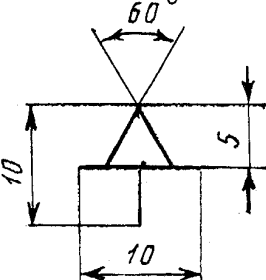
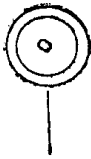

| Наименование опоры | Обозначение опоры на видах | | |
|--------------------|---|--|---|
| | спереди, сзади | сверху | снизу |
| Неподвижная |  |  |  |
| Подвижная |  |  |  |
| Плавающая |  |  |  |
| Регулируемая |  |  |  |

Таблица 1.2 – Графическое обозначение зажимов

| Наименование зажима | Обозначение зажима на видах | | |
|---------------------|---|--|---|
| | спереди, сзади | сверху | снизу |
| Одиночный |  |  |  |

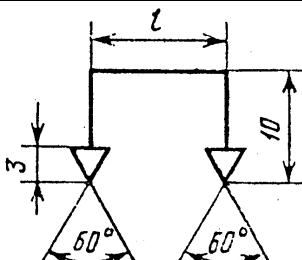
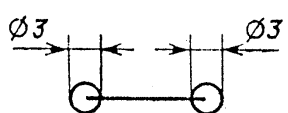
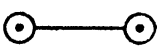
| | | | |
|---------|---|--|---|
| Двойной |  |  |  |
|---------|---|--|---|

Таблица 1.3 – Графическое обозначение установочных устройств

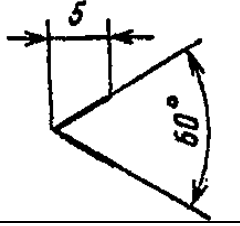
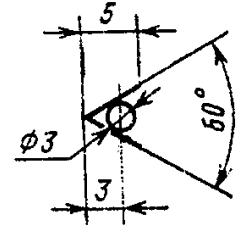
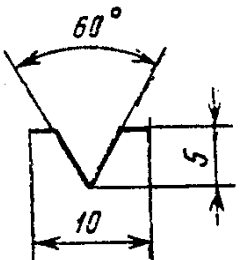


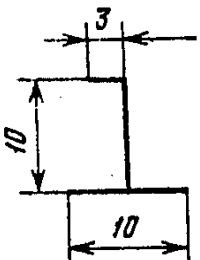
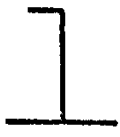

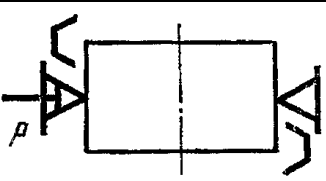
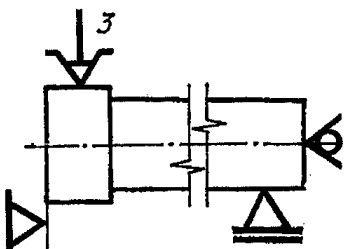
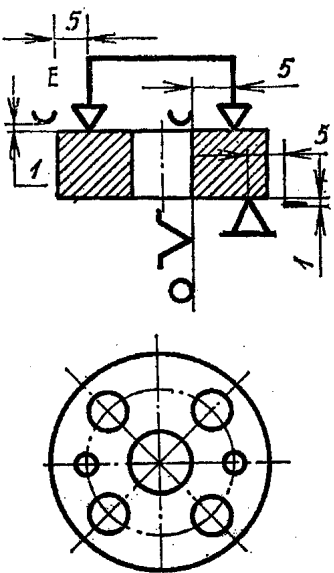
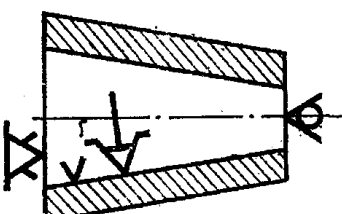
| Наименование установочного устройства | Обозначение установочного устройства на видах | | |
|---------------------------------------|---|--|---|
| | спереди, сзади, сверху, снизу | слева | справа |
| Центр неподвижный |  | Без обозначения | Без обозначения |
| Центр вращающийся |  | То же | То же |
| Оправка цилиндрическая |  |  |  |
| Патрон поводковый |  |  |  |

Таблица 1.4 – Схемы установок заготовок в станочных приспособлениях

| Способ установки | Схема |
|---|--|
| В тисках с призматическими губками и пневматическим зажимом |  |

| | |
|---|--|
| В трехкулачковом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, с вращающимся центром и с подвижным люнетом |  |
|---|--|

Продолжение таблицы 1.4

| Способ установки | Схема |
|---|--|
| В кондукторе с центрированием на цилиндрический палец, с упором на три неподвижные опоры и с электрическим устройством двойного зажима, имеющим сферические рабочие поверхности |  |
| На конической оправке с гидропластовым устройством зажима, с упором в торец на рифленую поверхность и с поджимом вращающимся центром |  |

По ходу выполнения данной темы должны быть проработаны вопросы, указанные в таблице 1.5. Там же приведены источники размещения материалов, которые целесообразно использовать для принятия обоснованных решений по этим вопросам. На основании принятых решений разрабатывается схема конструкции приспособления.

Таблица 1.5 – Разрабатываемые вопросы темы и размещение материалов по ним в литературных источниках

| Разрабатываемый вопрос темы | Номер источника в списке литературы | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------|-----|-------|----------|-------|--------|--------------|
| | [1] | [2] | [3] | [4] | [7] | [8] | [9] | [10] |
| Условные обозначения опор, установочных элементов и схем установок | | гл. 2 табл. 2.4–2.6 | | | | | п. 1.4 | лист 1, 2 |
| Конструкция опор и | гл. 1 | гл. 1 | | гл. I | гл. 3, 4 | гл. 5 | п. 1.3 | ли- |

| | | | | | | | | |
|--|--------------------|--------------|-------|-------|--|-------|--------|--------------|
| установочных устройств | п. 1.4, 1.5 | п. 1.3 | | | | | | сты 3, 4 |
| Методика и обоснование выбора схемы базирования | гл. 6 | гл. 2 п. 2.3 | гл. 1 | гл. X | | гл. 5 | п. 1.4 | листы 1, 2 |
| Последовательность разработки схемы приспособления | гл. 2 п.2.2; гл. 6 | гл. 2 п. 2.3 | гл. 4 | гл. X | | | п. 1.5 | листы 15, 16 |

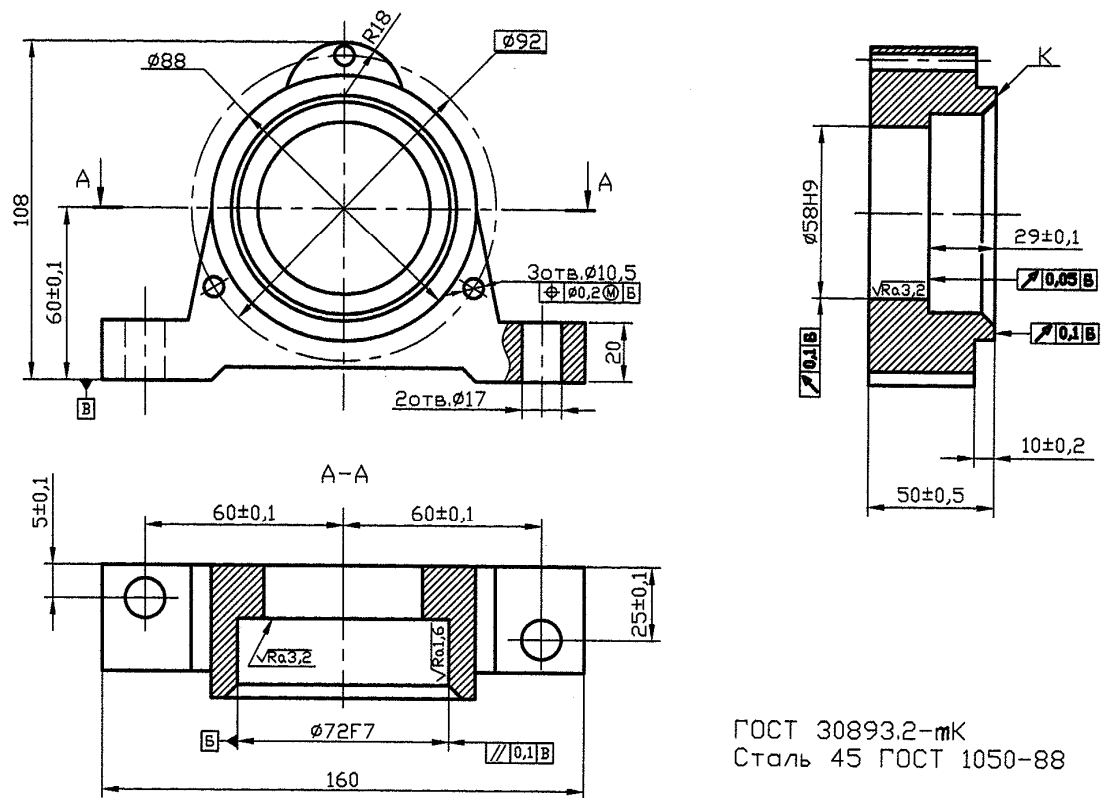
1.1 Варианты заданий на практические занятия

Таблица 1.6 – Варианты заданий для практических занятий

| № варианта | № рисунка | Поверхности (размеры), подлежащие обработке | Операция, вид обработки | Тип привода приспособления | Количество одновременно обрабатываемых заготовок |
|------------|-----------|---|-------------------------|----------------------------|--|
| 1 | 1.2 | 3 отв. Ø10.5 | Сверлильная | Пневматический | 1 |
| 2 | 1.2 | Ø 58H9 | Токарная | Пневматический | 1 |
| 3 | 1.2 | Ø 72F7 | Расточная | Пневматический | 1 |
| 4 | 1.2 | Торец К, 50±0.5 | Токарная | Ручной | 1 |
| 5 | 1.2 | Подошва В | Фрезерная | Пневматический | 1 |
| 6 | 1.3 | Паз 8 ^{+0.07} | Фрезеровать | Пневматический | 2 |
| 7 | 1.3 | Выступ 30±0.1 | Фрезеровать | Пневматический | 3 |
| 8 | 1.3 | Отв. Ø 15H8 | Сверлильная | Ручной | 1 |
| 9 | 1.3 | 2 отв. Ø 6H8 | Сверлильная | Ручной | 1 |
| 10 | 1.4 | Торец К 1,5 | Токарная | Пневматический | 1 |
| 11 | 1.4 | Выступ 12 h11 | Фрезерная | Пневматический | 2 |
| 12 | 1.4 | Ø 31H9 | Токарная | Пневматический | 1 |
| 13 | 1.5 | Подошва Б | Фрезерная | Пневматический | 1 |
| 14 | 1.5 | Пов. 14±0,5 | Фрезерная | Гидравлический | 2 |
| 15 | 1.5 | 2 отв. Ø 12 ^{+0.043} | Сверлильная | Ручной | 1 |
| 16 | 1.5 | 6 отв. М6-7Н | Сверлильная | Ручной | 1 |
| 17 | 1.5 | Ø 60 ^{+0.054} | Расточная | Пневматический | 1 |
| 18 | 1.6 | Паз 15 ^{+0.043} | Фрезерная | Пневматический | 1 |
| 19 | 1.6 | Отв. Ø 15 ^{+0.043} | Сверлильная | Ручной | 1 |
| 20 | 1.6 | Торец 10, выточка Ø 70 ^{+0.03} | Токарная | Пневматический | 1 |
| 21 | 1.6 | Ø 55 ^{+0.03} | Шлифовальная | Ручной | 1 |
| 22 | 1.6 | Ø 75 _{-0.03} | Шлифовальная | Ручной | 1 |
| 23 | 1.7 | 4 отв. Ø 6 | Сверлильная | Пневматический | 1 |
| 24 | 1.7 | Торец Б, 37h10 | Токарная | Пневматический | 1 |
| 25 | 1.7 | Ø 134 ^{+0.16} | Токарная | Пневматический | 1 |
| 26 | 1.7 | Z=69, m=2 | Зубодолбежная | Пневматический | 1 |
| 27 | 1.8 | Ø 40F9 | Токарная | Пневматический | 1 |
| 28 | 1.8 | 3 отв. Ø 18 | Сверлить | Пневматический | 1 |
| 29 | 1.8 | Торец Б | Токарная | Пневматический | 1 |

| | | | | | |
|----|-----|--|-------------|----------------|---|
| 30 | 1.8 | Выточка 5мм | Токарная | Ручной | 1 |
| 31 | 1.9 | Отв. Ø 12h10 | Сверлильная | Ручной | 1 |
| 32 | 1.9 | Отв. Ø 26H8, Ø20H8 | Сверлильная | Пневматический | 1 |
| 33 | 1.9 | Отв. Ø 15H8 | Сверлильная | Пневматический | 1 |
| 34 | 1.9 | Паз Б, $4^{+0,1}_{-0,08} \times 8^{+0,08}_{-0,08}$ | Долбежная | Ручной | 1 |
| 35 | 1.9 | Отв. Ø 30H8 | Токарная | Ручной | 1 |

$\sqrt{Ra6,3}$ (✓)



ГОСТ 30893.2-мк
Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Рисунок 1.2 – Корпус подшипника

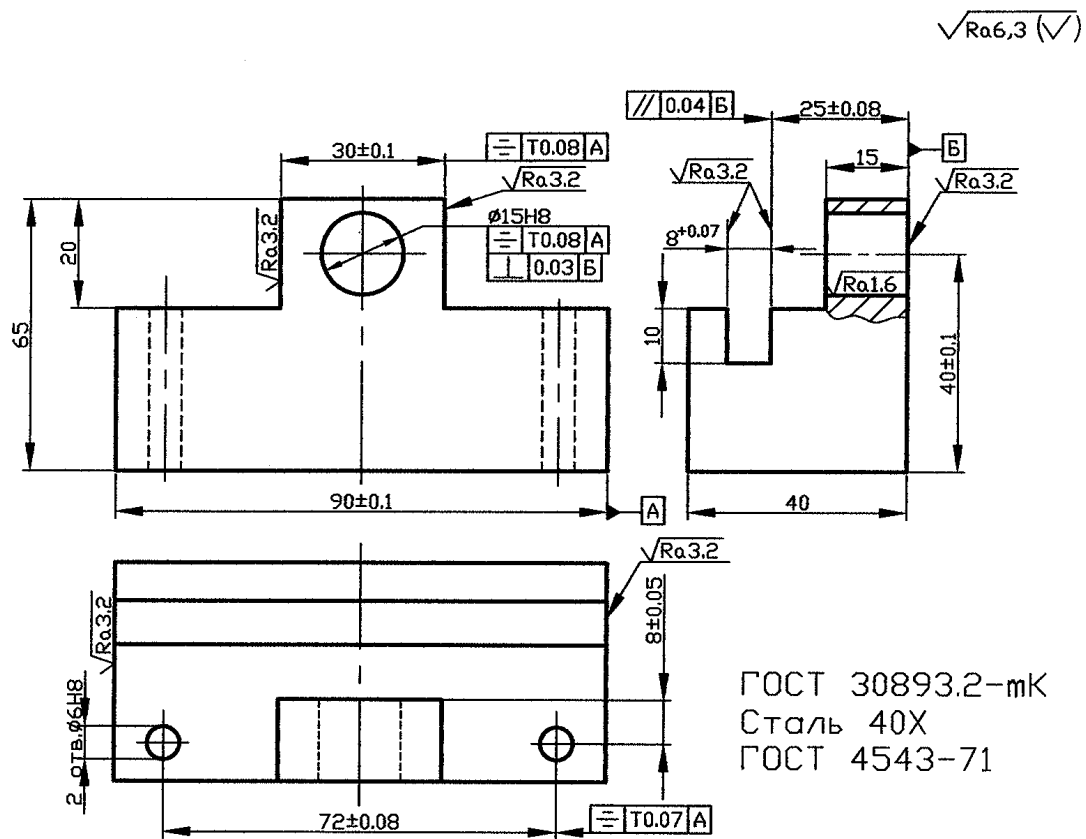
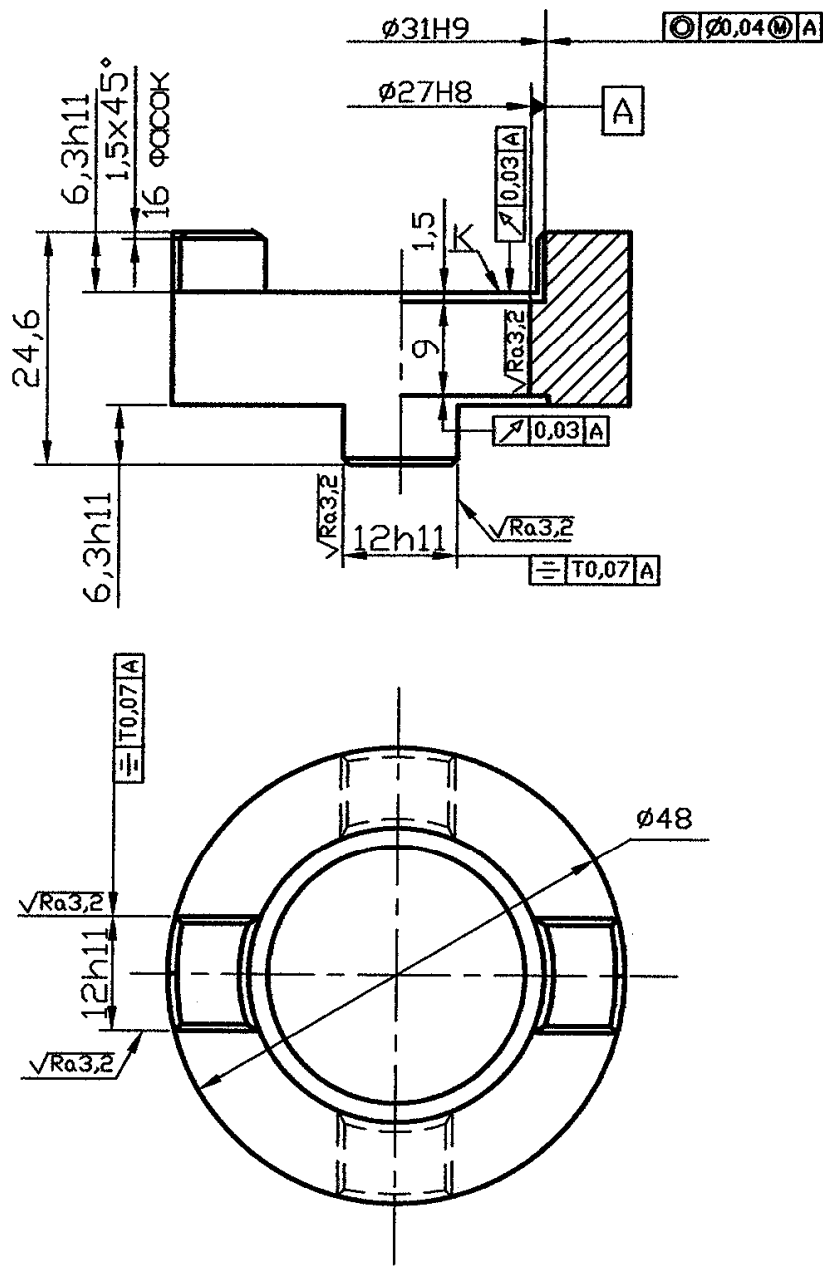


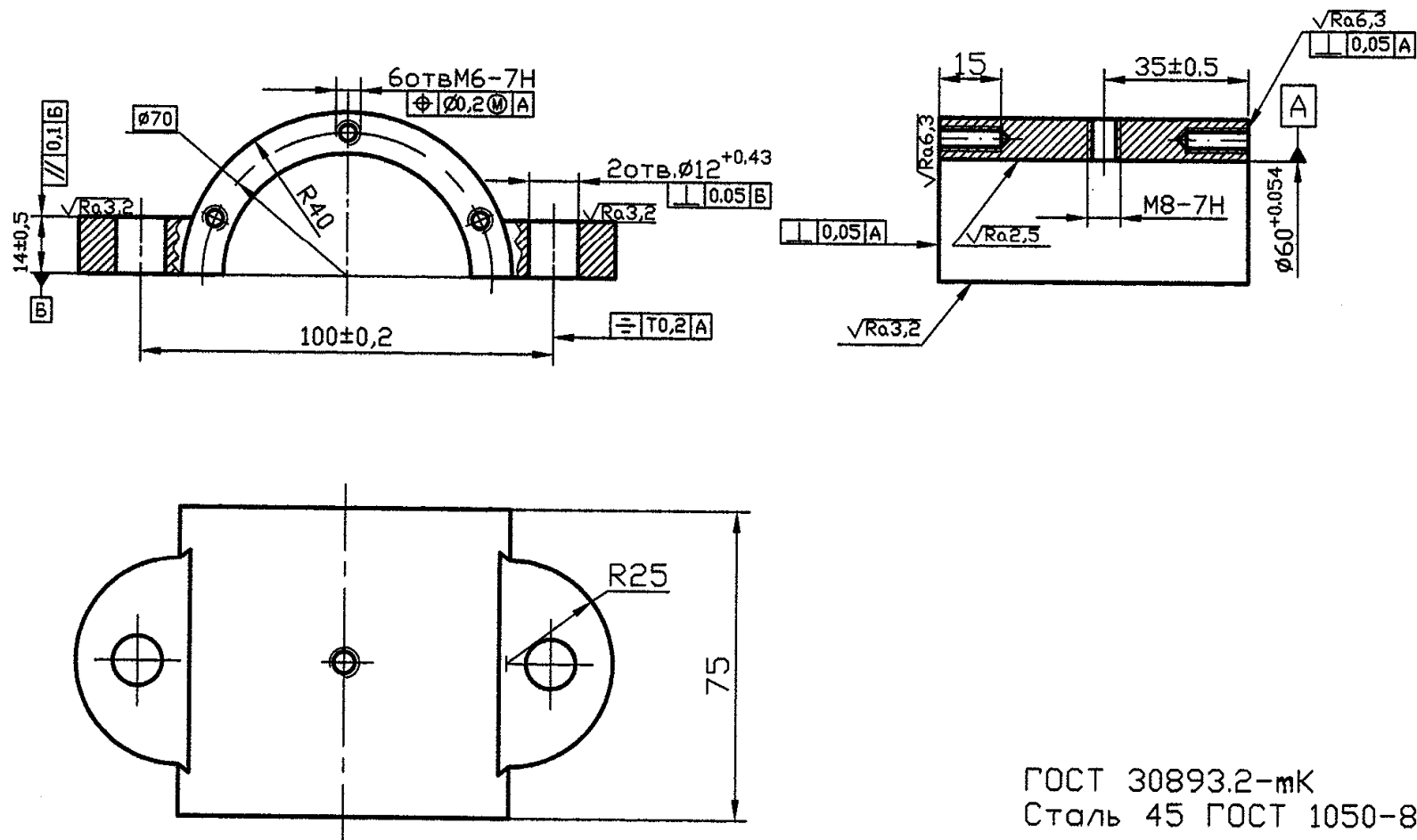
Рисунок 1.3 – Ползун

$\sqrt{Ra6,3} (\checkmark)$



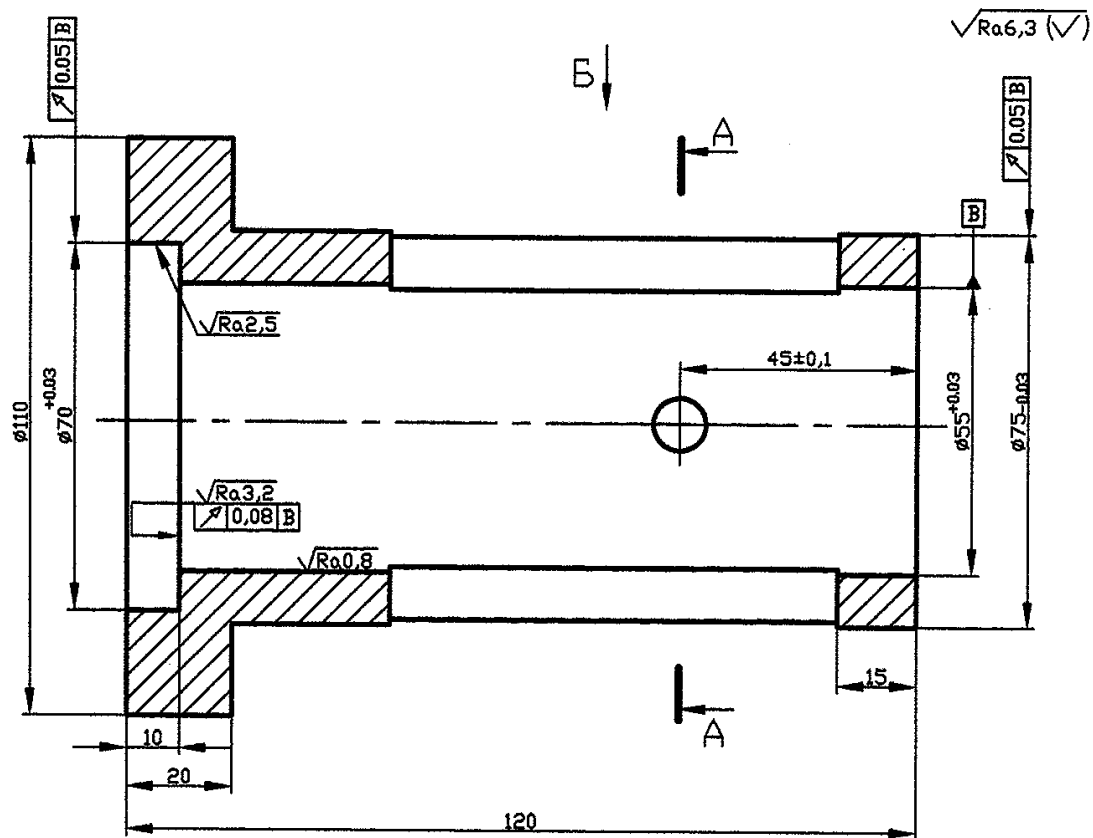
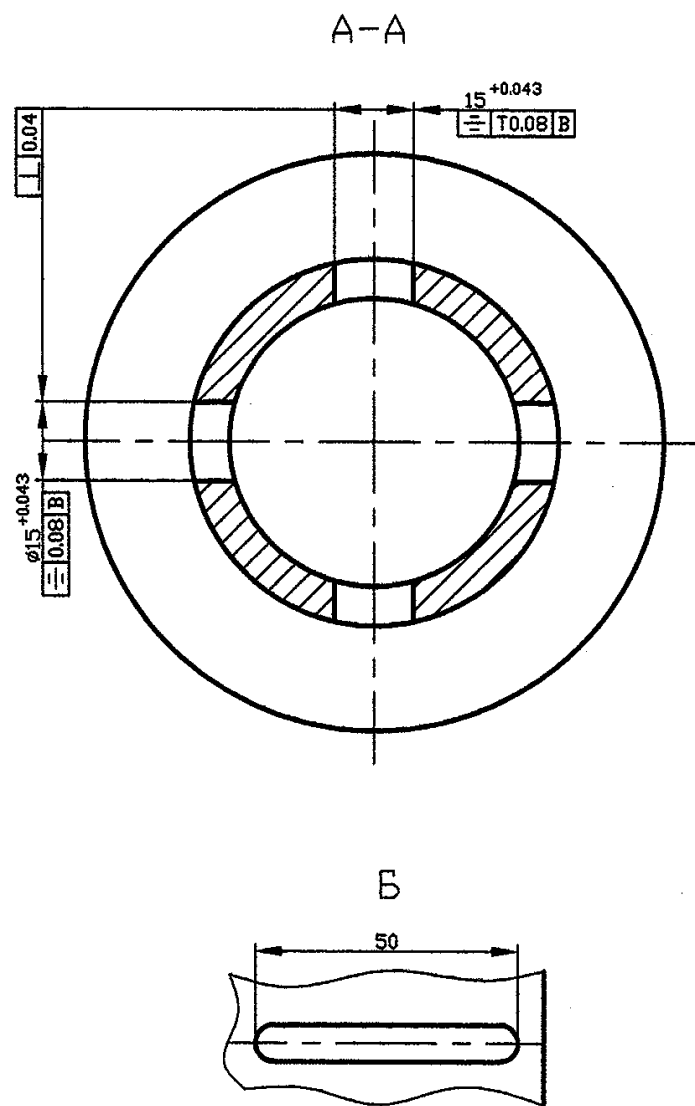
ГОСТ 30893.2-мк
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71

Рисунок 1.4 – Диск



ГОСТ 30893.2-мк
Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Рисунок 1.5 – Крышка опоры

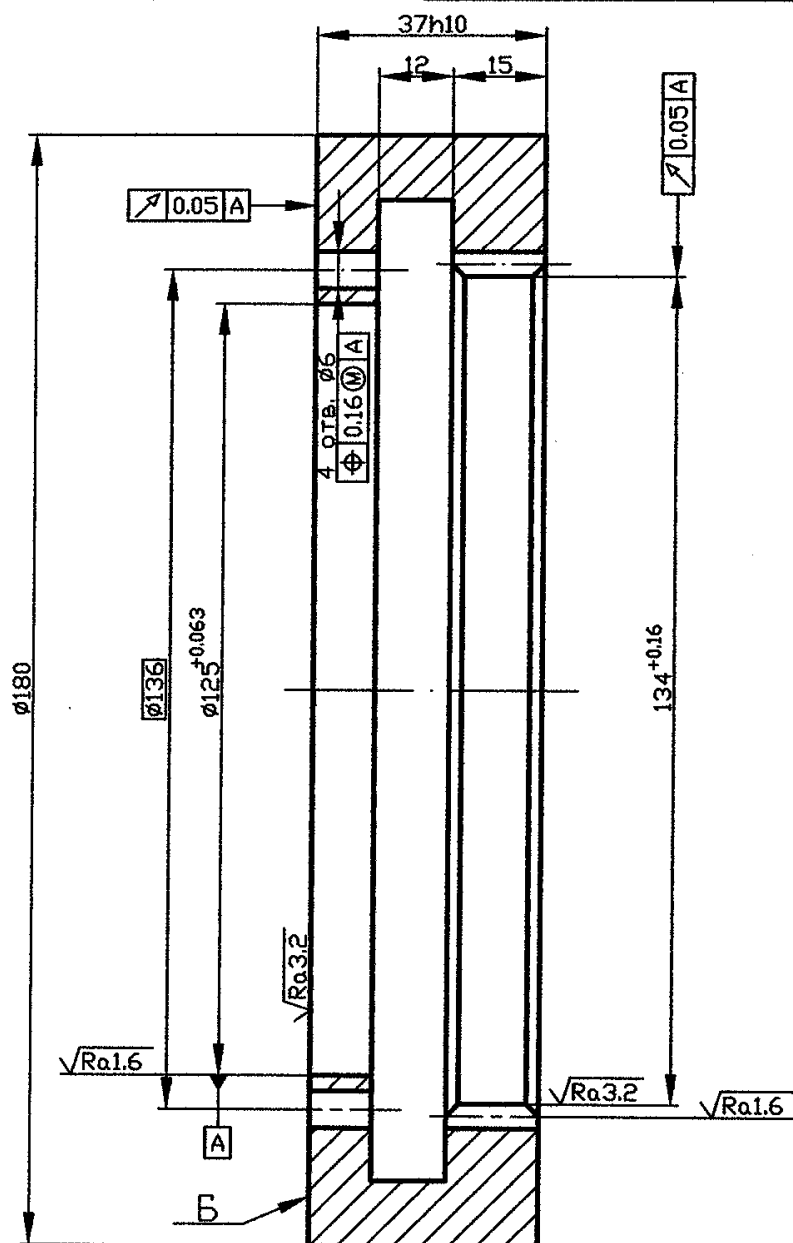


ГОСТ 30893.2-МК
Чугун СЧ 21
ГОСТ 1412-85

Рисунок 1.6 – Втулка

$\sqrt{Ra_{6,3}}$ (✓)

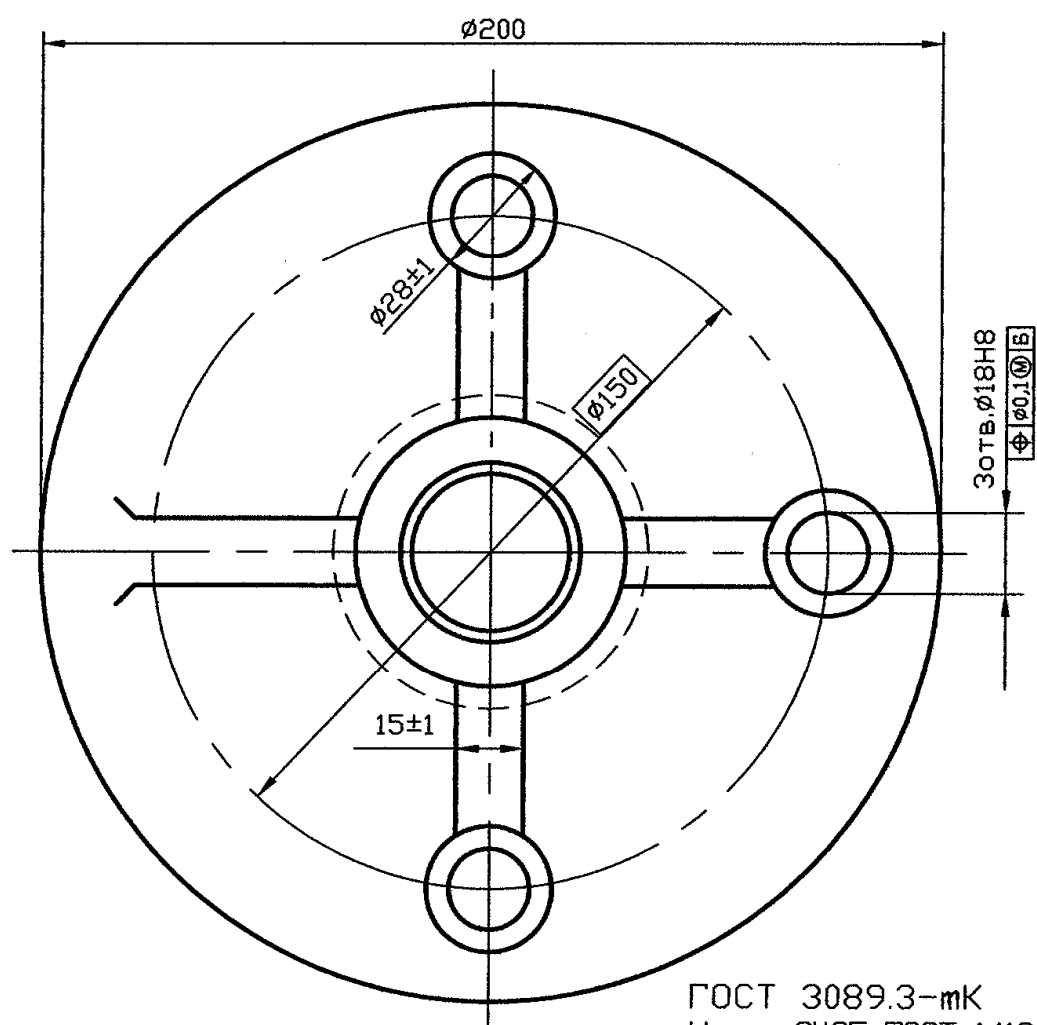
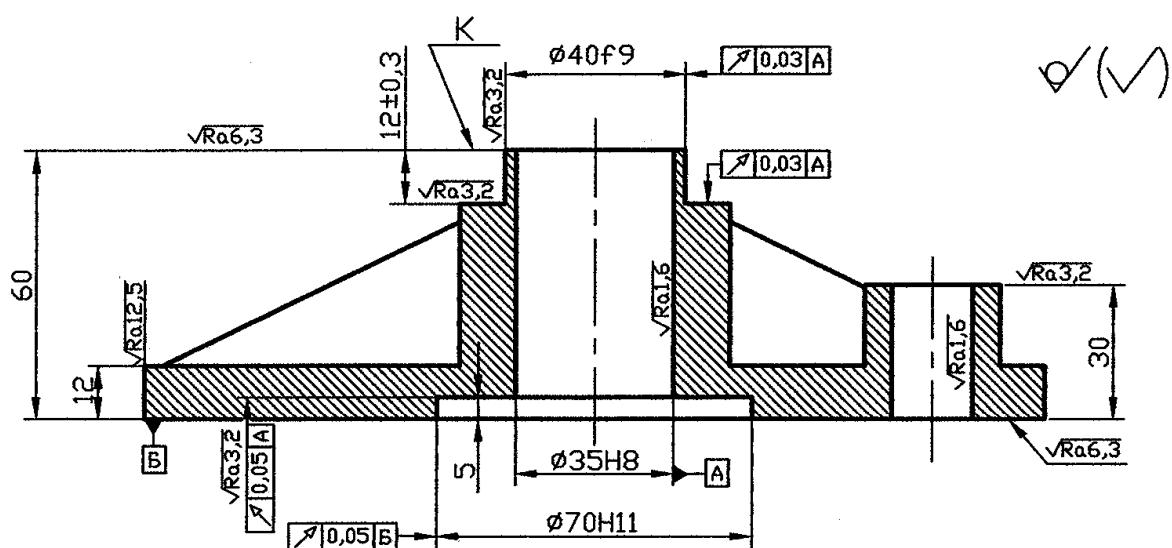
| | | |
|---------------------|---|-----|
| Модуль | m | 2 |
| Число зубьев | z | 69 |
| Степень точности | - | 8 |
| Делительный диаметр | d | 138 |



ГОСТ 30893.2-мк

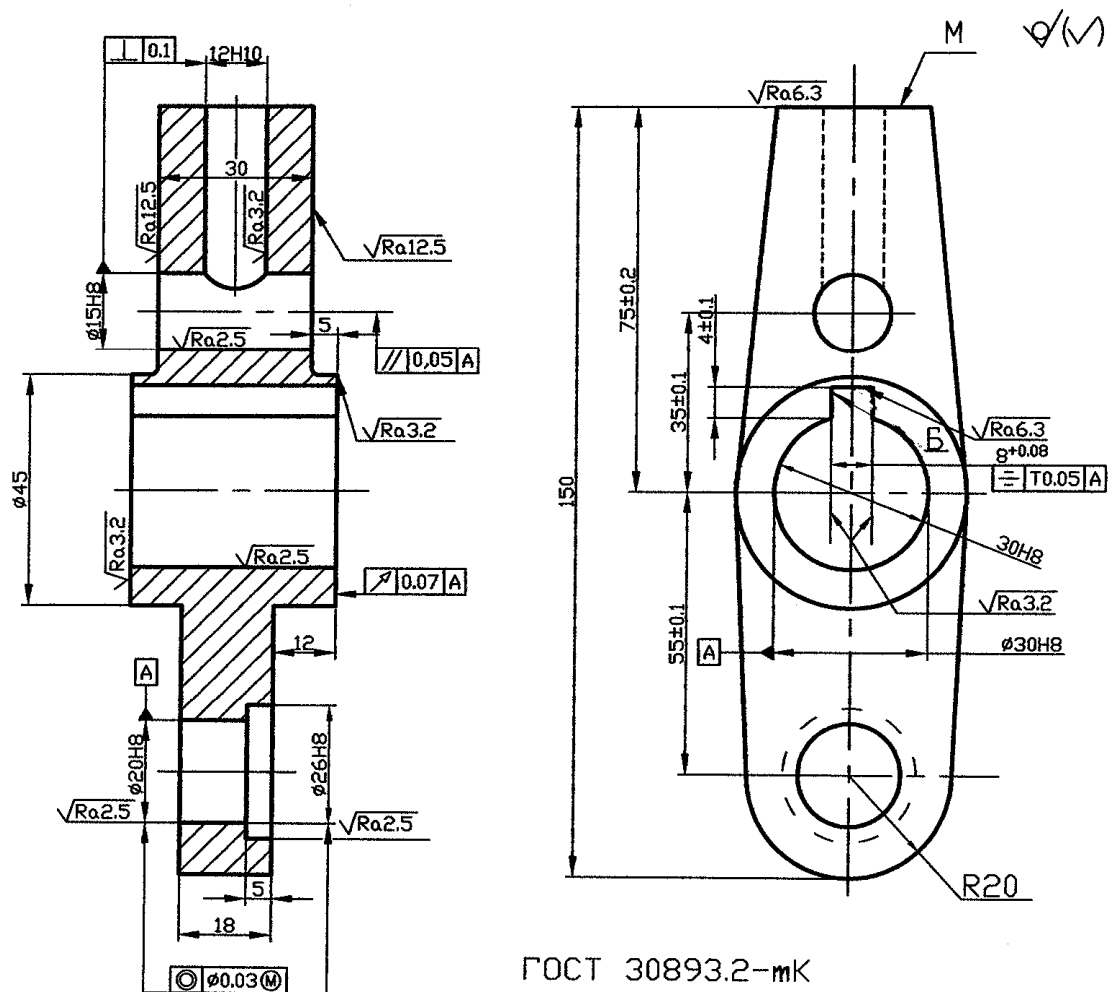
Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Рисунок 1.7 – Обойма зубчатая



ГОСТ 3089.3-мк
Чугун СЧ25 ГОСТ 1412-85

Рисунок 1.8 – Крышка торцовая



ГОСТ 30893.2-мк
Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Рисунок 1.9 – Рычаг

Порядок выполнения лабораторного занятия

1. Ознакомиться с вариантом полученного задания (таблица 1.6, рисунки 1.2 – 1.9).
2. Проанализировать чертеж детали, выявить требования к точности обработки заданной поверхности, определить технологические базы и их состояние после выполнения предыдущих операций технологического процесса.
3. Разработать схему базирования заготовки при обработке заданной поверхности. Обозначение опор и установочных устройств на технологических базах заготовки нанести условно.
4. На основании схемы базирования разработать схему приспособления (упрощенный эскиз). На схеме приспособления указать условно зажим заготовки и упрощенно зажимные элементы (винты, рычаги, прихваты и т. д.).
5. Принять решение и указать упрощенно на схеме приспособления расположение и тип привода (пневмоцилиндр, электропривод и т. д. с учетом задания).
6. Описать принцип работы приспособления.

2. РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА ТОЧНОСТЬ

Цель занятия:

- практическое освоение методики расчета приспособлений на точность;
- закрепление знаний, полученных при изучении теоретического курса.

Пояснения к занятию

Суммарная погрешность обработки заготовки по координирующему размеру с использованием приспособления не должна превышать допуск T на него, указанный в чертеже. Приведенное условие можно записать в следующем виде:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i + \sum_{j=1}^m \Delta_j \leq T, \quad (2.1)$$

где первую группу составляют статические погрешности ε_i , связанные с приспособлением, а также погрешности, в явном виде влияющие на точность изготовления приспособления, а вторую – погрешности Δ_j , зависящие от технологического процесса и в явном виде на точность изготовления приспособления не влияющие.

Составляющие первой группы:

- $\varepsilon_{пр}$ – погрешность изготовления приспособления по выбранному параметру, зависящая от погрешности изготовления и сборки установочных и других элементов приспособления;
- $\varepsilon_б$ – погрешность базирования заготовки в приспособлении;
- $\varepsilon_з$ – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима;
- $\varepsilon_у$ – погрешность установки приспособления на станке;
- $\varepsilon_{и}$ – погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления;
- $\varepsilon_{ст}$ – погрешность, возникающая в результате геометрической погрешности станка (биение шпинделя, погрешности перемещения стола и др.);
- $\varepsilon_{н.ст}$ – погрешность настройки станка на размер (согласованной установки режущего инструмента, рабочих элементов стола и установочных элементов приспособления в положение, обеспечивающее получение размера обработки с заданным допуском;
- $\varepsilon_{п}$ – погрешность от перекоса инструмента, проявляющаяся в приспособлениях, имеющих элементы для направления и определения положения или траектории движения инструмента.

Составляющие второй группы:

- Δ_y – погрешность вследствие упругих отжатию технологической системы под влиянием сил резания;
- $\Delta_{и}$ – погрешность от размерного изнашивания инструмента;
- Δ_T – погрешность от тепловых деформаций технологической системы.

При расчете точности приспособления необходимо определить допускаемую величину погрешности $\varepsilon_{пр}$, для чего необходимо первоначально определить все исходные составляющие погрешности.

Значения погрешностей первой группы можно определить расчетным способом и по табличным данным, например, паспортным данным геометрической точности станков, опытными данными точности настройки станков на обрабатываемый размер заготовки, данным, разработанным по результатам эксплуатации приспособлений.

Значения погрешностей второй группы при проектировании приспособлений определить затруднительно. Такое возможно только после обработки технологического процесса. Поэтому используется упрощенный подход, оправданный практикой проектирования приспособлений, при котором на суммарную величину погрешностей второй группы отводится 30 – 50% допуска T обработки координирующего размера.

Если принять условие, что в работе одновременно находится несколько приспособлений одной конструкции, используются однотипные станки на одной операции, то погрешности, входящие в уравнение (2.1.), можно представить как поля рассеивания случайных величин, подчиняющихся закону нормального распределения. В общем случае для расчета приспособления на точность можно воспользоваться уравнением

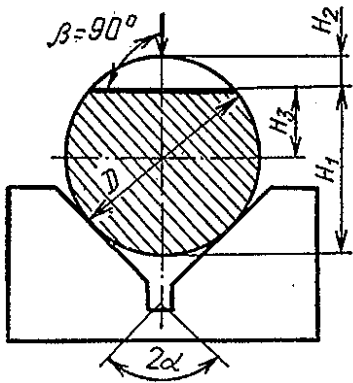
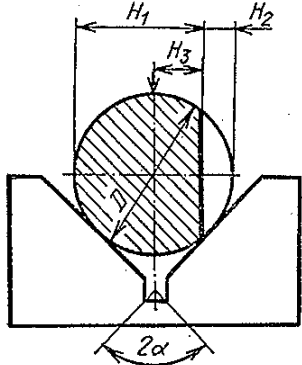
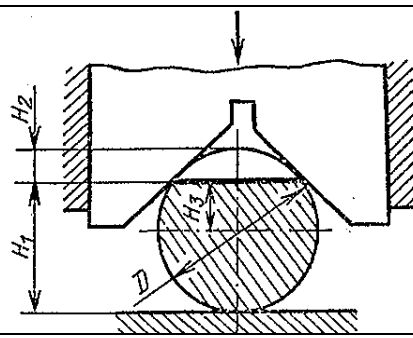
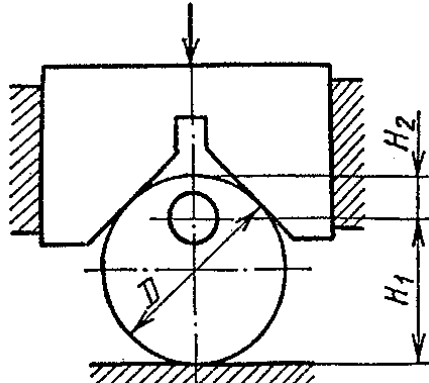
$$\varepsilon_{пр} \leq T - k_T [\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{и}^2 + \varepsilon_{ст}^2 + \varepsilon_{н.ст}^2 + \varepsilon_{п}^2 + (k_{Т1} T)^2]^{0,5}, \quad (2.2)$$

где k_T – коэффициент точности, учитывающий возможное отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения ($k_T = 1,0 \dots 1,2$ в зависимости от количества значимых слагаемых, чем их больше, тем коэффициент меньше); $k_{Т1}$ – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления ($\Delta_y, \Delta_{и}, \Delta_T$): $k = 0,3 \dots 0,5$ (большее значение принимается при меньшем количестве значимых величин погрешностей, зависящих от приспособления).

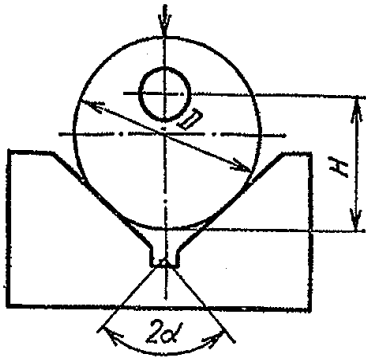
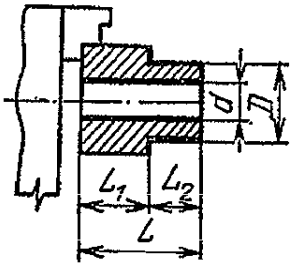
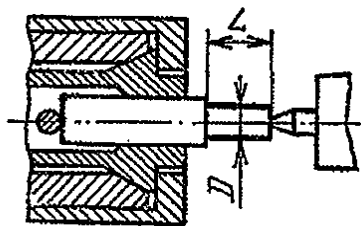
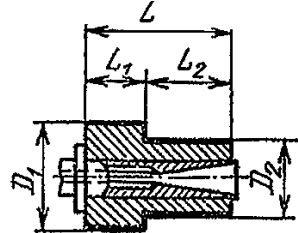
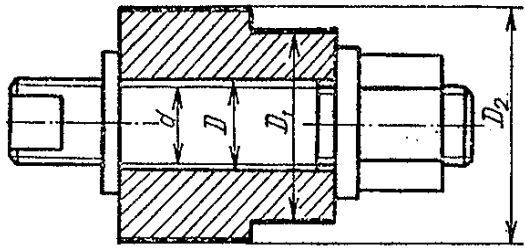
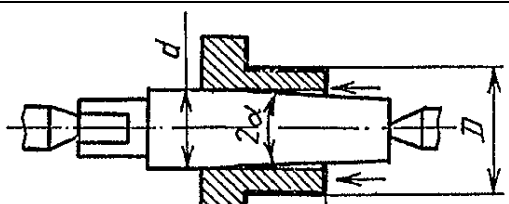
Ниже представлены сведения по выбору значений параметров погрешностей, входящих в зависимость (2.2).

Погрешность базирования ε_6 возникает при несовпадении измерительной и технологической баз. Эта погрешность определяется расчетным путем при анализе схемы базирования детали. Формулы расчета погрешностей ε_6 для ряда распространенных схем базирования приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Погрешность базирования заготовок в приспособлениях

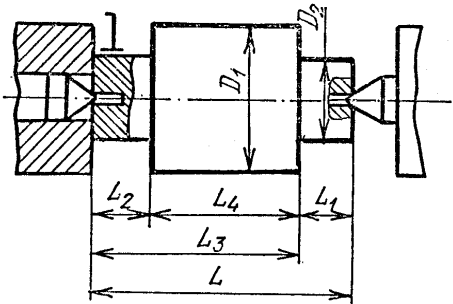
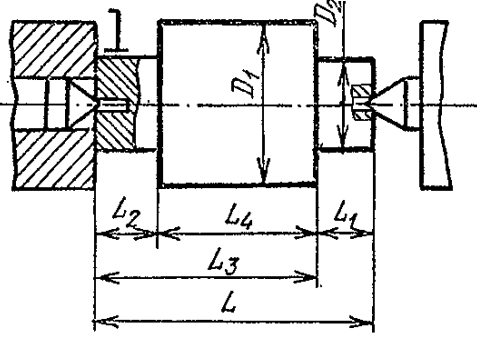
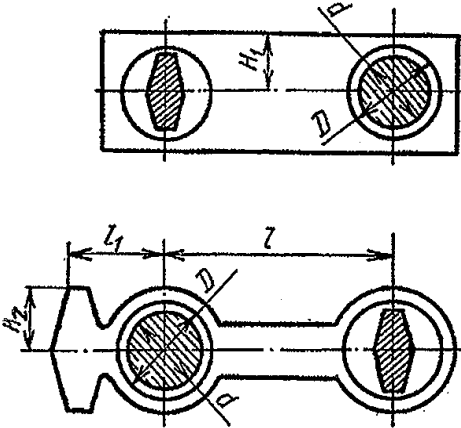
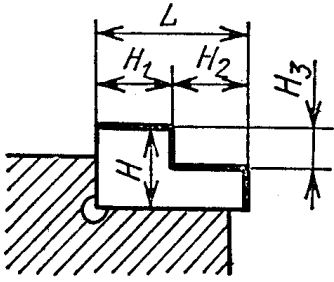
| Базирование | Схема базирования | Размер | Погрешность базирования |
|---|---|--------|------------------------------|
| По наружной цилиндрической поверхности в призму при $\beta = 90^\circ$ |  | H_1 | $0,5 T_D(1/\sin \alpha - 1)$ |
| | | H_2 | $0,5 T_D(1/\sin \alpha + 1)$ |
| | | H_3 | $0,5 T_D/\sin \alpha$ |
| То же при $\beta = 0^\circ$ |  | H_1 | $0,5 T_D$ |
| | | H_2 | $0,5 T_D$ |
| | | H_3 | 0 |
| По наружной цилиндрической поверхности на установочную плоскую поверхность с закреплением призмой |  | H_1 | 0 |
| | | H_2 | T_D |
| | | H_3 | $0,5 T_D$ |
| По плоскости с центрированием подвижной призмой при обработке отверстия, расположенного на оси подвижной призмы |  | H_1 | 0 |
| | | H_2 | T_D |

Продолжение таблицы 2.1

| Базирование | Схема базирования | Раз- мер | Погрешность базирования |
|---|---|------------------|---|
| По наружной цилиндрической поверхности в призму при обработке отверстия по кондуктору |  | H | $0,5 T_D(1/\sin \alpha - 1)$ при $H > 0,5 D$ |
| | | | $0,5 T_D/\sin \alpha$ при $H = 0,5 D$ |
| | | | $0,5 T_D(1/\sin \alpha + 1)$ при $H < 0,5 D$ |
| В кулачковом самоцентрирующем патроне с упором в торец |  | D, d, L_1 | 0 |
| | | L_2 | T_L |
| По внешней поверхности в зажимной цанге по упору |  | D, L | 0 |
| На разжимной или жесткой оправке с натягом при обработке цилиндрической поверхности |  | $D_1, D_2, L_1,$ | 0 |
| | | L_2 | T_L |
| На жесткой оправке со свободной посадкой при минимальном зазоре Δ |  | D | $0,5(\Delta + T_d + T_D)$ |
| На конусной оправке при обработке цилиндрической поверхности |  | D_1 | $0,5T_d$ |
| | | L_1 | $0,5T_d/\operatorname{tg} \alpha$ |

| | | | |
|--|--|-------|---|
| | | L_2 | $0,5T_d/\operatorname{tg} \alpha + T_L$ |
|--|--|-------|---|

Окончание таблицы 2.1

| Базирование | Схема базирования | Раз- мер | Погрешность базирования |
|---|---|---------------------------|--------------------------------------|
| По центровым гнездам с жестким передним центром при подрезке двух торцов резцами, настроенными на размер |  | L_1 | $T_L + \Delta_{\text{ц}}$ |
| | | $L_2, L_3,$ | $\Delta_{\text{ц}}$ |
| | | D_1, D_2, L_4 | 0 |
| По центровым гнездам с плавающим передним центром |  | L_1 | T_L |
| | | D_1, D_2, L_2, L_3, L_4 | 0 |
| По двум цилиндрическим отверстиям на жесткий цилиндрический и срезанный пальцы с минимальным зазором Δ при обработке верхней плоскости |  | H_1 | $\Delta + T_d + T_D$ |
| | | H_2 | $(\Delta + T_d + T_D) (L_1 + l) / l$ |
| По плоскости при обработке уступа |  | H_1 | 0 |
| | | H_2 | T_L |
| | | H_3 | T_H |

Примечание. Буквы в таблице обозначают: T_D, T_d – допуски по диаметру; T_L, T_H – допуски на линейные размеры; $\Delta_{\text{ц}}$ – просадка центров.

Просадка центров рассчитывается с учетом точности выполнения конуса центрального отверстия, ее величина в зависимости от диаметра центрального гнезда может быть принята по опытным данным, приведенным в таблице 2.2 [2, 5].

Таблица 2.2 – Величина просадки центров $\Delta_{\text{ц}}$

| | | | | | |
|--|---------------|---------------|-----------|------------|------------|
| Наибольший диаметр центрального гнезда, мм | 1,0; 2,0; 2,5 | 4,0; 5,0; 6,0 | 7,5; 10,0 | 12,5; 15,0 | 20,0; 30,0 |
| Просадка центров $\Delta_{\text{ц}}$, мм | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,21 | 0,25 |

Погрешность закрепления ε_3 вызывается контактными перемещениями в стыке заготовка-установочные элементы и деформацией заготовки под действием сил закрепления. Опытные данные по погрешности закрепления из-за перемещений в стыках приведены в таблицах 2.3 – 2.6.

Таблица 2.3 – Погрешности закрепления ε_3 в направлении силы зажима при установке деталей на плоские опоры (пластины и штифты, призмы)

| Тип зажима | ε_3 , мкм, при максимальном размере опорной плоскости заготовки, мм | | |
|---|---|----------|-----------|
| | 10...30 | 30...100 | свыше 100 |
| Винтовой или эксцентриковый с ручным приводом | 25 | 35 | 45 |
| Планкой, прихватом, рычагом с механизированным приводом | 15 | 25 | 30 |

Таблица 2.4 – Погрешности закрепления ε_3 в направлении, перпендикулярном силе зажима, при обработке в тисках

| Тип тисков | Способ установки | ε_3 , мкм |
|---------------------------|--|-----------------------|
| Винтовые | На подкладке в свободном состоянии | 100 |
| | На подкладке с подстукиванием при зажиме | 50 |
| Эксцентриковые | На подкладке в свободном состоянии | 60 |
| | На подкладке с подстукиванием при зажиме | 30 |
| Пневматические (рычажные) | В свободном состоянии | 20...30 |

Таблица 2.5 – Погрешности закрепления ε_3 при обработке в патронах

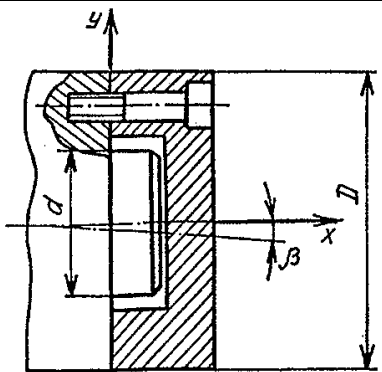
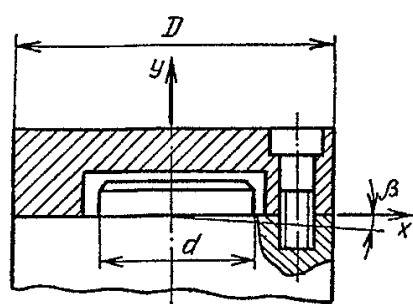
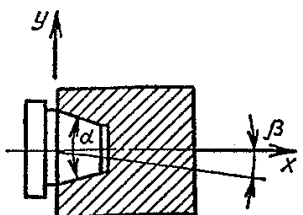
| Тип патрона | Направление погрешности | ε_3 , мкм |
|--|-------------------------|-----------------------|
| Трехкулачковый самоцентрирующий | Радиальное | 40...50 |
| | Осевое | 10...40 |
| Патроны с гофрированными втулками и гидропластом | Радиальное | 5...10 |
| | Осевое | - |
| Цанговые патроны | Радиальное | 15...35 |
| | Осевое (без упора) | 20...30 |
| Патроны с тарельчатыми пружинами | Радиальное | 10...15 |
| | Осевое | - |
| Мембранные патроны | Радиальное | 5...10 |
| | Осевое | - |

Таблица 2.6 – Погрешности закрепления ε_z при обработке на оправках

| Тип оправки | Направление погрешности | ε_z , мкм |
|---|-------------------------|------------------------|
| Цилиндрические с зазором | Радиальное Осевое | В пределах зазора 5 |
| Цанговые | Радиальное Осевое | 10...20 20...30 |
| С гидропластом, упругими втулками, тарельчатыми пружинами | Радиальное Осевое | 5...10 - |
| Конусные | Радиальное | 20 |

Погрешность ε_y установки приспособления на станке зависит от зазоров между присоединительными элементами приспособления и станка, а также от неточности изготовления присоединительных элементов. Расчетные формулы определения этой погрешности для ряда типовых случаев установки приспособлений на станке приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Погрешность ε_y , мм, установки приспособлений на станках

| Принцип установки приспособления | Схема установки | Погрешность ε_y в направлении | | |
|--|---|---|------------|----------------------|
| | | оси x | оси y | угла β |
| На горизонтальный шпиндель по торцу и центрирующему пояску |  | ΔT | s | $2\arctg \Delta T/D$ |
| На вертикальный стол по торцу и центрирующему пояску |  | s | ΔT | $2\arctg \Delta T/D$ |
| На конус шпинделя |  | 0,03...0,06 | - | $\delta\alpha$ |

Продолжение таблицы 2.7

| Принцип установки приспособления | Схема установки | Погрешность ε_y в направлении | | |
|--|-----------------|---|---------|------------------------|
| | | оси x | оси y | угла β |
| В шпиндель с конусом Морзе: № 0, 1, 2, 3 № 4, 5, 6 | | 0,01...0,20 0,20...0,50 | - | - |
| В центрах | | 0,01...0,03 | - | - |
| На горизонтальный стол по Т-образному пазу | | s | - | $ls/l_{шп}$ |
| По двум штифтовым отверстиям | | $\delta L_1 + 0,25\Sigma s'$ | - | $\arctg \Sigma s'/L_1$ |

Примечание. Буквы в таблице обозначают: ΔT – торцовое биение опорной поверхности приспособления, принимается в пределах 0,01 – 0,04 мм; s – максимальный зазор в сопряжениях базирующих поверхностей, мм; $\Sigma s'$ – сумма максимальных зазоров между штифтами и отверстиями, мм; $\delta\alpha$ – погрешность половины угла конуса α , принимается в пределах $2' - 8'$; δL_1 – допуск на расположение координат штифтовых отверстий, мм; D – диаметр центрирующего пояска, мм; $l_{шп}$ – расстояние между шпонками, мм; l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Погрешность, связанная с износом установочных элементов приспособления $\varepsilon_{и}$, определяется по эмпирическим зависимостям и опытным данным [2, п. 3.4; 5, гл. X; 6, гл. 1]. Допускается задаваться износом и устанавливать периодичность его контроля. Соответствующая за-

пись выполняется на чертеже приспособления. Во всех случаях расчета точности приспособления влияние погрешности износа установочных элементов на нее должно быть доказано.

Износ опор и установочных устройств в некоторых типах приспособлений может до определенного времени его эксплуатации компенсироваться периодической настройкой станка на обрабатываемый размер, которая выполняется в начале работы и при замене затупившегося инструмента. Соответствующие положения вносятся в технические требования чертежа приспособления.

Приближенно износ установочных элементов может определяться по формуле [5]:

$$U = U_0 k_1 k_2 k_3 k_4,$$

где U_0 – средний износ установочных элементов для чугуновой заготовки при усилии зажима $W = 10$ кН и базовом числе установок $N = 100000$ (таблица 2.8); k_1, k_2, k_3, k_4 – коэффициенты, учитывающие соответственно влияние на износ материала заготовки, оборудования, условий обработки и числа установок заготовки, отличающиеся от принятых при определении U_0 и приведенных в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Значения среднего износа U_0 , мкм, установочных элементов

| Тип установочных элементов | Материал установочных элементов | | |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------|
| | Сталь 20 (цемент.) закаленная | Сталь 40X закаленная | Сталь У10А закаленная |
| Опоры: | | | |
| со сферической головкой | 170 | 155 | 145 |
| с плоской головкой | 85 | 75 | 70 |
| с рифленной головкой | 145 | 135 | 130 |
| Призмы | 125 | 115 | 110 |
| Опорные пластины гладкие | 45 | 40 | 38 |
| Пальцы установочные: | | | |
| срезанные | 100 | 90 | 85 |
| цилиндрические | 65 | 55 | 50 |
| Оправки цилиндрические | 60 | 50 | 45 |

Значения коэффициентов:

– $k_1 = 1,0$ (чугун); $k_1 = 0,95$ (сталь незакаленная); $k_1 = 0,90$ (сталь закаленная);

– $k_2 = 1,0$ (универсальное); $k_2 = 1,25$ (специальное); $k_2 = 1,50$ (автоматические линии);

– $k_3 = 0,95$ (лезвийная обработка стали с охлаждением); $k_3 = 1,0$ (то же для стали без охлаждения); $k_3 = 1,10$ (то же для чугуна без охлаждения); $k_3 = 1,30$ (шлифование стали с охлаждением); $k_3 = 1,55$ (то же для чугуна без охлаждения);

– $k_4 = 2,80$ (до 5000 установок); $k_4 = 2,40$ (до 10000 установок); $k_4 = 1,80$ (до 20000 установок); $k_4 = 1,30$ (до 40000 установок); $k_4 = 1,0$ (50...100 тысяч установок).

Допуски изготовления и на износ кондукторных втулок при сверлении отверстий по 11 качеству точности приведены в таблице 2.9 [2].

Таблица 2.9 – Допуски на изготовление и износ кондукторных втулок по внутренней поверхности, мкм

| Допуск | Номинальный диаметр сверла, мм | | | | | | |
|--------------|--------------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | 1...3 | 3...6 | 6...10 | 10...18 | 18...30 | 30...50 | 50...80 |
| Изготовления | 14 | 17 | 20 | 24 | 30 | 35 | 40 |
| На износ | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |

Средняя интенсивность изнашивания направляющих втулок при сверлении отверстий на 10 м пути можно принимать равной 3...5 мкм при обработке серого чугуна, 4...6 мкм – при обработке стали, 1...2 мкм – при обработке алюминиевых сплавов. Исходя из этих значений, а также данных по допустимому износу (таблица 2.9), годовому объему выпуска деталей и длине пути сверления отверстий через направляющую втулку, определяется срок их эксплуатации до контрольной проверки.

Погрешность от перекоса инструмента ε_n определяется расчетом. Например, при сверлении по кондукторным втулкам в расчете ε_n

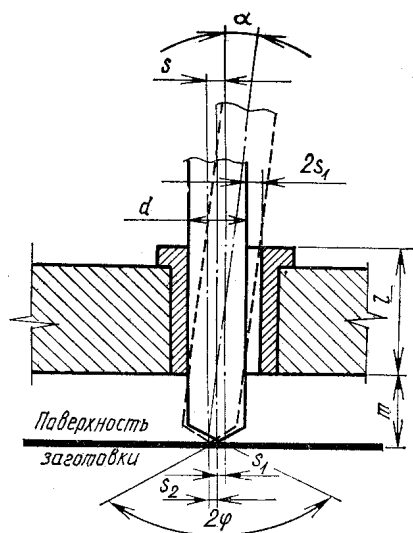


Рисунок 2.1 – Схема расчета перекоса и смещения сверла в кондукторной

следует руководствоваться схемой (рисунок 2.1) направления обрабатывающего инструмента. На ней показан зазор m , через который выбрасывается сходящая по канавкам сверла стружка. При сверлении чугуна и других хрупких материалов $m = (0,3...0,5)d$, при сверлении стали и других пластичных материалов $m = d$ (d – диаметр инструмента). Величина m влияет на точность сверления.

При расчете кондуктора на точность смещение s_2 представляет собой погрешность ε_n от перекоса и рассчитывается по формулам:

$$\text{при } m \geq 0,3 d \quad \varepsilon_n = 2s_1 m / l;$$

$$\text{при } m = 0 \quad \varepsilon_n = 2s_1 \cdot 0,3d / (l - 0,3d).$$

Здесь l – длина направляющего элемента (втулки), мм; величина $0,3d$ является высотой части сверла, на которой выполнена заточка его главных режущих кромок с углом в плане $\varphi \approx 120^\circ$.

Если перекося сверла нет, то максимальное смещение s_1 сверла от среднего положения равно половине диаметрального зазора $2s_1$. При перекосе сверла во втулке к параллельному смещению s_1 оси отверстия добавляется смещение s_2 . Суммарное смещение инструмента составит $s = s_1 + s_2$.

Точностной расчет кондукторов включает дополнительно:

- подбор диаметра инструмента и отверстий кондукторных втулок для обработки отверстий с учетом заданной чертежом точности [5, таблицы 83 – 85];
- расчет погрешности от смещения и перекося инструмента;
- определение погрешности обработки отверстий, связанной с погрешностью установки кондукторной плиты относительно опор и установочных устройств приспособления;
- определение погрешности координат кондукторных втулок при обработке нескольких отверстий.

Погрешность настройки станка на размер $\varepsilon_{н.ст}$ в общем случае зависит от погрешности регулирования положения инструмента (по лимбу, по эталону или жесткому упору с использованием щупа и т. п.) и погрешности измерения обрабатываемого размера при настройке. Расчетные формулы и соответствующие данные представлены в справочнике [6]. На практических занятиях можно использовать данные по средним допускаемым погрешностям настройки, приведенным в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Средние допускаемые погрешности настройки $\varepsilon_{н.ст}$, мкм, для лезвийных инструментов [6]

| Интервалы выдерживаемых размеров, мм | Вид обработки | | | |
|---|---------------|----------|--------|-------------|
| | Черновая* | Чистовая | Тонкая | Однократная |
| До 30 | 40-100 | 10 | 5 | 20 |
| Св. 30 до 80 | 60-150 | 20 | 6 | 25 |
| Св. 80 до 180 | 80-200 | 30 | 7 | 30 |
| Св. 180 до 360 | 100-250 | 40 | 8 | 40 |
| Св. 360 до 500 | 120-300 | 50 | 10 | 50 |
| * Меньшие значения принимают при обработке точных черных заготовок (10-12 качества); большие значения – при обработке грубых черных заготовок (13 качество и грубее). | | | | |

Геометрическая погрешность станка $\varepsilon_{ст}$ определяется ГОСТом на его нормы с учетом смещения узлов станка под действием сил резания. Эта погрешность учитывается при чистовой обработке, основные данные приведены в таблицах 2.11–2.14, они выбраны из материалов справочника [6].

Таблица 2.11 – Погрешности размеров, формы и расположения поверхностей после чистовой обработки на токарных и токарно-винторезных станках

| Диаметр обрабатываемой заготовки, мм | До 250 | | Св. 250 до 400 | Св. 400 до 800 | Св. 800 до 1600 |
|--|--------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Длина измерения, мм | 100 | | 200 | 300 | 300 |
| Постоянство диаметра, мкм, для станков класса точности | Н П | 6 (10)* 4 (7) | 8 (20) 5 (12) | 10 (30) 7 (20) | 16 (40) 10 (25) |
| Плоскостность торцовой поверхности, мкм | Н П | 10 6 | 16 10 | 20 16 | 25 20 |
| * Для поперечного (любого) сечения. | | | | | |

Таблица 2.12 – Погрешности размеров, формы и расположения поверхностей после чистовой обработки на токарно-карусельных станках

| Диаметр обрабатываемой заготовки, мм | Постоянство диаметра, мкм, в сечении | | Плоскостность торцовой поверхности, мкм ** |
|---|--------------------------------------|------------|--|
| | поперечном | продольном | |
| До 1600 | 16 (10)* | 30 (20) | 40 (25) |
| Св. 1600 до 2500 | 20 (12) | 40 (25) | 50 (30) |
| Св. 2500 до 4000 | 25 (10) | 50 (30) | 60 (40) |
| * Для станков классов точности Н (П). ** Выпуклость не допускается. | | | |

Таблица 2.13 – Погрешности размеров, формы и расположения поверхностей после чистовой обработки на горизонтально-расточных станках

| Диаметр расточного шпинделя (усиленного), мм | Постоянство диаметра, мкм, в сечении | | | | | Плоскост-ность торцовой поверх-ности, мкм | Перпенди-кулярность отверстия к торцовой поверхно-сти, мкм | Парал-лель-ность осей от-верстий, мкм |
|--|--------------------------------------|---------|-------------|---------|---------------|---|--|---------------------------------------|
| | поперечном | | продоль-ном | | на длин-е, мм | | | |
| | d | d_1 | d | d_1 | | | | |
| До 90 (110) | 16 (10) | 25 (16) | 20 (12) | 20 (12) | 200 | 16 (10) | 26 (16) | 30 (20) |
| Св. 90 до 160 (св. 110 до 200) | 20 (12) | 30 (20) | 30 (20) | 30 (20) | 300 | 30 (20) | 25 (16) | 30 (20) |
| Св. 160 до 200 (св. 200) | 30 | 40 | 40 | 40 | 400 | 40 | 30 | 30 |

Примечания. 1. d – отверстия обрабатывают резцом, закрепленным на расточном шпинделе, с подачей шпинделя; d_1 – резцом, закрепленным на радиальном суппорте планшайбы, с подачей стола или передней стойки.

2. Торцовую поверхность обрабатывают резцом, закрепленным на радиальном суппорте планшайбы, с радиальной подачей (выпуклость не допускается); проверка на длине 300 – 500 мм.

3. Отклонение от параллельности осей отверстий, расточенных на длине 300 мм с подачей стола или расточного шпинделя.

Таблица 2.14 – Погрешности размеров, формы и расположения поверхностей после чистовой обработки на фрезерных консольных станках

| Класс точности станка | Допуск, мкм, для длины измерения, мм | | | | | |
|---|--------------------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| | До 60 | Св. 60 до 100 | Св. 100 до 160 | Св. 160 до 250 | Св. 250 до 400 | Св. 400 |
| Отклонение от плоскостности | | | | | | |
| Н | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 |
| П | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Отклонение от параллельности обработанной поверхности к основанию | | | | | | |
| Н | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 |
| П | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Отклонение от перпендикулярности плоскостей | | | | | | |
| Н | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | |
| П | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | |

Суммарная погрешность обработки, не зависящая от приспособления $\sum \Delta_j$, как указано выше, может быть определена как часть допуска на координирующий размер $[\sum \Delta_i = (0,3 \div 0,5)T]$. Иногда эту часть допуска считают запасом точности приспособления.

Найденное значение выбранного параметра $\varepsilon_{пр}$ указывается в качестве допуска отклонения поверхностей или расстояния между поверхностями, контактирующими соответственно с заготовкой и станком, на чертеже общего вида или записывается в технических требованиях на изготовление и эксплуатацию проектируемого приспособления.

При расчете на точность кондукторов полученная погрешность $\varepsilon_{пр}$ изготовления приспособления будет являться допуском межцентрового расстояния (расчетный параметр) между кондукторными втулками или допуском расстояния между базовой плоскостью (поверхностью) установочного элемента кондуктора и осью кондукторной втулки.

Следующий этап расчета приспособления на точность – разбивка расчетного значения допуска приспособления $\varepsilon_{пр}$ на допуски размеров его деталей, участвующих в размерной цепи с исходным звеном $\varepsilon_{пр}$. После выявления размерной цепи решается прямая задача – определяются размеры и допуски ее составляющих звеньев.

В таблице 2.15 дополнительно даны сведения по источникам размещения материалов, представляющих конструктивные и точностные параметры типовых элементов приспособлений (кондукторных втулок, установов, щупов, направляющих перемещения, фиксаторов, корпусов, шпонок). Эти параметры используются при расчете указанных выше размерных цепей. Там же даны сведения по размещению методики и примеров расчета размерных цепей в приспособлениях.

Таблица 2.15 – Размещение в литературных источниках материалов по составляющим погрешностям в формуле (2.2) расчета точности приспособления

| Составляющие погрешности | Номер источника в списке литературы | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|----------------------------------|----------|------------|-------------------------------|-------|----------|---------------------------|
| | [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] |
| Погрешность ε_{δ} базирования | гл. 3 | гл. 3 п. 3.4, 3.5; | гл. 1 | гл. I | гл. X, табл. 74, 87 – 93 | | | гл. 8 |
| Погрешность ε_z закрепления | гл. 3 | гл. 3 п. 3.4, 3.5; табл. П.1–П.4 | гл. 1 | гл. I | гл. X, табл. 75 – 78, 87 – 93 | | | гл. 8 |
| Погрешность ε_y установки приспособления | гл. 3 | гл. 3 п. 3.4, 3.5 | гл. 1 | гл. I | гл. X, табл. 79, 87 – 93 | | гл. 8 | гл. 8 |
| Погрешность $\varepsilon_{и}$ от износа установочных элементов | | гл. 3 п. 3.4, 3.5 | гл. 1 | | гл. X, табл. 80 – 82, 87 – 93 | | | гл. 8 |
| Погрешность $\varepsilon_{п}$ от смещения и перекоса инструмента | | гл. 3 п. 3.4, 3.5 | гл. 3 | | гл. X, табл. 83 – 85, 88 – 93 | | | гл. 8 |
| Дополнительные погрешности кондукторов | | | | | гл. X | | | гл. 8 |
| Геометрическая погрешность станка $\varepsilon_{ст}$ | | | | | | гл. 1 | | |
| Погрешность настройки станка $\varepsilon_{ст}$ | | | | | | гл. 1 | | |
| Конструктивные параметры и точность элементов приспособлений | | | гл. 1, 3 | гл. I, III | гл. X, табл. 84 | | гл. 3, 4 | гл. 3, 8; л. 3, 4, 13, 14 |
| Методика расчета размерных цепей в приспособлениях | | гл. 3 п. 3.3 | | | гл. VIII | | | гл. 8 |

Порядок выполнения лабораторного занятия

1. Для разработанных на практическом занятии по теме 1 схемы базирования заготовки в приспособлении и схемы приспособления рассчитать допускаемую погрешность изготовления приспособления $\varepsilon_{пр}$ по зависимости (2.2).

2. Сформулировать технические требования на погрешность изготовления приспособления $\varepsilon_{пр}$. Найденное значение указать в технических требованиях на чертеже общего вида (сборочном чертеже) в качестве до-

пуска расположения или размера между поверхностями, контактирующими соответственно с заготовкой и станком.

3. Выявить в конструкции приспособления размерную цепь, включающую в качестве исходного звена погрешность $\varepsilon_{\text{пр}}$. Путем прямого расчета размерной цепи методом максимума-минимума распределить величину погрешности $\varepsilon_{\text{пр}}$ между составляющими размерной цепи.

4. Указать периодичность проверки точности приспособления в соответствии с рекомендациями таблицы 86 [5].

3. РАСЧЕТ СИЛ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ

Цель занятия:

- практическое освоение методики расчета сил закрепления, необходимых при механической обработке заготовок в приспособлении;
- закрепление знаний, полученных при изучении теоретического курса.

Пояснения к занятию

Расчет сил закрепления сводится к решению задачи статики на равновесие твердого тела (заготовки) под действием системы внешних сил.

На обрабатываемую заготовку действуют следующие силы: резания (или моменты резания), закрепления, реакции опор, трения, тяжести. Силы закрепления должны быть достаточными, чтобы исключить смещение заготовки, установленной в приспособление, под действием сил (моментов) резания и силы тяжести (при отсутствии опоры, воспринимающей ее действие).

Для определения силы W закрепления необходимо решить уравнения равновесия:

$$W - k \sum P_{\text{вн}} = 0 \quad (3.1)$$

$$Wl - kM_{\text{вн}} = 0, \quad (3.2)$$

где $P_{\text{вн}}$ ($M_{\text{вн}}$) – внешние силы (моменты), действующие на заготовку в процессе обработки; W (Wl) – силы (моменты), возникающие под действием сил закрепления; l – величина плеча приложения силы закрепления относительно оси поворота заготовки в приспособлении.

Для обеспечения надежности зажима силы (моменты) обработки принимаются с учетом коэффициента запаса k , являющегося произведением первичных коэффициентов: $k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6$. Назначение и величина первичных коэффициентов:

- k_0 – гарантированный коэффициент запаса принимается равным 1,5;
- k_1 – коэффициент, учитывающий возрастание сил обработки при затуплении инструмента, принимается по данным таблицы 3.1 в зависимости от условий обработки;
- k_2 – коэффициент, учитывающий неравномерность сил резания из-за непостоянства толщины снимаемого при обработке припуска (при чистовой обработке равен 1,0, при черновой принимается равным 1,2);
- k_3 – коэффициент, учитывающий изменение сил резания при прерывистой обработке, принимается равным 1,2 при прерывистом точении и торцевом фрезеровании;

- k_4 – коэффициент, учитывающий непостоянство развиваемых приводами сил зажима (для ручных зажимов принимается равным 1,3, пневматических, гидравлических и других механизированных зажимов прямого действия – равным 1,0, для пневмокамер, мембранных патронов и других устройств, развиваемые силы которых зависят от допусков размеров заготовки в направлении зажима, – равным 1,2);

Таблица 3.1 – Значение первичного коэффициента k_1

| Метод обработки | Компоненты сил резания | Значения | |
|---|------------------------|------------|---------------------------|
| | | для чугуна | для стали |
| Сверление | M_K | 1,2 | - |
| | P_z | 1,1 | - |
| Зенкерование предварительное (по корке) | M_K | 1,3 | - |
| | P_z | 1,2 | - |
| Зенкерование чистовое | M_K | 1,2 | |
| | P_z | 1,2 | |
| Предварительное точение и растачивание | P_z | 1,0 | 1,0 |
| | P_y | 1,2 | 1,4 |
| | P_x | 1,25 | 1,6 |
| Чистовое точение и растачивание | P_z | 1,05 | 1,00 |
| | P_y | 1,40 | 1,05 |
| | P_x | 1,30 | 1,00 |
| Фрезерование предварительное и чистовое цилиндрической фрезой | P_z | 1,2...1,4 | 1,6...1,8* 1,2...1,4** |
| Фрезерование предварительное и чистовое торцевой фрезой | P_z | 1,2...1,4 | 1,6...1,8* 1,2...1,4** |
| Шлифование | P_z | - | 1,1...1,2 |
| Протягивание | P | - | 1,5 |

* Для вязких сталей

** Для твердых сталей

- k_5 – коэффициент, учитывающий непостоянство развиваемых сил зажимных устройств с ручным приводом (при удобном расположении рукоятки и угле ее отклонения при зажиме до 90° принимается равным 1,0, в остальных случаях – 1,2);

- k_6 – коэффициент, учитывающий неопределенность положения мест контакта заготовки с установочными элементами и изменение в связи с этим моментов трения, противодействующих повороту заготовки на базовой плоскости (при установке заготовки на опоры с точечным контактом принимается равным 1,0, на опорные пластины – 1,5).

Если в результате расчета значение коэффициента запаса окажется меньше 2,5, его принимают равным этой величине.

Расчет сил зажима в большинстве случаев ведется с учетом сил и моментов трения, возникающих в контактах заготовка – установочные элемен-

ты приспособления. Средние значения коэффициента трения f в зависимости от состояния контактирующих поверхностей приведены в таблице 3.2.

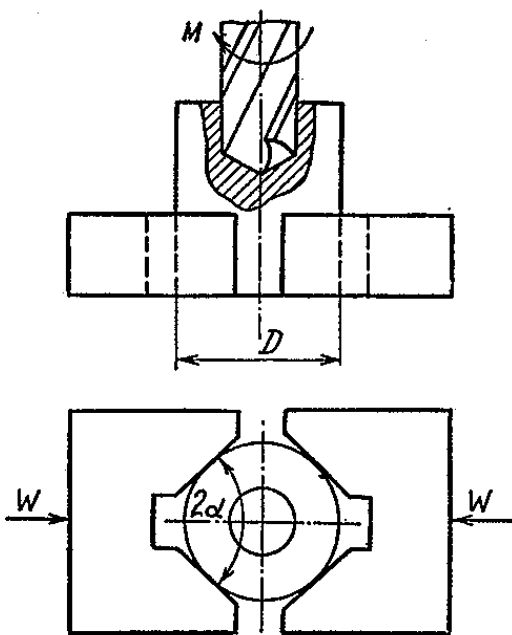
Таблица 3.2 – Величина коэффициента трения в контактах заготовка-установочные элементы

| Условия контакта заготовки и приспособления | Значения f |
|--|--|
| Заготовка контактирует с опорными пластинами приспособления: обработанными поверхностями необработанными поверхностями | 0,15 0,20...0,25 |
| Заготовка контактирует с опорами со сферической головкой приспособления необработанными поверхностями | 0,25 |
| Заготовка контактирует с рифлеными плоскостями опор необработанными поверхностями | 0,7 |
| Заготовка закреплена в патроне с кулачками: гладкими с кольцевыми канавками с взаимно перпендикулярными канавками с острыми рифлениями | 0,15...0,20 0,3...0,4 0,4...0,5 0,7...0,9 |

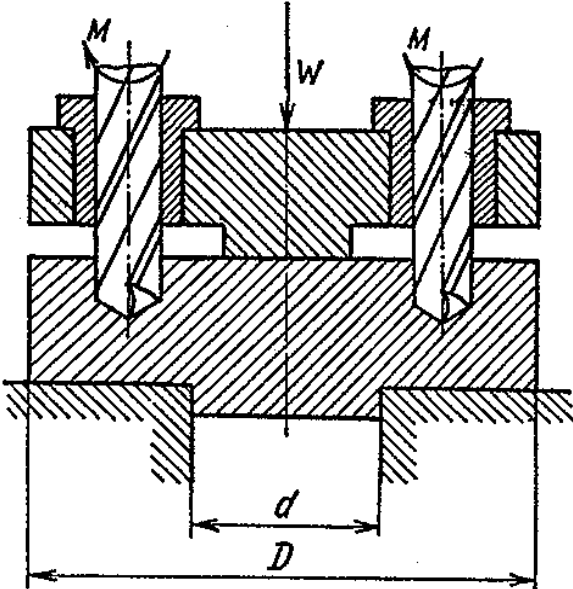
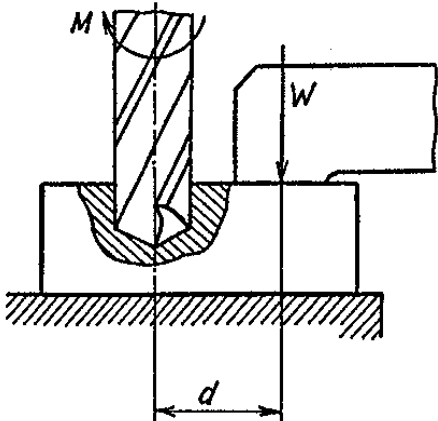
Для составления уравнений равновесия (3.1), (3.2) необходимо воспользоваться знаниями из раздела "Статика" курса «Теоретическая механика» или расчетными зависимостями, приведенными в таблицах 3.3 – 3.6.

В таблице 3.3 рассматриваются схемы закрепления, в которых силы трения, создаваемые на контактных площадках усилием зажима, препятствуют провороту обрабатываемой заготовки под действием крутящего момента сверления M .

Таблица 3.3 – Усилия зажима при обработке на сверлильных станках

| Схема зажима | Расчетная формула |
|--|---------------------------|
| <p>В призмах</p>  | $W = kM \sin \alpha / fd$ |

Продолжение таблицы 3.3

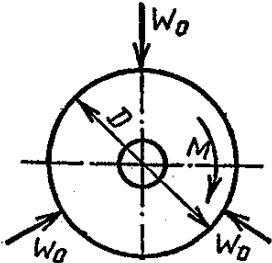
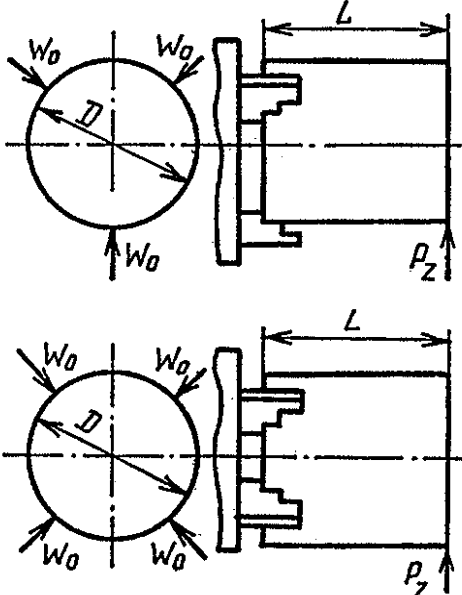
| Схема зажима | Расчетная формула |
|--|--|
| <p>Торцом кондукторной плиты</p>  | $W = kMn / [f \cdot (D^3 - d^3) / 3(D^2 - d^2)]$ |
| <p>Прихватом</p>  | $W = kM / fd$ |

Примечание. Буквы в формулах обозначают: M – крутящий момент на сверле; n – число одновременно работающих сверл; f – коэффициент трения на рабочих поверхностях зажимов, для гладких поверхностей $f = 0,25$, для поверхностей с крестообразно нарезанными канавками $f = 0,45$; k – коэффициент запаса. 2α – угол призмы, град; k – коэффициент запаса.

В таблице 3.4 схема закрепления короткой детали в токарном патроне при расчетном усилии W_0 на каждом кулачке патрона обеспечивает за счет суммарного момента трения, развиваемого этими усилиями, предотвращение проворота обрабатываемой заготовки в кулачках, вызываемого моментом резания M от действия тангенциальной силы P_z . В случае обработки удлиненной детали без поддержки заднего центра момент от действия силы P_z стремится вывернуть обрабатываемую заготовку из

кулачков. Расчетные формулы определяют необходимые усилия зажима в случаях, когда в трехкулачковом патроне заготовка, удерживаемая силами трения, выворачивается с проскальзыванием из одного кулачка, а в четырехкулачковом патроне – из двух кулачков.

Таблица 3.4 – Усилия зажима при токарной обработке в кулачковом патроне

| Схема зажима | Расчетная формула |
|---|---|
| <p>Для крепления коротких деталей</p>  | $W_0 = 2kM / \pi f D$ |
| <p>Для крепления длинных деталей</p>  | <p>В трехкулачковом патроне $W_0 = 1,33kLP_z / fD$ В четырехкулачковом патроне $W_0 = 0,7kLP_z / fD$ </p> |

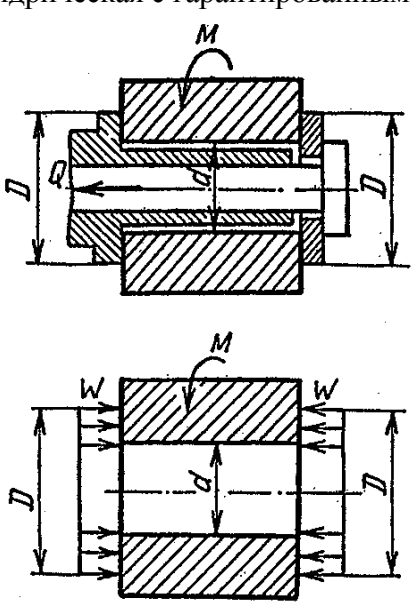
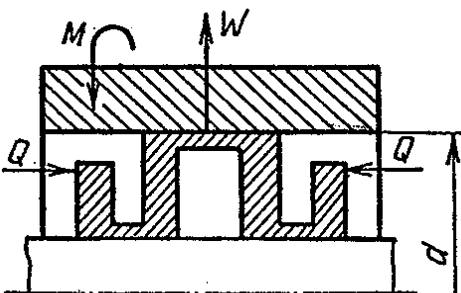
Примечание. Буквы в формулах обозначают: W_0 – требуемое усилие зажима на каждом кулачке; n – количество кулачков; k – коэффициент запаса; M – крутящий момент от усилия резания; P_z – окружное усилие резания; f – коэффициент трения на рабочих поверхностях кулачков (гладких – $f = 0,25$; с кольцевыми канавками – $f = 0,35$; с крестообразными канавками – $f = 0,45$; с зубьями, параллельными оси патрона – $f = 0,8$); D – диаметр зажимной поверхности.

В таблице 3.5 рассматриваются две схемы обработки заготовок с закреплением на оправках. В случае первой схемы между цилиндрической оправкой и базовым отверстием заготовки существует гарантированный зазор и крутящему моменту резания M от действия тангенциальной силы

P_z противодействует момент от сил трения на торцах заготовки, развиваемых усилием зажима W .

В случае второй схемы крутящему моменту резания M от действия тангенциальной силы P_z противодействует момент от сил трения на базовой поверхности отверстия заготовки, развиваемых радиально направленным усилием зажима W . В одних случаях усилие W создается упругой деформацией базирующей поверхности оправки, выполненной в виде цанги, тонкостенной втулки, гофрированной втулки, набора пружинных шайб, в других случаях используются прессовые посадки на цилиндрические или конические (с малым углом конуса) оправки, в третьем случае используются оправки с выдвижными кулачками.

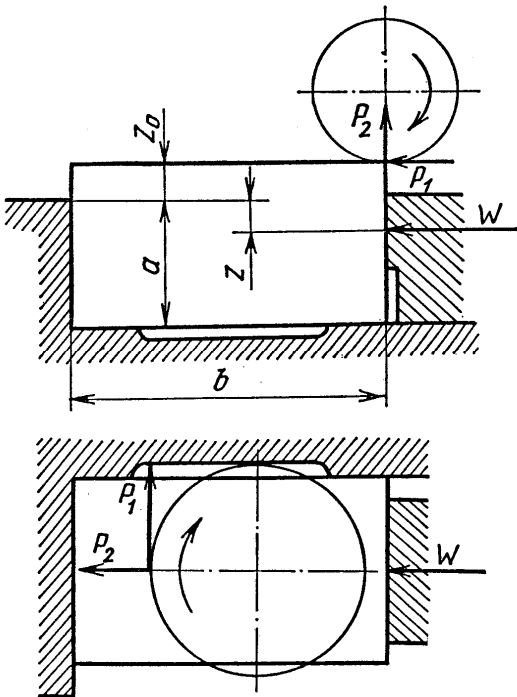
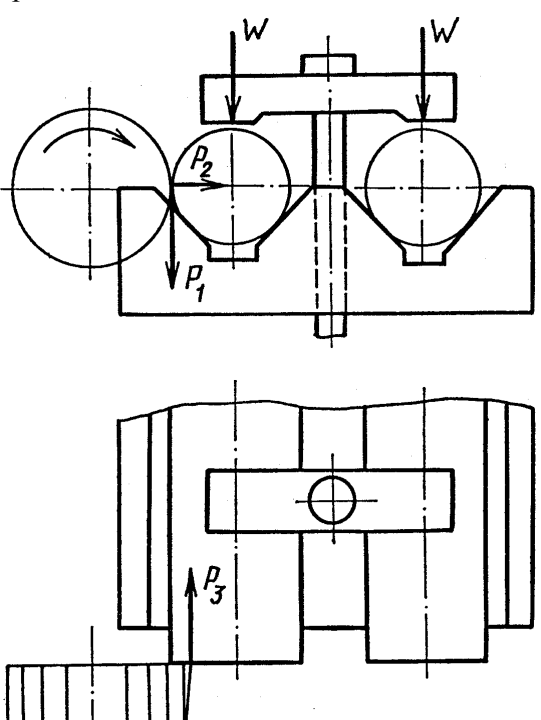
Таблица 3.5 – Усилия зажима при токарной обработке на оправках

| Схема оправки | Расчетная формула |
|--|---------------------------------------|
| <p>Цилиндрическая с гарантированным зазором</p>  | $W = 1,5kM(D^2 - d^2) / f(D^3 - d^3)$ |
| <p>С гофрированными втулками</p>  | $W = 2kM / fd$ |

Примечание. Буквы в формулах обозначают: k – коэффициент запаса; M – крутящий момент от усилия резания; $f = 0,1-0,15$ – коэффициент трения между оправкой и деталью.

В таблице 3.6 схемы действия сил зажима при фрезеровании заготовок обеспечивают предотвращение их смещения от действия моментов и сил резания за счет создаваемых силами зажима моментов, сил трения на опорных поверхностях и моментов от этих сил трения.

Таблица 3.6 – Усилия зажима при обработке на фрезерных станках

| Схема зажима | Расчетная формула |
|---|---|
| <p>В тисках</p>  | $W = k(P_1 \cdot z_0 + P_2 \cdot b) / (z + f \cdot b)$ |
| <p>В призме</p>  | $W = kP_1 \cdot D (\sin \alpha / 2) f \cdot d \text{ (предотвращение поворота заготовки)}$ $W = k(P_3 - P_1 f \sin \alpha) / f \sin \alpha \text{ (предотвращение сдвига заготовки)}$ |

Примечание. Буквы в формулах обозначают: P_1, P_2, P_3 – составляющие сил резания; f – коэффициент трения на рабочих поверхностях зажимов (для гладких – $f = 0,25$; с крестообразно нарезанными канавками – $f = 0,45$; k – коэффициент запаса; D – диаметр обрабатываемых заготовок; 2α – угол призмы, град.

Дополнительные сведения по расчету сил закрепления заготовок в приспособлениях размещены в материалах источников, указанных в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Размещение в литературных источниках материалов по расчету сил закрепления заготовок в приспособлениях

| Разновидности расчетных материалов | Номер источника в списке литературы | | | | | | |
|------------------------------------|--|---|-------|--------|--------------------------|-------|--------|
| | [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [7] | [9] |
| Общие расчетные схемы и формулы | гл. 1 п. 1.6 | гл. 4 п. 4.1, 4.2, табл. 4.1 – 4.4 | гл. 2 | гл. II | табл. 94, 95, 96 | гл. 6 | лист 5 |
| Силы зажима при точении | гл. 4 п. 4.1 | | гл. 2 | | табл. 98– 100, 102 | | |
| Силы зажима при сверлении | гл. 4 п. 4.3; прил. 3 табл. 4.3 | | гл. 2 | | табл. 97 | | |
| Силы зажима при фрезеровании | гл. 4 п. 4.3; прил. 3 табл. 4.3 | | гл. 2 | | табл. 101 | | |
| Силы зажима при шлифовании | гл. 4 п. 4.1 | | | | | | |

Порядок выполнения лабораторного занятия

1. Определить режим резания для заданной на практическом занятии по теме 1 операции (вида) обработки, рассчитать силы (моменты) резания, действующие на обрабатываемую заготовку.
2. Составить схему сил (моментов), действующих на заготовку при обработке ее в приспособлении.
3. Определить коэффициент запаса сил зажима.
4. Составить уравнение (формулу) для расчета силы зажима.
5. Определить силу зажима.

4. РАСЧЕТ СИЛОВЫХ МЕХАНИЗМОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ НА ВЕДУЩЕМ ЗВЕНЕ

Цель занятия:

- ознакомление с силовыми механизмами приспособлений;
- практическое освоение методики выбора и расчета силовых механизмов.

Пояснения к занятию

Силовые механизмы являются промежуточным звеном, связывающим привод с зажимным устройством приспособления, их назначение – увеличение усилия привода и решение вопроса компоновки приспособления.

Силовые механизмы могут представлять как элементарные механизмы, так и сочетание элементарных механизмов. К первым относятся: винтовые, клиновые, эксцентрикковые, рычажные и др. Ко вторым: винто-, эксцентрикко-рычажные, шарнирно-рычажные и т. п.

Силовые механизмы характеризуются передаточным отношением силы зажима W к силе, развиваемой приводом Q : $i_c = W/Q$ и параметрами перемещений – величиной и запасом хода, передаточным отношением перемещения точки приложения усилия зажима S_w к перемещению точки приложения исходной силы S_Q : $i_n = S_w/S_Q$.

Для определения передаточных отношений сил i_c и перемещений i_n сложного силового механизма необходимо перемножить соответствующие передаточные отношения составляющих элементарных силовых механизмов.

Расчет силового механизма заключается в определении силы (момента), которую должен обеспечивать привод, исходя из известной силы зажима.

Винтовые силовые механизмы. В конструкции приспособлений используются в виде нажимного винта или нажимной гайки. Усилие, развиваемое винтовым механизмом, зависит от величины приложенного момента $M_{кр}$, формы рабочего торца винта (гайки) и вида резьбы. В зависимости от формы рабочего торца винта (гайки), исходя из величины требуемого усилия зажима, необходимая величина крутящего момента $M_{кр}$ определяется по формулам таблицы 4.1.

По моменту $M_{кр}$ с учетом требований эргономики выбирают форму головки и длину рукоятки (таблица 4.2). Допускаемое усилие ручного зажима не более 150 Н. При откреплении заготовки момент нужно увеличить примерно в 1,2 раза по сравнению с закреплением.

В зависимости от требуемой силы зажима W и допускаемого напряжения материала винта на растяжение $[\sigma_p]$ определяется наружный номинальный диаметр d , мм, винта для основных метрических резьб:

$$W = 0,64(\pi d^2/4)[\sigma_p] = 0,5d^2[\sigma_p],$$

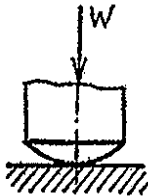
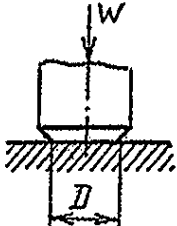
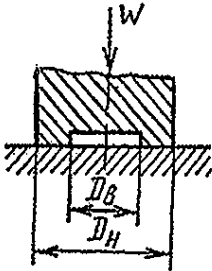
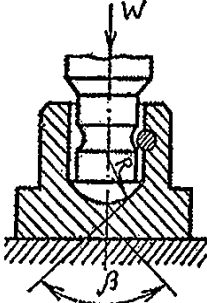
откуда диаметр равен

$$d = \{W/(0,5[\sigma_p])\}^{0,5} \approx 1,4(W/[\sigma_p])^{0,5}.$$

Значения $[\sigma_p]$ в зависимости от марки стали винта и ее термообработки можно определить по таблице П.28 [2] и таблице 106 [5].

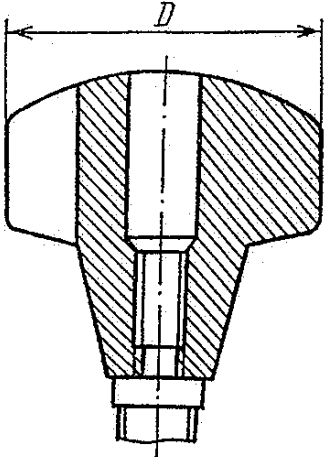
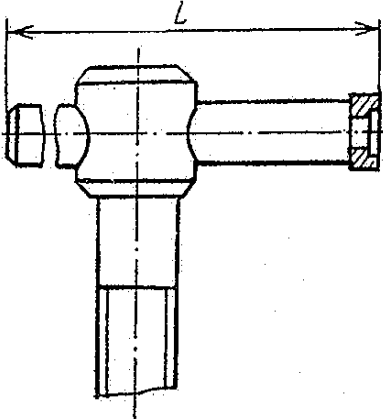
Полученное значение d округляют до ближайшего большего стандартного значения. Обычно в приспособлениях применяют резьбы от М6 до М48.

Таблица 4.1 – Крутящие моменты $M_{кр}$, Н·мм, винтовых механизмов

| Форма венца винта (торца гайки) | Схема зажима | Формула расчета $M_{кр}$ |
|------------------------------------|---|---|
| Сферическая |  | $M_{кр} = W[0,5d \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр})]$ |
| Цилиндрическая |  | $M_{кр} = W[0,5d \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + f_1 D_{ц}/3]$ |
| Плоская кольцевая |  | $M_{кр} = W[0,5d \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + f_1 (D_{н}^3 - D_{в}^3) / (D_{н}^2 - D_{в}^2) 3]$ |
| Под пята |  | $M_{кр} = W[0,5d \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + f_1 R \operatorname{ctg} \beta/2]$ |

Примечание. Буквы в формулах обозначают: $D_{ц}$ – диаметр цилиндрического конца винта, мм; R – радиус сферы винта, мм; $D_{н}$, $D_{в}$ – наружный и внутренний диаметры опорного торца винта (шайбы), мм; β – угол конусного гнезда наконечника, град; $\alpha \approx 2^\circ 30'$ – угол подъема резьбы; $f_1 \approx 0,15$ – коэффициент трения на плоском торце; $\varphi_{пр} \approx 10^\circ 30'$ – приведенный угол трения резьбы.

Таблица 4.2 – Моменты $M_{кр}$ в зависимости от конструктивного оформления нажимных винтов и нажимных гаек

| Номинальный диаметр резьбы | Винты | | | |
|----------------------------|---|---------------------------------|--|---------------------------------|
| | со звездообразной рукояткой | | с рукояткой | |
| |  | |  | |
| | $D, \text{мм}$ | $M_{кр}, \text{Н}\cdot\text{м}$ | $L, \text{мм}$ | $M_{кр}, \text{Н}\cdot\text{м}$ |
| M6 | 32 | 1,57 | 50 | 7,35 |
| M8 | 40 | 2,00 | 69 | 8,80 |
| M10 | 50 | 2,45 | 80 | 11,75 |
| M12 | 62 | 3,00 | 100 | 14,70 |
| M16 | - | - | 120 | 17,60 |
| M20 | - | - | - | - |
| M24 | - | - | - | - |
| M30 | - | - | 160 | 23,5 |

Рычажные силовые механизмы. Конструкции просты и надежны в эксплуатации. Недостаток – отсутствие самоторможения. В таблице 4.3 приведены основные схемы рычажных механизмов, полная и упрощенная формула расчета исходного усилия в зависимости от развиваемых ими усилий зажима.

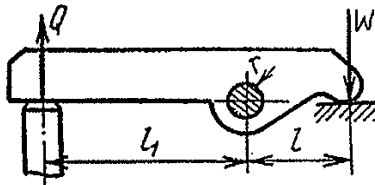
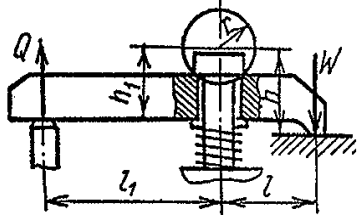
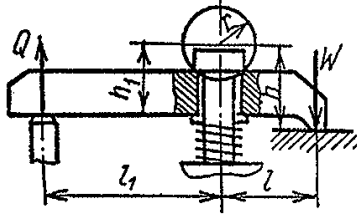
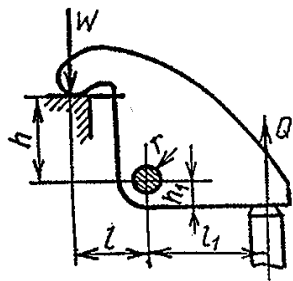
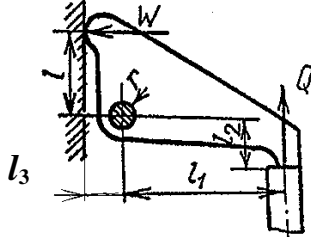
Для расчета хода точки приложения усилия зажима W к закрепляемой заготовке используется формула

$$S_{\min} = T + W/J + \Delta s,$$

где T – допуск на закрепленный размер заготовки, мм; Δs – гарантированный запас хода, принимается в пределах 0,4...0,8 мм; J – жесткость рычажного механизма, принимается в пределах 14...25 кН/мм; W – усилие зажима, кН.

Общий ход равен $S = S_c + S_{\min}$, где S_c – величина свободного хода, необходимая для установки и съема заготовки.

Таблица 4.3 – Усилия привода типовых рычажных механизмов

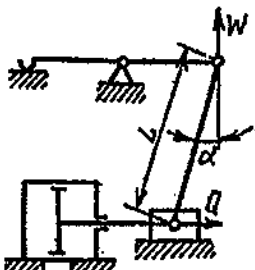
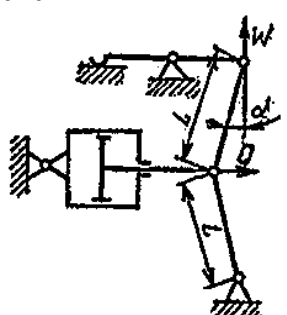
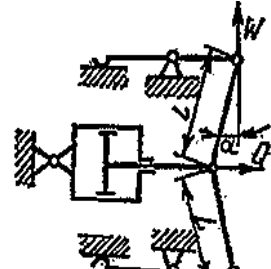
| Схема механизма | Расчетные значения усилия привода Q | Приближенные расчетные значения усилия Q | |
|---|---|--|--|
|  | $Q = W(l + r) / (l_1 - rf_0)$ | $Q = Wl / l_1\eta$ | |
|  | $Q = W(l + hf + rf_0) / (l_1 - h_1f_1 - rf_0)$ | | |
|  | | | |
|  | | | |
|  | $Q = W(l + l_3f + rf_0) / (l_1 - l_2f_1 - 0,4rf_0)$ | | |

Примечание. Принимать значения коэффициентов трения: $f_0 \approx 0,05$ – на оси поворота; $f \approx 0,10 \dots 0,15$ – на зажимаемой поверхности; $f_1 \approx 0,10 \dots 0,15$ – на поверхности, воспринимающей усилие Q ; $\eta \approx 0,85 \dots 0,95$ – КПД рычажного механизма, учитывающий потери на трение.

Рычажно-шарнирные механизмы имеют высокий коэффициент усиления, обладают быстродействием. Недостаток – зависимость усилия зажима от погрешности размеров и жесткости заготовок. В таблице 4.4 приведены некоторые применяемые схемы рычажно-шарнирных механизмов.

мов, расчетные формулы и данные по передаточным отношениям между усилиями W/Q .

Таблица 4.4 – Конструктивные схемы и передаточные отношения рычажно-шарнирных механизмов

| Схема механизма | Расчетная формула передаточного отношения сил | Передаточное отношение усилий W/Q при угле α , град | | | | | | |
|---|---|--|------|------|------|------|------|------|
| | | 5 | 8 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 |
| Идеальный однорычажный шарнирный без учета сил трения | $1 / \operatorname{tg} \alpha$ | 11,43 | 7,12 | 5,67 | 4,71 | 3,73 | 2,75 | 2,15 |
| Идеальный двухрычажный шарнирный без учета сил трения | $1 / 2 \operatorname{tg} \alpha$ | 5,71 | 3,56 | 2,83 | 2,35 | 1,86 | 1,37 | 1,07 |
| Однорычажный шарнирный с ползуном  | $1 / [\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi_1]$ | 4,80 | 3,83 | 3,36 | 3,00 | 2,56 | 2,05 | 1,69 |
| Двухрычажный шарнирный одностороннего действия  | $1 / 2 \operatorname{tg}(\alpha + \beta)$ | 4,63 | 3,10 | 2,53 | 2,14 | 1,72 | 1,29 | 1,01 |
| Двухрычажный шарнирный двустороннего действия  | $1 / \operatorname{tg}(\alpha + \beta)$ | 9,26 | 6,20 | 5,06 | 4,28 | 3,45 | 2,58 | 2,03 |

Примечание. Приняты значения: $\operatorname{tg} \varphi_1 = 0,1$; $\varphi_1 = 5^\circ 30'$; $\beta = 1^\circ 10'$.

В таблице: α – угол наклона; $\beta = \arctg fd/L$ – дополнительный угол к углу наклона α , учитывающий потери на трение в шарнирах; d – диаметр оси шарнира, мм; L – длина рычага, мм; f – коэффициент трения скольжения в шарнире; $tg \varphi_1$ – коэффициент трения скольжения на ползуне.

Расширенные сведения по рычажно-шарнирным механизмам приведены в главе XI и таблице 109 [5], главе 5 [7].

Клиновые механизмы (рисунок 4.1) компактны по конструкции, обеспечивают постоянство сил закрепления и самоторможение, применяются чаще всего в качестве усилителей пневмо- и гидроприводов. Многоклиновые самоцентрирующие механизмы используются в конструкции патронов и оправок.

Требуемая величина перемещения точки приложения усилия зажима, получаемая воздействием клина, определяется по зависимости

$$S_W = T + \Delta_{\text{гар}} + \Delta s + W/J,$$

где T – допуск на закрепленный размер заготовки, мм; $\Delta_{\text{гар}}$ – гарантированный зазор для установки заготовки, принимается равным 0,2...0,4 мм; Δs – запас хода, принимается равным 0,2...0,4 мм; J – жесткость рычажного механизма, принимается в пределах 1...2,5 кН/мм; W – усилие зажима, кН.

Расчетные формулы усилий зажима и передаточных отношений сил клиновых механизмов различных конструкций, обоснованные схемой рисунка 4.1, приведены в таблице 4.5.

Условие самоторможения для клина с трением на двух плоскостях (наклонной и опорной): $\alpha < (\varphi + \varphi_1)$. Здесь: α – угол скоса клина; φ – угол трения на наклонной плоскости клина; φ_1 – угол трения на опорной плоскости клина. Условие самоторможения при трении только по наклонной плоскости клина $\alpha < \varphi$, при трении только по опорной плоскости клина $\alpha < \varphi_1$.

В клиновых механизмах без роликов для обеспечения самоторможения рекомендуется делать угол скоса клина $\alpha < 5^\circ 30'$.

Клиновые механизмы с роликами обычно используются в качестве усилителей и являются несамотормозящими. Угол скоса клина в таких механизмах $\alpha > 10^\circ$.

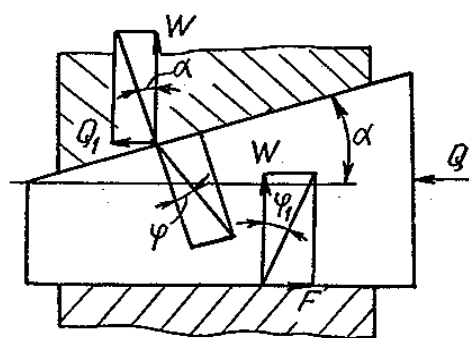
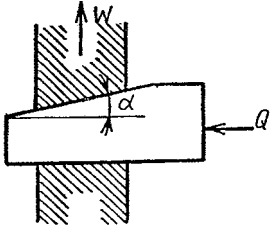
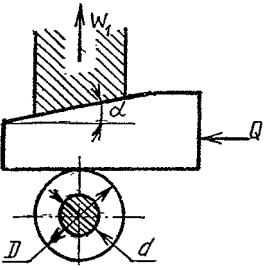
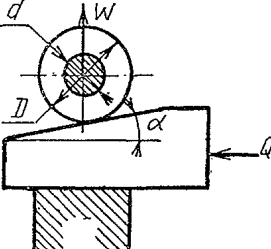
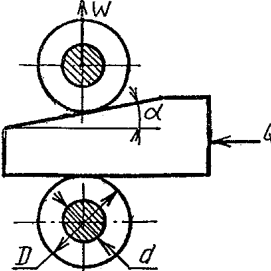


Рисунок 4.1 – Схема действия сил клинового механизма:
 Q – сила привода; W – сила зажима; α – угол скоса клина; φ , φ_1 – углы трения на контактных плоскостях

Таблица 4.5 – Конструктивные схемы и передаточные отношения сил типовых клиновых механизмов

| Схема механизма | Расчетная формула передаточного отношения сил | Передаточное отношение сил W/Q при угле α , град | | | | | | |
|---|---|---|------|------|------|------|------|------|
| | | 5 | 8 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 |
| <p>С трением скольжения на наклонной и опорной поверхностях</p>  | $1 / [\operatorname{tg} (\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1]$ | 3,44 | 2,89 | 2,61 | 2,36 | 2,08 | 1,72 | 1,49 |
| <p>С трением скольжения на наклонной поверхности и с роликом на опорной поверхности</p>  | $1 / [\operatorname{tg} (\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_{1np}]$ | 4,15 | 3,38 | 3,00 | 2,69 | 2,32 | 1,87 | 1,54 |
| <p>С роликом на наклонной поверхности и с трением скольжения на опорной поверхности</p>  | $1 / [\operatorname{tg} (\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1]$ | 4,22 | 3,44 | 3,16 | 2,74 | 2,37 | 1,92 | 1,59 |
| <p>С роликами на наклонной и опорной поверхностях</p>  | $1 / [\operatorname{tg} (\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_{1np}]$ | 5,34 | 4,15 | 3,6 | 3,18 | 2,69 | 2,13 | 1,73 |

Клиноплунжерные механизмы (рисунок 4.2) являются развитием конструкции клиновых механизмов. Одноплунжерные механизмы используются как усилители пневмо- и гидроприводов, многоплунжерные – как центрирующие механизмы патронов и оправок.

Расчет хода клиноплунжерных механизмов аналогичен расчету клиновых механизмов.

Условия самоторможения клиноплунжерных механизмов те же самые, что и клиновых механизмов.

Расчетные формулы усилий зажима и передаточных отношений сил клиноплунжерных механизмов различных конструкций, обоснованные схемой рисунка 4.2, приведены в таблице 4.6.

В случае конструкции механизма с одноопорным плунжером вместо угла трения φ_2 действует приведенный угол трения $\varphi_{2\text{пр}}$.

Эксцентрикые механизмы. Применяются круговые дисковые и криволинейные эксцентрики.

Круговые эксцентрики (рисунок 4.3) более распространены, они просты по конструкции и изготовлению. Их недостаток – непостоянство угла подъема рабочего профиля в месте контакта с поверхностью зажимаемой заготовки и, следовательно, усилий зажима. В связи с этим для обеспечения малого изменения зажимного усилия выбирают рабочий участок профиля кругового эксцентрика в пределах $30...45^\circ$ в каждую сторону от расчетной точки контакта.

Момент M , Н·мм, приложенный к рукоятке эксцентрика, развивает

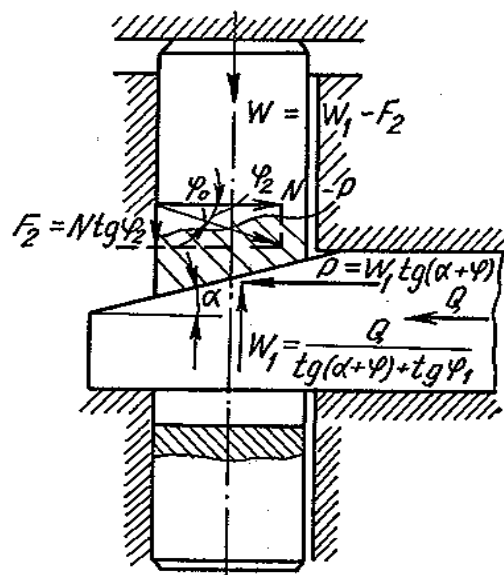


Рисунок 4.2 – Схема действия сил клиноплунжерного механизма с двухопорным плунжером:

Q – сила привода; W – сила зажима;
 α – угол скоса клина; $\varphi, \varphi_1, \varphi_2$ – углы трения на контактных плоскостях

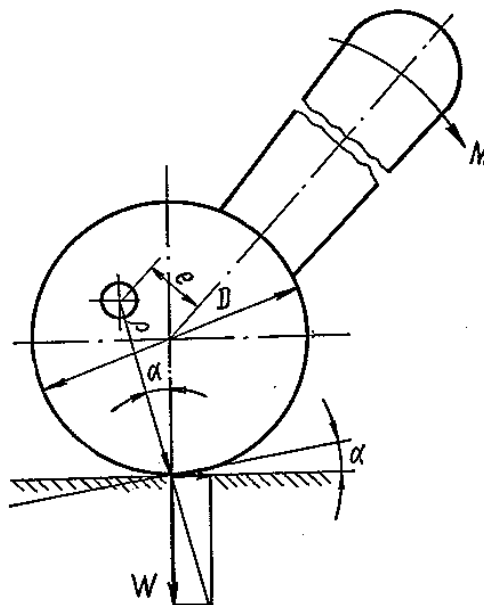


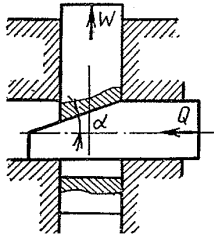
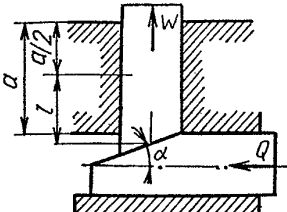
Рисунок 4.3 – Схема действия сил эксцентрикового механизма

усилие зажима W , Н, в месте контакта с поверхностью зажимаемой заготовки (или элемента зажимной системы):

$$M = W\rho[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1],$$

где ρ – расстояние от оси вращения эксцентрика до точки соприкосновения с заготовкой, мм; α – угол подъема кривой эксцентрика, град.; φ – угол трения на площадке контакта эксцентрика с заготовкой, град.; φ_1 – угол трения на оси эксцентрика, град. С достаточной для расчетов точностью значения углов трения принимаются в пределах $6 \dots 8^\circ$.

Таблица 4.6 – Конструктивные схемы и передаточные отношения клинолунжерных механизмов

| Схема механизма | Расчетная формула передаточного отношения сил | Передаточное отношение сил W/Q при угле α , град | | | | | | |
|---|--|---|------|------|------|------|------|------|
| | | 5 | 8 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 |
| С двухопорным плунжером без роликов  | $1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_2 / \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1$ | 3,37 | 2,82 | 2,55 | 2,28 | 2,02 | 1,63 | 1,36 |
| С одноопорным плунжером без ролика  | $1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_{2\text{пр}} / \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1$ | 3,30 | 2,74 | 2,48 | 2,21 | 1,91 | 1,71 | 1,26 |

Длина рукоятки эксцентрика подбирается с учетом требуемого момента M и ограничения прилагаемого усилия ручного привода Q до 150 Н

Диаметр эксцентрика D определяется из условия обеспечения самоторможения, когда $\alpha_{\max} \leq (\varphi + \varphi_1) \approx 8^\circ 30'$, зависимостью $D = (14 \dots 20)e$, где e – эксцентриситет. При обычно применяемом ограничении угла поворота γ эксцентрика в пределах, значительно меньших 180° , величина эксцентриситета может быть рассчитана по формуле

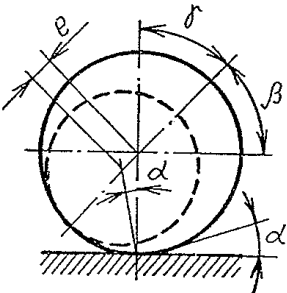
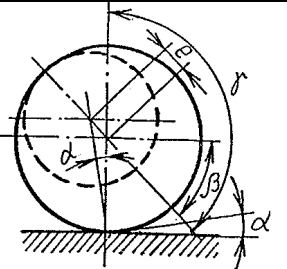
$$e = (\Delta_{\text{gap}} + T + \Delta h + W/J) / (1 - \cos \gamma),$$

где $\Delta_{\text{гар}}$ – гарантированный зазор для установки детали, принимается в пределах 0,2...0,4 мм; T – допуск на размер обрабатываемой заготовки в месте приложения усилия зажима W ; Δh – запас хода эксцентрика, принимается в пределах 0,2...0,4 мм; J – жесткость механизма, принимается в пределах 1...2 кН/мм.

Диаметр цапфы (оси) эксцентрика определяется из условий прочности на смятие ($[\sigma_{\text{см}}] = 15...40$ МПа в зависимости от марки и термообработки стали) с использованием зависимости $d = (W/[\sigma_{\text{см}}])^{0,5}$. При этом ширина цапфы принимается равной диаметру.

Основные параметры круговых эксцентриков приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Основные параметры круговых эксцентриков в зависимости от угла их поворота

| Схема положения эксцентрика | Угол поворота | Угол подъема α | Расстояние от центра вращения эксцентрика до точки контакта с изделием | Ход эксцентрика s |
|---|---------------------------------|--|--|----------------------------------|
|  | $0 < \gamma < 90^\circ$ | $e \cdot \cos(90^\circ - \gamma) / [0,5D - e \sin(90^\circ - \gamma)]$ | $[0,5D - e \sin(90^\circ - \gamma)] / \cos \alpha$ | $e[1 - \sin(90^\circ - \gamma)]$ |
|  | $90^\circ < \gamma < 180^\circ$ | $e \cdot \cos(\gamma - 90^\circ) / [0,5D + e \sin(\gamma - 90^\circ)]$ | $[0,5D + e \sin(\gamma - 90^\circ)] / \cos \alpha$ | $e[1 + \sin(90^\circ - \gamma)]$ |

Ширина диска эксцентрика рассчитывается с учетом допускаемого напряжения $[\sigma]$ в месте контакта эксцентрика с заготовкой. При некоторых допущениях расчетная зависимость представляется в виде

$$B = 0,344 WE / (D[\sigma]^2),$$

где E – модуль упругости материалов эксцентрика и заготовки (для стали $E = (2...2,2) \cdot 10^5$ МПа).

Величина допускаемого напряжения для материала эксцентрика (закаленные стали) $[\sigma] = 800...1200$ МПа.

Полученные расчетом размеры круглого эксцентрика должны быть увязаны с размерами, регламентированными ГОСТ 9061-68.

Силовые механизмы с применением гидропласта (рисунок 4.4) эффективны для точного центрирования и равномерного закрепления в приспособлениях обрабатываемых заготовок с цилиндрической базой. Используются в самоцентрирующих патронах при зажиме заготовки за наружную поверхность и в точных оправках при зажиме за внутреннюю поверхность. Требования к точности базовой поверхности обрабатываемой заготовки высокие, не ниже 7 – 8 квалитетов. Гидропластическое давление обеспечивает необходимое радиальное усилие зажима заготовки через упругую оболочку в виде тонкостенной втулки.

Силовые механизмы с гидропластом используются и в многоместных приспособлениях (рисунок 4.4, а) с передачей гидропластного давления на плунжеры, которые преобразуют давление в усилие зажима.

Особенности применения гидропластмассовых материалов в приспособлениях, их свойства, порядок расчета гидропластмассовых оправок и патронов, основные характеристики применяемых в них тонкостенных гильз и втулок приведены в главе X и таблицах 120-124 [5], а также в главе 7 [7].

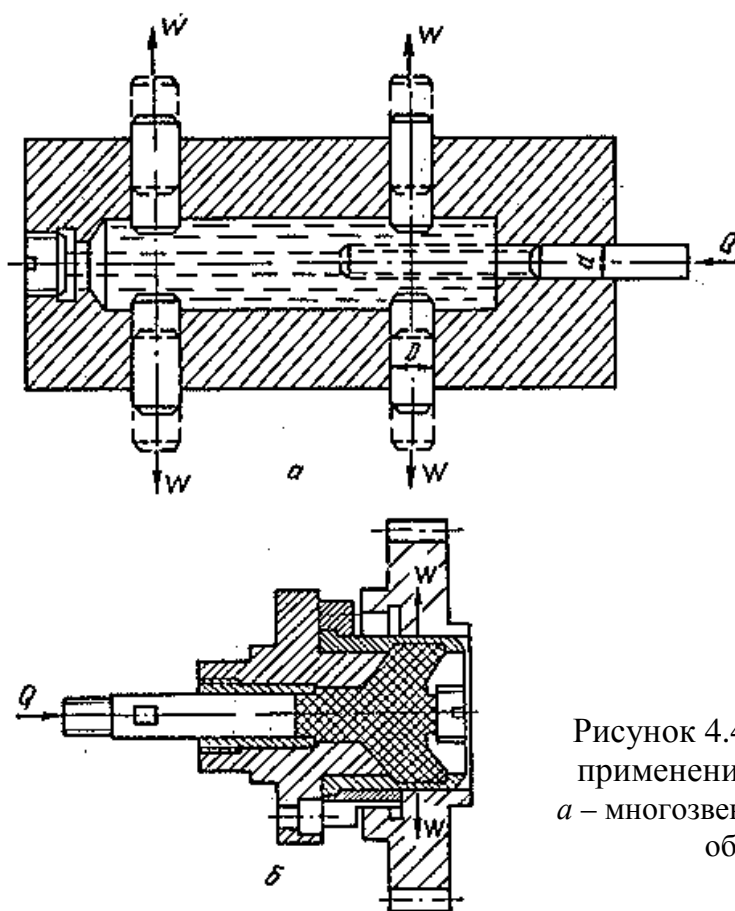


Рисунок 4.4 – Механизмы с применением гидропласта:
а – многозвенные; б – с упругой оболочкой

Гарантированный крутящий момент $M_{кр}$, Н·мм, передаваемый оправкой (патроном):

$$M_{кр.гар} = \pi d^2 f [Q + 0,5 P_k l_k],$$

где d – диаметр базовой поверхности заготовки; $f = 0,16 \dots 0,2$ – коэффициент трения; Q , Н/мм, и P_k , МПа, – силовые факторы, возникающие при контакте упруго деформированной втулки с заготовкой; l_k – длина контактного участка втулки. Рекомендации по определению значений параметров Q , P_k , l_k размещены в таблице 122 [5].

Величина $M_{кр.гар} \geq k M_{рез}$, где $M_{рез}$ – момент резания, создаваемый окружной (тангенциальной) силой резания P_z ; k – коэффициент запаса, принимаемый приближенно $k \geq 2,5$.

Разжимные цанговые оправки и патроны (рисунок 4.5) обеспечивают точное центрирование обрабатываемой заготовки при средней точности соответствующего отверстия и базировочной наружной поверхности (9...11 квалитеты, холоднотянутые прутки).

Конструкции разжимных оправок с цангами, упругими шайбами, гофрированной втулкой рассмотрены в главе X [5], там же в таблицах 130, 131, 133 размещены данные и формулы по выбору конструктивных элементов и силовых параметров.

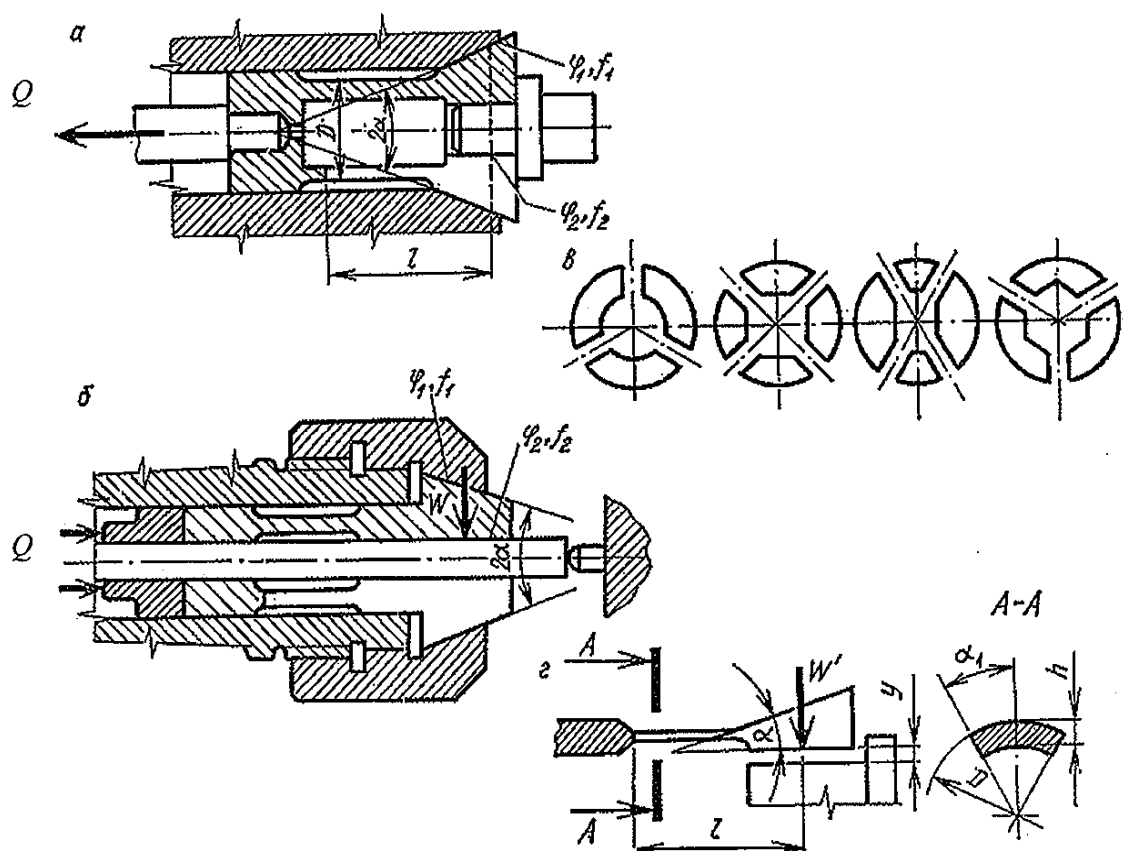


Рисунок 4.5 – Цанговые механизмы:

a – цанга, работающая на растяжение; b – цанга, работающая на сжатие;

ϵ – разновидности поперечного сечения штанг; z – расчетная схема

Сила привода Q , Н, цанги для обеспечения требуемой силы W , Н, зажима заготовки определяется по расчетным зависимостям:

– при установке заготовки без осевого упора (рисунок 4.5, a)

$$Q = (W + W_1)tg(\alpha + \varphi_1);$$

– при установке заготовки с осевым упором (рисунок 4.5, b)

$$Q = (W + W_1)[tg(\alpha + \varphi_1) + tg \varphi_2].$$

Здесь W_1 – сила деформации лепестков цанги до соприкосновения их с заготовкой, Н; α – половина угла конуса цанги, град.; φ_1 – угол трения по конусу цанги, град.; φ_2 – угол трения в осевом направлении на поверхности контакта цанги и заготовки, град.

Сила W_1 определяется из рассмотрения зависимости прогиба консоли закрепленной балки (лепестка цанги) с вылетом l (рисунок 4.5, z):

$$y = W_1 l^3 / (3EI).$$

Здесь $y = s/2$ – стрела прогиба лепестка (s – радиальный зазор между цангой и заготовкой), мм; E – модуль упругости материала цанги (для стали $E = 2 \cdot 10^5 \dots 2,2 \cdot 10^5$ МПа); I – момент инерции сектора сечения цанги в месте заделки лепестка, мм⁴; l – длина вылета лепестка цанги от места заделки до середины конуса, мм.

Для применяемых в основном трех-, четырехлепестковых цанг можно использовать упрощенные формулы для определения силы деформации лепестков цанги:

– для трехлепестковых $W_1 = 6 \cdot 10^3 shD^3/l^3$;

– для четырехлепестковых $W_1 = 2 \cdot 10^3 shD^3/l^3$.

Здесь s – зазор между цангой и заготовкой, мм; h – толщина лепестка цанги, мм; D – наружный диаметр лепестка, мм; l – вылет лепестка цанги от места заделки до середины конуса, мм.

Цанги имеют три лепестка при зажиме заготовки диаметром менее 30 мм и четыре лепестка при диаметре 30...80 мм.

Необходимые сведения по параметрам, входящим в расчетные формулы определения силы привода, размещены в таблице 130 [5].

Рассчитывать усилие привода Q можно по величине передаточного отношения сил W/Q , соответствующие данные приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Передаточные отношения цанговых механизмов

| Схема зажима | Половина угла конуса цанги, α , град | | | | | | |
|-------------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 40 | 45 |
| Зажим без осевого упора | 5,23 | 3,53 | 2,63 | 1,67 | 1,16 | 0,97 | 0,82 |
| Зажим с осевым упором | 3,44 | 2,61 | 2,08 | 1,49 | 1,03 | 0,89 | 0,75 |

Дополнительные сведения по расчету силовых механизмов приспособлений размещены в материалах источников, указанных в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Размещение в литературных источниках материалов по расчету силовых механизмов приспособлений

| Виды силовых механизмов | Номер источника в списке литературы | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------|--------|---------------------------------|-------------|-------|---------|
| | [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [9] |
| Винтовые | гл. 1 п. 1.6 | гл. 1 п. 4.3 | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 103 – 107 | гл. 5 | гл. 6 | лист 7 |
| Рычажные | гл. 1 п. 1.6 | гл. 1 п. 4.3 | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 108 | гл. 5 | гл. 6 | лист 6 |
| Рычажно-шарнирные | гл. 1 п. 1.6 | гл. 1 п. 4.3 | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 109 – 110 | гл. 5 | гл. 6 | лист 12 |
| Клиновые | гл. 1 п. 1.6 | гл. 1 п. 4.3 | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 111– 112 | гл. 5 | гл. 6 | лист 7 |
| Эксцентрикo-вые | гл. 1 п. 1.6 | гл. 1 п. 4.3 | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 114– 115 | гл. 5 | гл. 6 | лист 7 |
| Гидропласт-ные | | | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 120 – 123 | гл. 7 | гл. 6 | |
| Оправки | | гл. 1 п. 4.3 | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 124 – 134 | гл. 5, 7 | гл. 6 | лист 20 |
| Мембранные патроны | | | гл. 2 | | гл. XI табл. 116 | | гл. 6 | лист 24 |

Порядок выполнения лабораторного занятия

1. Для разработанной на практическом занятии по теме 1 схемы приспособления выбрать силовой механизм и провести его анализ, отметить преимущества и недостатки.

2. Дополнить разработанную схему приспособления, указанием условно (таблица 1.2 – 1.4) зажимных элементов выбранного силового механизма (винтов, рычагов, прихватов, цанг и т.д.).

3. Составить расчетную схему силового механизма.
4. Определить силу Q на ведущем звене механизма. Сила зажима W определена на занятии по теме 3.

5. Расчет и выбор механизированного привода приспособления

Цель занятия:

- изучение конструкций и принципов работы приводов приспособлений;
- практическое освоение методики расчета приводов приспособлений.

Пояснения к занятию

Основным назначением привода приспособления является создание исходной силы Q , необходимой для зажима заготовки силой W . Расчет привода приспособления заключается в определении его конструктивных параметров по развиваемой силе Q .

Наибольшее применение в приспособлениях получили следующие виды приводов:

- 1) пневматические поршневые и диафрагменные приводы (определяется диаметр и длина хода поршня или диафрагмы);
- 2) поршневые гидравлические приводы (определяется диаметр и длина хода поршня);
- 3) магнитные с постоянными магнитами и электромагнитные с намагничивающими катушками приводы (определяется сила закрепления и проверяется на достаточность).

Пневматические поршневые приводы (пневмоцилиндры) и пневматические диафрагменные приводы (пневмокамеры) по схеме действия, влияющей на расчет усилия на штоке, подразделяются на односторонние (с возвратной пружиной) и двусторонние (рисунок 5.1).

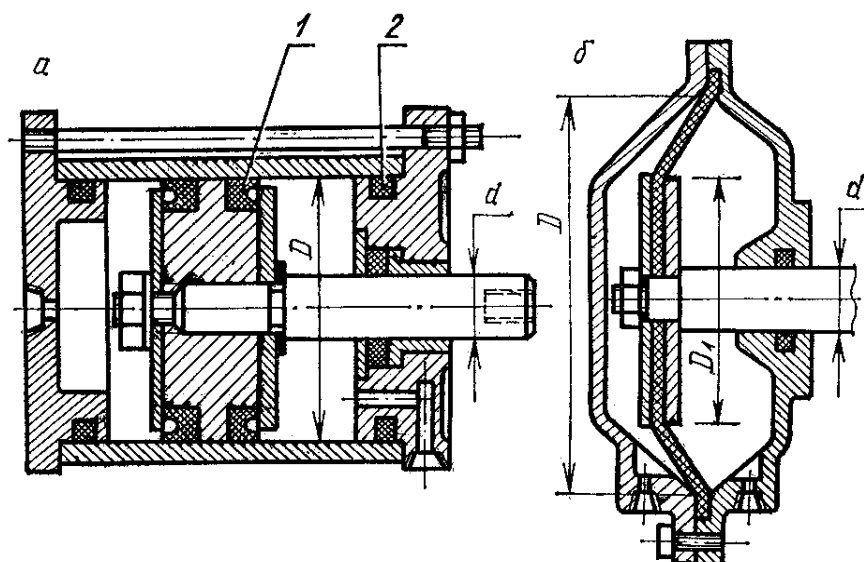


Рисунок 5.1 – Схемы пневмоприводов двустороннего действия:

а – пневмоцилиндр; *б* – пневмокамера с тарельчатой диафрагмой

Наиболее часто применяются пневмоцилиндры с сочетанием диаметров D (d) цилиндра (штока): 50 (16), 60 (16), 75 (20), 100 (25), 125 (30), 150 (30), 200 (40), 250 (50), 300 (55) мм.

Наиболее часто применяемые диафрагменные приводы (пневмокамеры, рисунок 5.1, *б*) имеют следующие сочетания диаметров D (D_1) диафрагмы (опорной шайбы): 125 (88), 160 (115), 200 (140), 250 (175), 320 (225), 400 (280) мм.

При расчете пневмоцилиндров (пневмокамер) чаще решается задача, в которой по заданной силе на штоке $Q_{ш}$ и известному давлению в сети сжатого воздуха выявляется требуемый диаметр цилиндра (камеры), осуществляется его выбор или конструирование.

Силы на штоке поршневых пневмоприводов определяются по формулам:

- для привода одностороннего действия $Q_{ш} = \pi D^2 p \eta / 4 - Q_{п}$;

- для привода двустороннего действия:

а) толкающая сила $Q_{ш} = \pi D^2 p \eta / 4$;

б) тянущая сила $Q'_{ш} = \pi (D^2 - d^2) p \eta / 4$;

Здесь D – диаметр поршня пневмоцилиндра, мм; $p = 0,4 \dots 0,6$ МПа – давление в сети сжатого воздуха; $Q_{п}$ – сила сопротивления возвратной пружины при крайнем рабочем положении поршня, Н; d – диаметр штока, мм; $\eta = 0,85 \dots 0,95$ – КПД (чем больше диаметр цилиндра, тем выше КПД).

При расчете D по требуемому тянущему усилию диаметр d штока выражают через D , принимая $d = (0,325 \dots 0,545)D$. Чем больше диаметр цилиндра, тем больше соотношение d/D .

Для диафрагменных приводов рациональные длины L ходов штока принимаются в следующих пределах:

- для тарельчатых (выпуклых) резиноканевых диафрагм $L = (0,25 \dots 0,35)D$;

- для плоских резиноканевых диафрагм $L = (0,18 \dots 0,22)D$ (от $0,12D$ до $0,15D$ в сторону от штока и от $0,06D$ до $0,07D$ в сторону штока);

- для плоских резиновых диафрагм $L = (0,35 \dots 0,45)D$.

Следует иметь в виду, что чем больше ход штока, тем меньше развиваемая на нем сила.

Формулы приближенного расчета сил Q на штоке резиноканевых диафрагм одностороннего действия (с возвратной пружиной):

- в исходном положении штока $Q = \pi(D + D_1)^2 p / 16 - Q_{\text{п}}$;

- после перемещения штока на длину $0,3D$ для тарельчатых и $0,07D$ для плоских диафрагм $Q = 0,75\pi(D + D_1)^2 p / 16 - Q_{\text{п}}$.

Формулы приближенного расчета сил Q на штоке резиноканевых диафрагм двустороннего действия при подаче воздуха в бесштоковую область:

- в исходном положении штока $Q = \pi(D + D_1)^2 p / 16$;

- после перемещения штока на длину $0,3D$ для тарельчатых и $0,07D$ для плоских диафрагм $Q = 0,75\pi(D + D_1)^2 p / 16$.

Соответствующие расчетные формулы при подаче воздуха в штоковую область пневмокамеры:

- в исходном положении штока $Q = \pi[(D + D_1)^2 - d_2^2] p / 16$;

- после перемещения штока на длину $0,3D$ для тарельчатых и $0,07D$ для плоских диафрагм $Q = 0,75\pi[(D + D_1)^2 - d_2^2] p / 16$.

Дополнительные сведения по расчету и выбору пневмоприводов можно выбрать из источников, указанных в таблице 5.1.

Гидравлические приводы представляют собой поршневые устройства, приводимые в действие от отдельного (реже группового) насоса. Рабочей жидкостью служит минеральное масло "Индустриальное" И-20А или И-40А. По сравнению с пневматическими гидравлические узлы более компактны из-за высокого давления масла (до 10 МПа и выше). Гидроцилиндры (рисунок 5.2) могут быть одностороннего (с возвратной пружиной) и двустороннего действия.

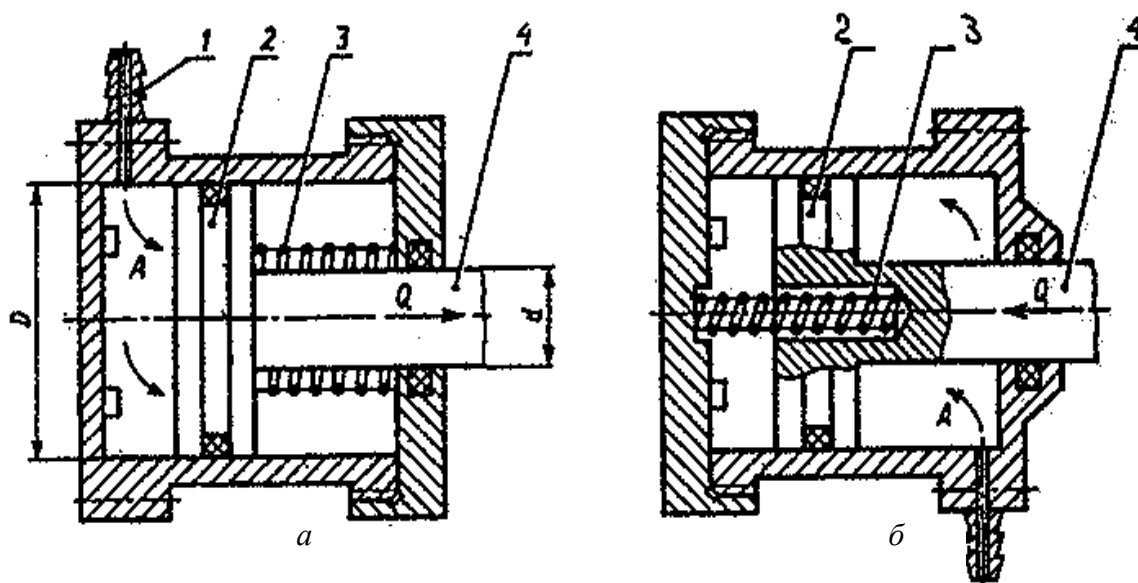


Рисунок 5.2 – Гидроцилиндры одностороннего действия:
а – встраиваемые; б – агрегатированные

Исходными данными для расчета гидравлических приводов являются: потребная сила на штоке $Q_{ш}$, ход поршня L , давление жидкости (масла) $p_{ж}$.

Широко применяются нормализованные встраиваемые гидроцилиндры двустороннего и одностороннего действия с внутренним диаметром цилиндров 32, 40, 50, 60, 80, 100, 125 мм. Чаще всего гидроцилиндры закрепляются на корпусах приспособлений с помощью резьбовой шейки. Гидроцилиндры бывают толкающими (рисунок 5.2, а) и тянущими (рисунок 5.2, б).

Диаметр D цилиндров двустороннего действия определяется из зависимостей для расчета сил на штоке:

- для толкающей силы $Q = p_{ж}\eta(\pi D^2/4)$;
- для тянущей силы $Q = \pi(D^2 - d^2)/4 p_{ж}\eta$.

Соответственно для цилиндров одностороннего действия:

- для толкающей силы цилиндров $Q = p_{ж}\eta(\pi D^2/4) - Q_1$;
- для тянущей силы $Q = \pi(D^2 - d^2)/4 p_{ж}\eta - Q_1$.

Здесь D и d – диаметры цилиндра и штока, мм; $\eta = 0,9...0,97$ – КПД; Q_1 – сила сопротивления возвратной пружины при крайнем рабочем положении поршня; $p_{ж}$ – давление жидкости в гидроцилиндре.

Исходя из данных зависимостей, можно определить диаметр цилиндра D , мм, по следующим формулам:

- для цилиндров двустороннего действия $D = 2[Q/(\pi p_{ж}\eta)]^{0,5}$ (толкающая сила) и $D = 2[Q/(0,75\pi p_{ж}\eta)]^{0,5}$ (тянущая сила при принятом соотношении $d/D = 0,5$);

- для цилиндров одностороннего действия $D = 2[(Q + Q_1)/(\pi p_{ж} \eta)]^{0,5}$ (толкающая сила) и $D = 2[(Q + Q_1)/(0,75\pi p_{ж} \eta)]^{0,5}$ (тянущая сила при принятом соотношении $d/D = 0,5$).

Магнитные и электромагнитные приводы используются для закрепления плоских заготовок из углеродистой стали и чугуна. Схема элементарной магнитной системы приспособления показана на рисунке 5.3. Зажим заготовки на установочной поверхности приспособления производит проходящий через нее рабочий магнитный поток, являющийся частью полного магнитного потока, образуемого постоянными магнитами (или электромагнитными катушками).

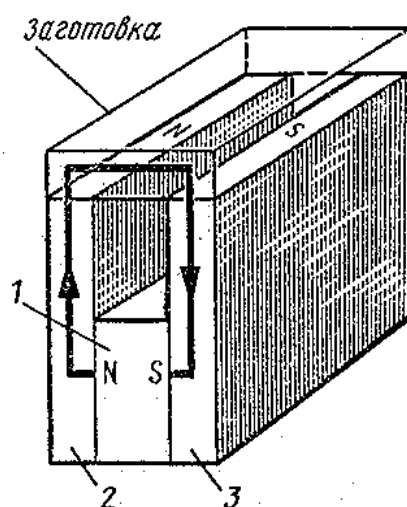


Рисунок 5.3 – Схема элементарной магнитной системы:

1 – постоянный магнит;
2, 3 – магнитопроводы

Сила Q притяжения рабочей поверхности магнитного приспособления может быть рассчитана по формуле $Q = 10^{-6} P_{уд} S_0$, где $P_{уд}$ – удельная сила притяжения, МПа; S_0 – активная площадь поверхности заготовки, мм², находящаяся под действием магнитного потока. В зависимости от класса точности для приспособлений с постоянными магнитами $P_{уд} = 0,4...0,7$ МПа, для электромагнитных приспособлений $P_{уд} = 0,16...0,25$ МПа

Дополнительные сведения по расчету и выбору механизированных приводов приспособлений размещены в материалах источников, указанных в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Размещение в литературных источниках материалов по расчету и выбору механизированных приводов приспособлений

| Виды механизированных приводов | Номер источника в списке литературы | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|--------------|-------|--------|-------------------------|-------|-------|-------------|
| | [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [9] |
| Пневматические приводы | гл. 1 п. 1.7 | п. 4.4 | гл. 2 | гл. IV | гл. XII, табл. 135-139 | гл. 6 | гл. 7 | лист 10, 12 |
| Гидравлические приводы | гл. 1 п. 1.7 | гл. 4 п. 4.4 | гл. 2 | гл. V | гл. XII, табл. 144, 145 | гл. 6 | гл. 7 | лист 11 |
| Пневмогидравлические приводы | гл. 1 п. 1.7 | гл. 4 п. 4.4 | гл. 2 | гл. V | гл. XII | гл. 6 | гл. 7 | лист 11 |
| Магнитные приводы | гл. 1 п. 1.7 | гл. 4 п. 4.4 | гл. 2 | | гл. XII, табл. 158 | гл. 7 | гл. 7 | лист 9 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|-------|--|---------|--|-------|--------|
| Электромеханические приводы | гл. 1 п. 1.7 | гл. 4 п. 4.4 | гл. 2 | | гл. XII | | гл. 7 | лист 9 |
| Приводы от сил и движений резания | гл. 1 п. 1.7 | гл. 4 п. 4.4 | гл. 2 | | гл. XII | | | |

Порядок выполнения задания лабораторного занятия

1. Для силового механизма (см. занятие по теме №4) выбрать тип силового привода.
2. Рассчитать параметры силового привода.
3. Составить эскиз привода, на эскизе указать рассчитанные параметры.
4. Описать принцип работы привода.
5. Составить уточненный по результатам выполненных практических занятий эскиз приспособления, в котором показать его конструкцию (корпус с элементами базирования на станке, опоры и установочные устройства, силовой механизм и привод силового механизма). Указать габаритные и присоединительные размеры, посадки в сопряжениях. Составить технические характеристики и технические требования к приспособлению, разместить их на эскизе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косов Н.П., Исаев А.Н., Схиртладзе А.Г. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: Учебное пособие для вузов.-М.:Машиностроение,2005-304с.
2. Андреев Г.Н., Новиков В.Ю., Схиртладзе А.Г. Проектирование технологической оснастки: Учеб. пособие для вузов – М.: Изд-во «Станкин», 1997. – 416 с.
3. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений: Учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов. – Минск.: Выш. шк., 1986. – 238 с.

4. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений: Учеб. для вузов. – 2-е изд. – Москва: Машиностроение, 1983. – 277 с.
5. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1975. – 654 с.
6. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений.: Справ. пособие. – Минск.: Беларусь, 1991. – 400 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение - 1, 2003. – 944 с.
8. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справ. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.
9. Станочные приспособления: Справ. в 2-х т. Т. 1 / Под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.
10. Схиртладзе А.Г., Новиков В.Ю. Станочные приспособления: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк. 2001. – 110 с.
11. Альбом по проектированию приспособлений: Учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов/ Б. М. Базров, А. И. Сорокин, В. А. Губарь и др. – М: Машиностроение, 1991. – 121 стр.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Муромский институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(МИ ВлГУ)**

Отделение среднего профессионального образования

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ
РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА»**

для студентов специальности 15.02.08 Технология машиностроения

Составитель: Волченков А.В.

Муром 2017 г.

ВВЕДЕНИЕ

Для успешного решения вопросов технологической подготовки производства специалисты в области технологии машиностроения должны:

- знать системы и типовые конструкции приспособлений;
- знать теоретические основы создания приспособлений;
- уметь анализировать соответствие конструкции приспособлений требованиям производства;
- обладать соответствующими навыками проектирования и расчета приспособлений.

Необходимые материалы данного направления излагаются в курсе лекций "Технологическая оснастка" и в специальной технической литературе, список которой приведен в настоящем методическом пособии. Целью практических занятий и курсовой работы по данной дисциплине является закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях. Студент после изучения дисциплины должен уметь рассчитывать и проектировать технологическую оснастку, поэтому на практических занятиях и в ходе курсового проектирования наряду с выполнением расчетов изучаются и анализируются как чертежи оснастки, так и ее натурные образцы.

Материал пособия изложен по отдельным темам, разработка которых осуществляется при выполнении практических занятий и курсовой работы. Основные и наиболее часто используемые расчетные зависимости и справочные данные размещены непосредственно в пособии, для других зависимостей и данных приведены ссылки на источники их размещения по списку литературы.

Материал рассчитан на студентов, освоивших предшествующие технические дисциплины и прошедших технологическую практику.

Проработка и освоение материалов настоящих методических указаний окажет пользу при работе в последующем над выпускной квалификационной работой и в практической деятельности

Курсовая работа выполняется в той же последовательности в которой изложено методическое пособие.

Для того чтобы студент получил практические навыки по проектированию приспособлений проводятся по каждой теме практические занятия. При выполнении расчетной части (пояснительной записки) курсовой работы студент по сути дела выполняет практическое занятие для своего варианта задания.

1 ВЫБОР СХЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ И СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ КОНСТРУКЦИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Конструирование приспособления начинается с выбора схемы базирования и схемы конструкции приспособления.

Цель :

- обучение разработке схем базирования деталей (заготовок) в станочном приспособлении в зависимости от заданного координирующего размера обрабатываемого элемента;
- получение навыков разработки схем конструкций станочных приспособлений, отвечающих принятой схеме базирования детали (заготовки).

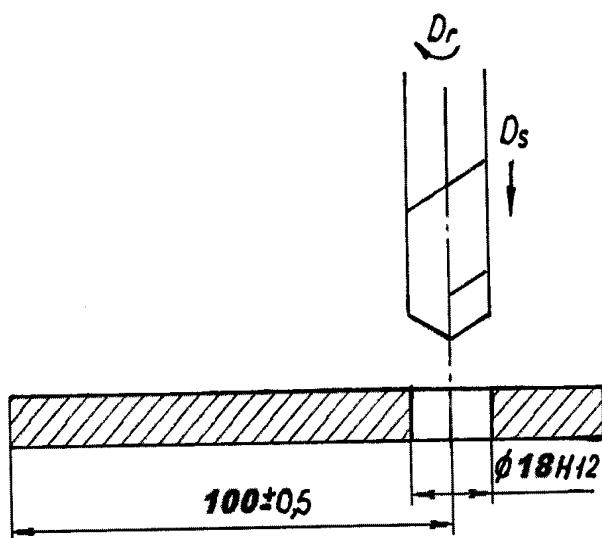
Пояснения

Условно принимаем, что в станочном приспособлении (далее по тексту – приспособлении) устанавливается для обработки заготовка детали (далее по тексту – заготовка) несмотря на то, какая операция технологического процесса выполняется – начальная или финишная.

Исполнительные размеры на детали можно условно разделить на две группы:

- размеры, точность выполнения которых не зависит от схемы базирования;
- размеры, точность выполнения которых находится в зависимости от схемы базирования и точности изготовления приспособления.

Назовем размеры, относящиеся к первой группе, размерами отдельных элементов, относящиеся ко второй группе – координирующими размерами.



Исходя из данных соображений, рассмотрим размеры, представленные на эскизе детали (рисунок 1.1). Точность выполнения размера $\varnothing 18H12$ отверстия (размера отдельного элемента) зависит от инструмента и погрешностей, связанных с обработкой, и совершенно не зависит от базирования этой детали на операции. Точность же расположения отверстия на детали, определяемая размером

Рисунок 1.1 – Нанесение размеров элемента детали и его расположения

100±0,5 мм (координирующим размером), зависит от базирования ее заготовки на операции и, соответственно, ее положения относительно траектории перемещения инструмента.

В связи с этим, прежде чем составлять схему базирования заготовки в приспособлении необходимо выявить на детали координирующие размеры, точность выполнения которых зависит от схемы базирования, и определить связанные непосредственно с этими размерами реальные элементы (поверхности) заготовки или скрытые элементы в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

Базирование осуществляется путем контакта базовых поверхностей (технологических баз) заготовки с опорами и установочными устройствами приспособления. Для обеспечения точности обработки заготовки по координирующему размеру в качестве технологической базы целесообразно использовать связанную с этим размером реальную поверхность заготовки или заменяющую ее ось, или точку. Однако это условие не всегда удается выполнить.

В общем случае устанавливаемая в приспособлении заготовка должна быть лишена шести степеней свободы – возможности поворота и перемещения относительно трех осей координат рабочего пространства станка. Необходимые для этого шесть опорных точек располагаются в трех взаимно перпендикулярных плоскостях системы координат. Наиболее часто встречается распределение опорных точек по плоскостям в количественном соотношении: 3-2-1.

Необходимо помнить, что лишать заготовку любой степени свободы можно с использованием только одной соответствующей базы. Например, при базировании заготовки, представляющей тело вращения в виде вала, нельзя одновременно устанавливать заготовку в центрах (технологическая база – условная ось детали) и зажимать ее в самоцентрирующем кулачковом патроне (технологическая база – наружная цилиндрическая поверхность, по оси которой выполнены центровые гнезда).

Если возникает необходимость применения более шести опорных точек, например, при недостаточной жесткости заготовки, то дополнительные установочные устройства должны быть или регулируемые или плавающими.

На схемах базирования наносится расположение опорных точек на базовых поверхностях заготовки. Применяется условное обозначение опор, зажимов и установочных элементов (ГОСТ 3.1107-81), графическое отображение которых приведено в таблицах 1.1 – 1.3. Примеры некоторых распространенных схем установки заготовок в станочных приспособлениях с применением условных обозначений показаны в таблице 1.4. Установочно-зажимные устройства (токарные патроны, разжимные оправки, тиски и

др.) обозначаются как сочетание обозначений зажимов и установочных устройств.

Таблица 1.1 – Графическое обозначение опор

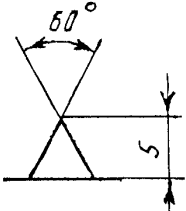
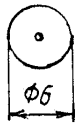

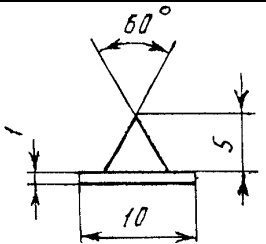
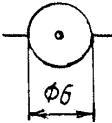
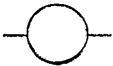
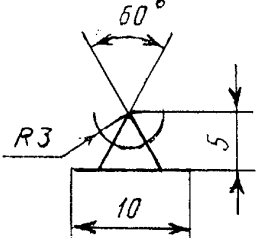
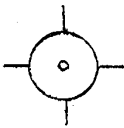
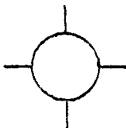
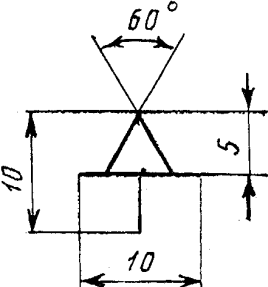

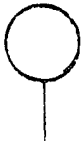
| Наименование опоры | Обозначение опоры на видах | | |
|--------------------|---|--|---|
| | спереди, сзади | сверху | снизу |
| Неподвижная |  |  |  |
| Подвижная |  |  |  |
| Плавающая |  |  |  |
| Регулируемая |  |  |  |

Таблица 1.2 – Графическое обозначение зажимов

| Наименование зажима | Обозначение зажима на видах | | |
|---------------------|---|--|---|
| | спереди, сзади | сверху | снизу |
| Одиночный |  |  |  |

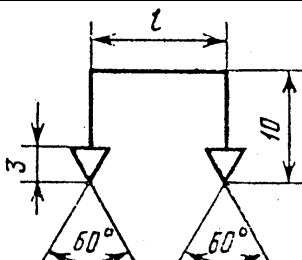
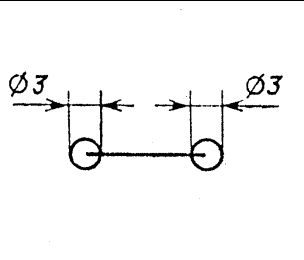
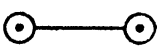
| | | | |
|---------|---|--|---|
| Двойной |  |  |  |
|---------|---|--|---|

Таблица 1.3 – Графическое обозначение установочных устройств

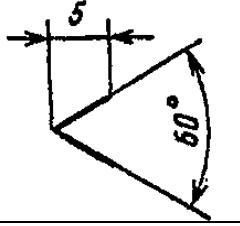
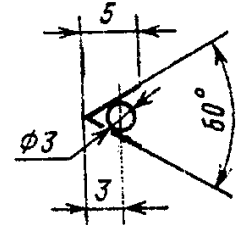
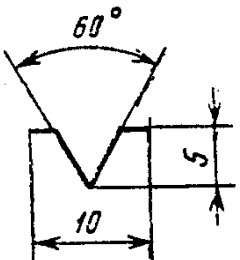


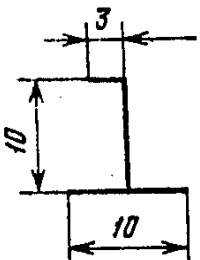
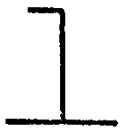

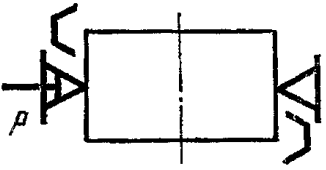
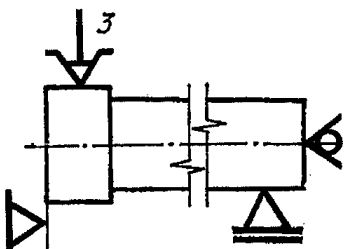
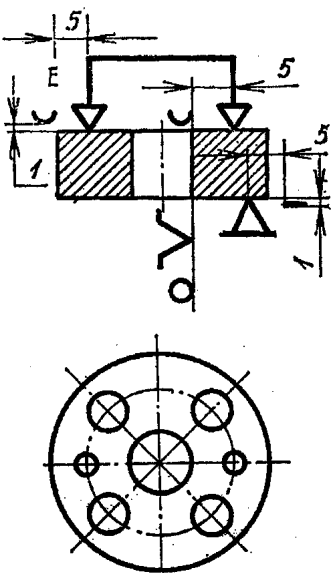
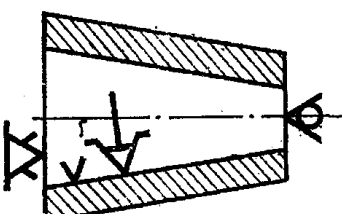
| Наименование установочного устройства | Обозначение установочного устройства на видах | | |
|---------------------------------------|---|--|---|
| | спереди, сзади, сверху, снизу | слева | справа |
| Центр неподвижный |  | Без обозначения | Без обозначения |
| Центр вращающийся |  | То же | То же |
| Оправка цилиндрическая |  |  |  |
| Патрон поводковый |  |  |  |

Таблица 1.4 – Схемы установок заготовок в станочных приспособлениях

| Способ установки | Схема |
|---|--|
| В тисках с призматическими губками и пневматическим зажимом |  |

| | |
|---|--|
| В трехкулачковом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, с вращающимся центром и с подвижным люнетом |  |
|---|--|

Продолжение таблицы 1.4

| Способ установки | Схема |
|---|--|
| В кондукторе с центрированием на цилиндрический палец, с упором на три неподвижные опоры и с электрическим устройством двойного зажима, имеющим сферические рабочие поверхности |  |
| На конической оправке с гидропластовым устройством зажима, с упором в торец на рифленую поверхность и с поджимом вращающимся центром |  |

По ходу выполнения данной темы должны быть проработаны вопросы, указанные в таблице 1.5. Там же приведены источники размещения материалов, которые целесообразно использовать для принятия обоснованных решений по этим вопросам. На основании принятых решений разрабатывается схема конструкции приспособления.

Таблица 1.5 – Разрабатываемые вопросы темы и размещение материалов по ним в литературных источниках

| Разрабатываемый вопрос темы | Номер источника в списке литературы | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------|-----|-------|----------|-------|--------|--------------|
| | [1] | [2] | [3] | [4] | [7] | [8] | [9] | [10] |
| Условные обозначения опор, установочных элементов и схем установок | | гл. 2 табл. 2.4–2.6 | | | | | п. 1.4 | лист 1, 2 |
| Конструкция опор и | гл. 1 | гл. 1 | | гл. I | гл. 3, 4 | гл. 5 | п. 1.3 | ли- |

| | | | | | | | | |
|--|--------------------|--------------|-------|-------|--|-------|--------|--------------|
| установочных устройств | п. 1.4, 1.5 | п. 1.3 | | | | | | сты 3, 4 |
| Методика и обоснование выбора схемы базирования | гл. 6 | гл. 2 п. 2.3 | гл. 1 | гл. X | | гл. 5 | п. 1.4 | листы 1, 2 |
| Последовательность разработки схемы приспособления | гл. 2 п.2.2; гл. 6 | гл. 2 п. 2.3 | гл. 4 | гл. X | | | п. 1.5 | листы 15, 16 |

1.1 Варианты заданий на практические занятия и курсовой проект

Таблица 1.6 – Варианты заданий для практических занятий

| № варианта | № рисунка | Поверхности (размеры), подлежащие обработке | Операция, вид обработки | Тип привода приспособления | Количество одновременно обрабатываемых заготовок |
|------------|-----------|---|-------------------------|----------------------------|--|
| 1 | 1.2 | 3 отв. Ø10.5 | Сверлильная | Пневматический | 1 |
| 2 | 1.2 | Ø 58H9 | Токарная | Пневматический | 1 |
| 3 | 1.2 | Ø 72F7 | Расточная | Пневматический | 1 |
| 4 | 1.2 | Торец К, 50±0.5 | Токарная | Ручной | 1 |
| 5 | 1.2 | Подошва В | Фрезерная | Пневматический | 1 |
| 6 | 1.3 | Паз 8 ^{+0.07} | Фрезеровать | Пневматический | 2 |
| 7 | 1.3 | Выступ 30±0.1 | Фрезеровать | Пневматический | 3 |
| 8 | 1.3 | Отв. Ø 15H8 | Сверлильная | Ручной | 1 |
| 9 | 1.3 | 2 отв. Ø 6H8 | Сверлильная | Ручной | 1 |
| 10 | 1.4 | Торец К 1,5 | Токарная | Пневматический | 1 |
| 11 | 1.4 | Выступ 12 h11 | Фрезерная | Пневматический | 2 |
| 12 | 1.4 | Ø 31H9 | Токарная | Пневматический | 1 |
| 13 | 1.5 | Подошва Б | Фрезерная | Пневматический | 1 |
| 14 | 1.5 | Пов. 14±0,5 | Фрезерная | Гидравлический | 2 |
| 15 | 1.5 | 2 отв. Ø 12 ^{+ 0.043} | Сверлильная | Ручной | 1 |
| 16 | 1.5 | 6 отв. М6-7Н | Сверлильная | Ручной | 1 |
| 17 | 1.5 | Ø 60 ^{+ 0.054} | Расточная | Пневматический | 1 |
| 18 | 1.6 | Паз 15 ^{+ 0.043} | Фрезерная | Пневматический | 1 |
| 19 | 1.6 | Отв. Ø 15 ^{+ 0.043} | Сверлильная | Ручной | 1 |
| 20 | 1.6 | Торец 10, выточка Ø 70 ^{+ 0.03} | Токарная | Пневматический | 1 |
| 21 | 1.6 | Ø 55 ^{+ 0.03} | Шлифовальная | Ручной | 1 |
| 22 | 1.6 | Ø 75 _{- 0.03} | Шлифовальная | Ручной | 1 |
| 23 | 1.7 | 4 отв. Ø 6 | Сверлильная | Пневматический | 1 |
| 24 | 1.7 | Торец Б, 37h10 | Токарная | Пневматический | 1 |
| 25 | 1.7 | Ø 134 ^{+ 0.16} | Токарная | Пневматический | 1 |
| 26 | 1.7 | Z=69, m=2 | Зубодолбежная | Пневматический | 1 |
| 27 | 1.8 | Ø 40F9 | Токарная | Пневматический | 1 |
| 28 | 1.8 | 3 отв. Ø 18 | Сверлить | Пневматический | 1 |
| 29 | 1.8 | Торец Б | Токарная | Пневматический | 1 |

| | | | | | |
|----|-----|--|-------------|----------------|---|
| 30 | 1.8 | Выточка 5мм | Токарная | Ручной | 1 |
| 31 | 1.9 | Отв. Ø 12h10 | Сверлильная | Ручной | 1 |
| 32 | 1.9 | Отв. Ø 26H8, Ø20H8 | Сверлильная | Пневматический | 1 |
| 33 | 1.9 | Отв. Ø 15H8 | Сверлильная | Пневматический | 1 |
| 34 | 1.9 | Паз Б, $4^{+0,1}_{-0,08} \times 8^{+0,08}_{-0,08}$ | Долбежная | Ручной | 1 |
| 35 | 1.9 | Отв. Ø 30H8 | Токарная | Ручной | 1 |

$\sqrt{Ra6,3}$ (✓)

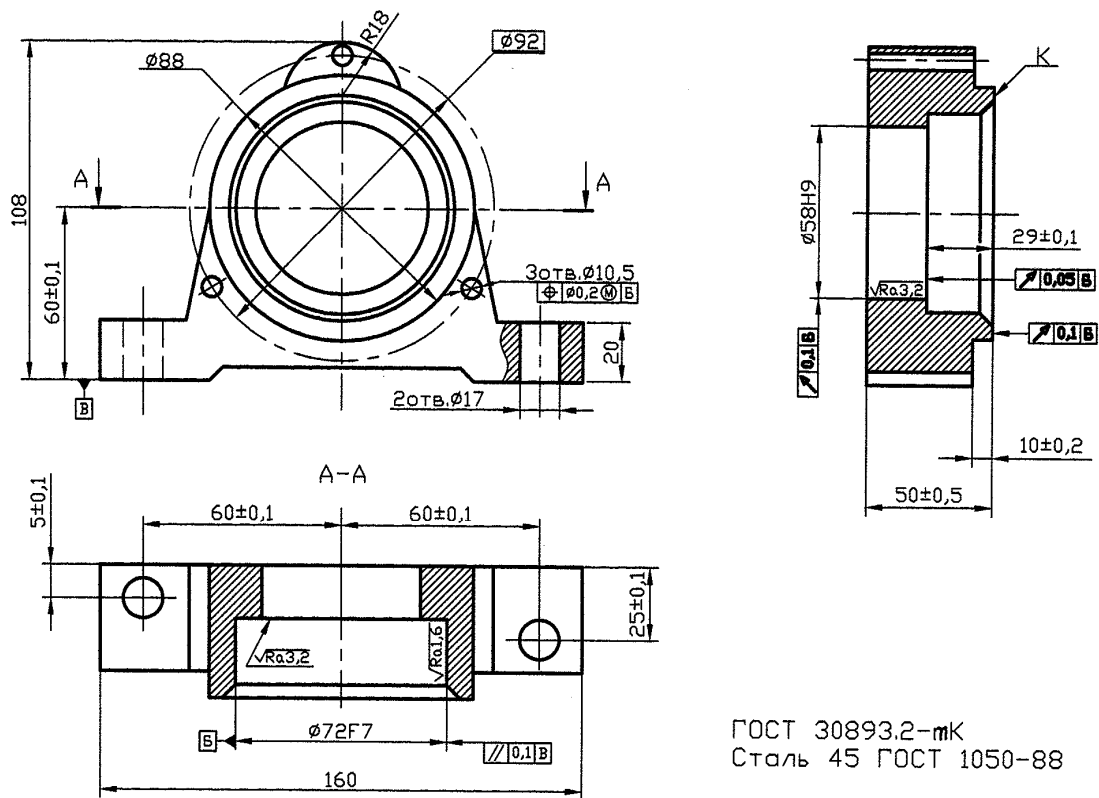


Рисунок 1.2 – Корпус подшипника

ГОСТ 30893.2-мк
Сталь 45 ГОСТ 1050-88

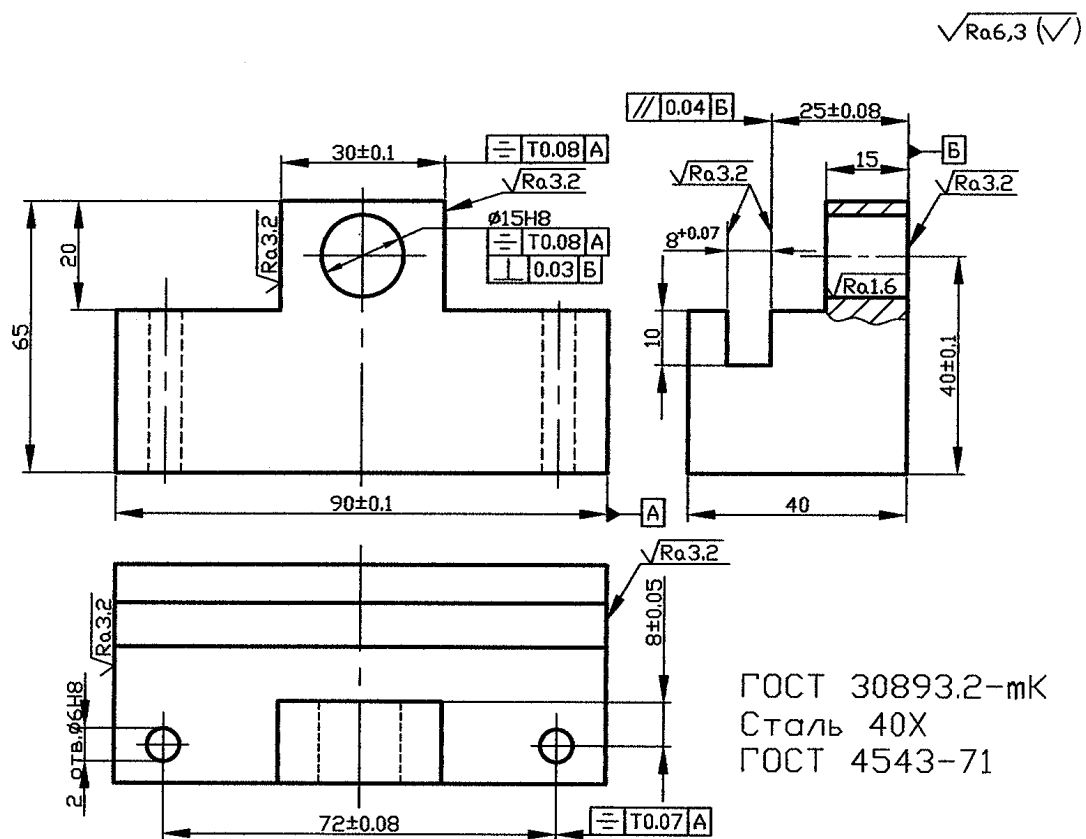
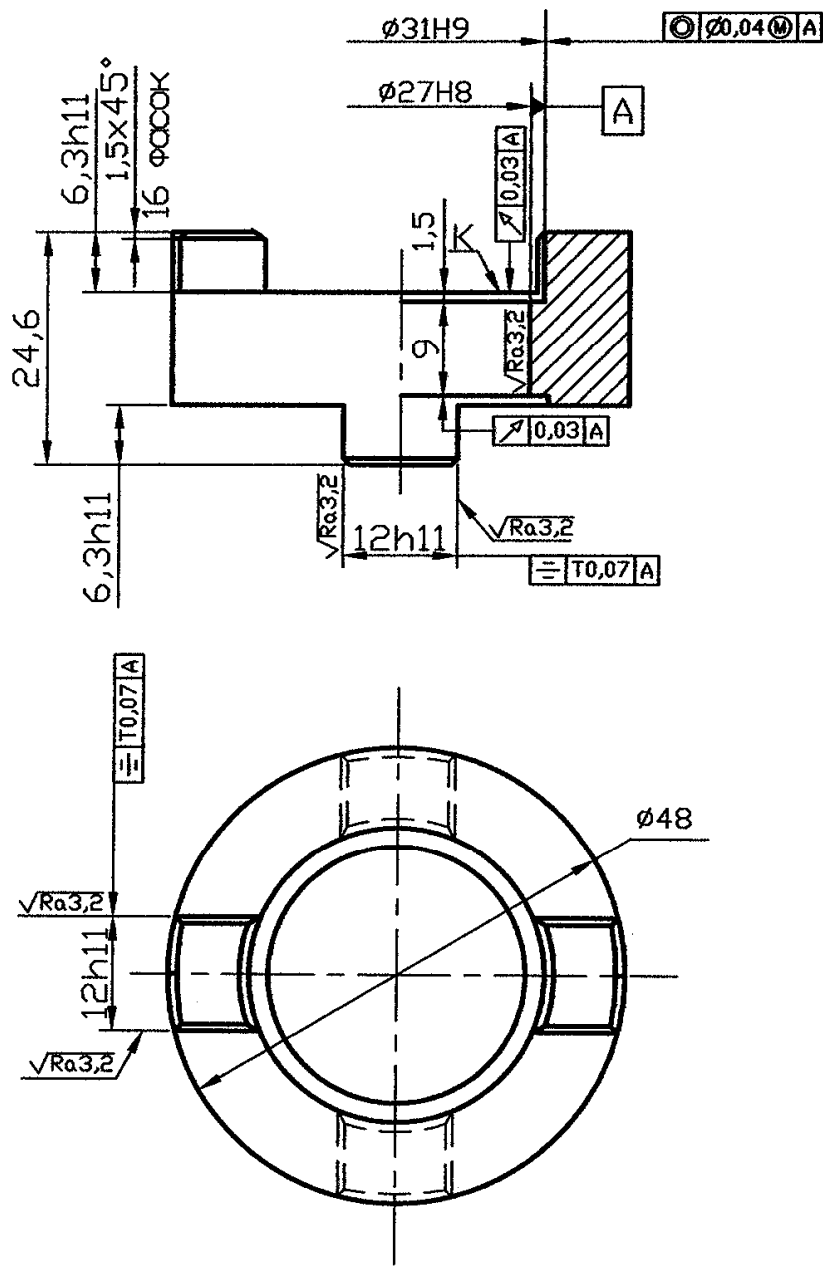


Рисунок 1.3 – Ползун

$\sqrt{Ra6,3} (\checkmark)$



ГОСТ 30893.2-мк
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71

Рисунок 1.4 – Диск

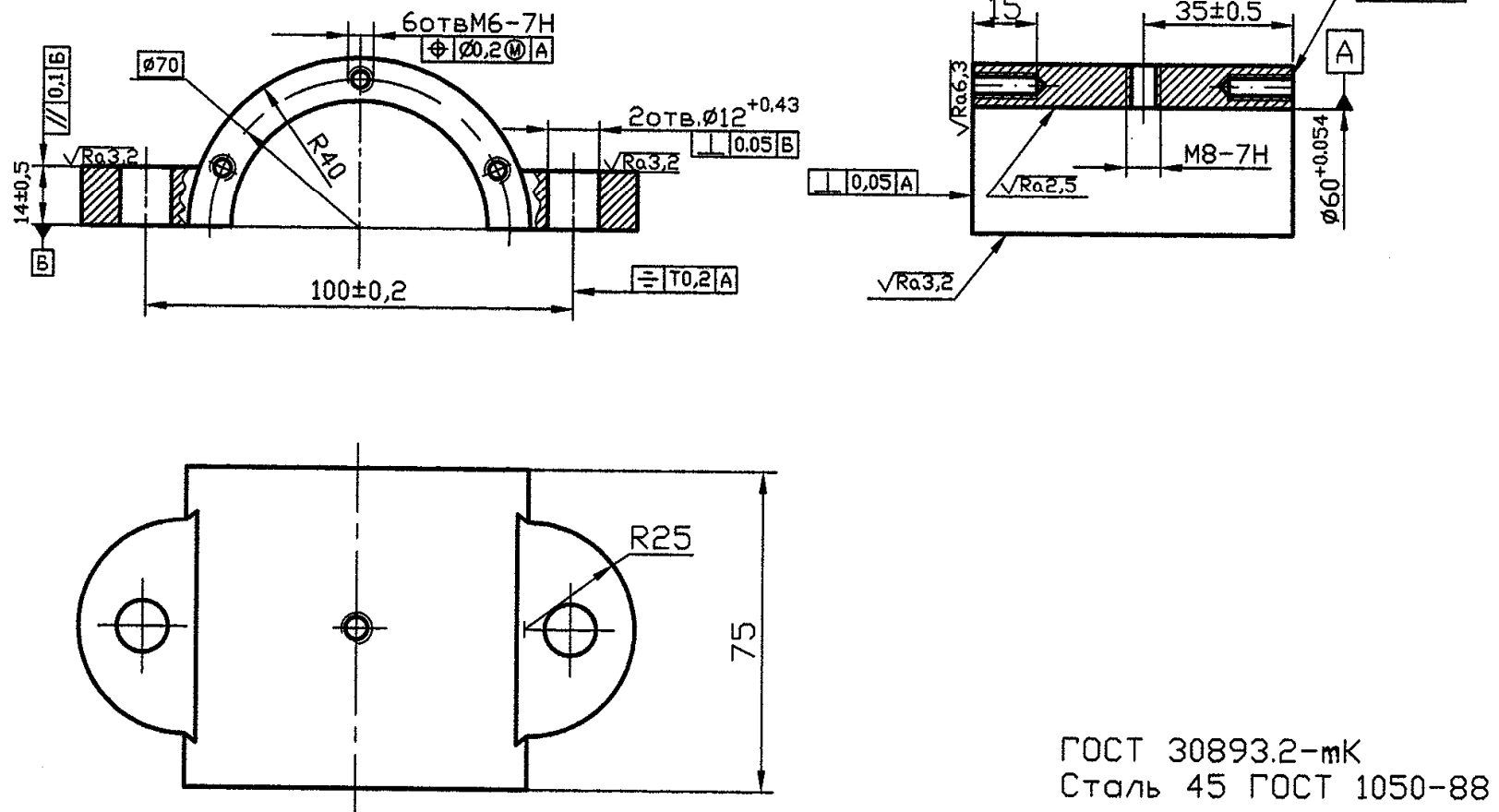
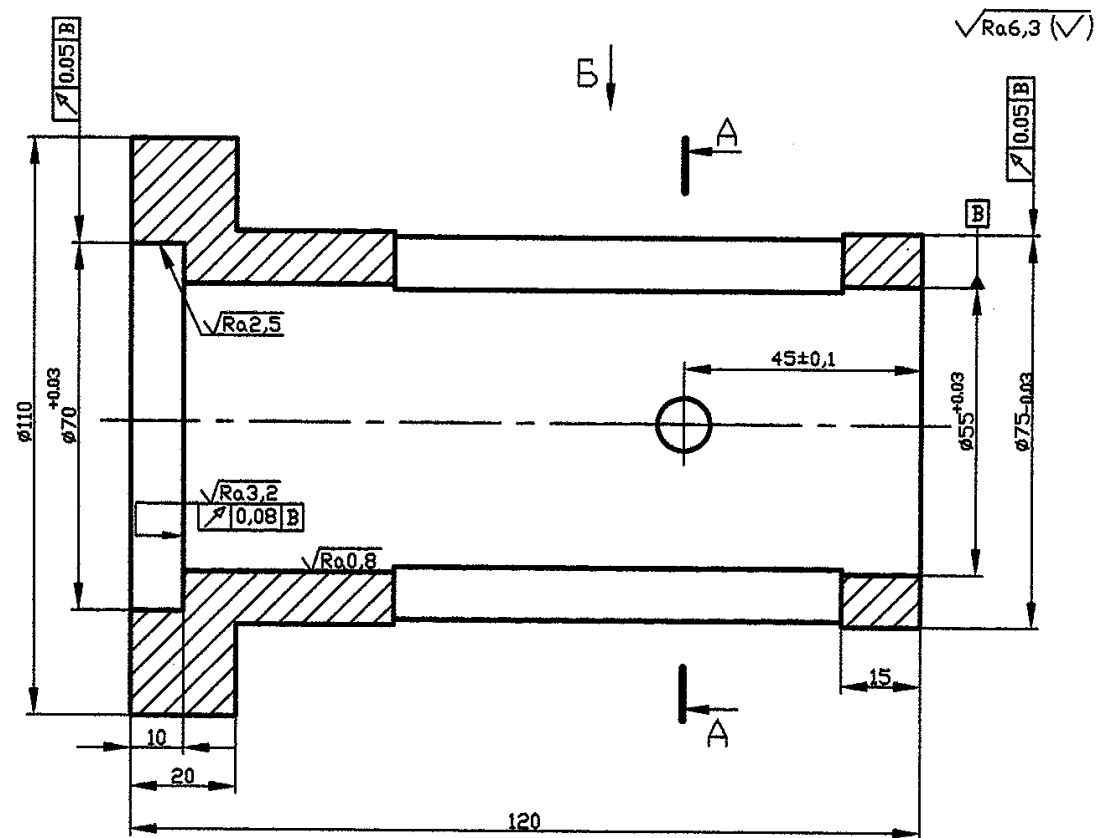
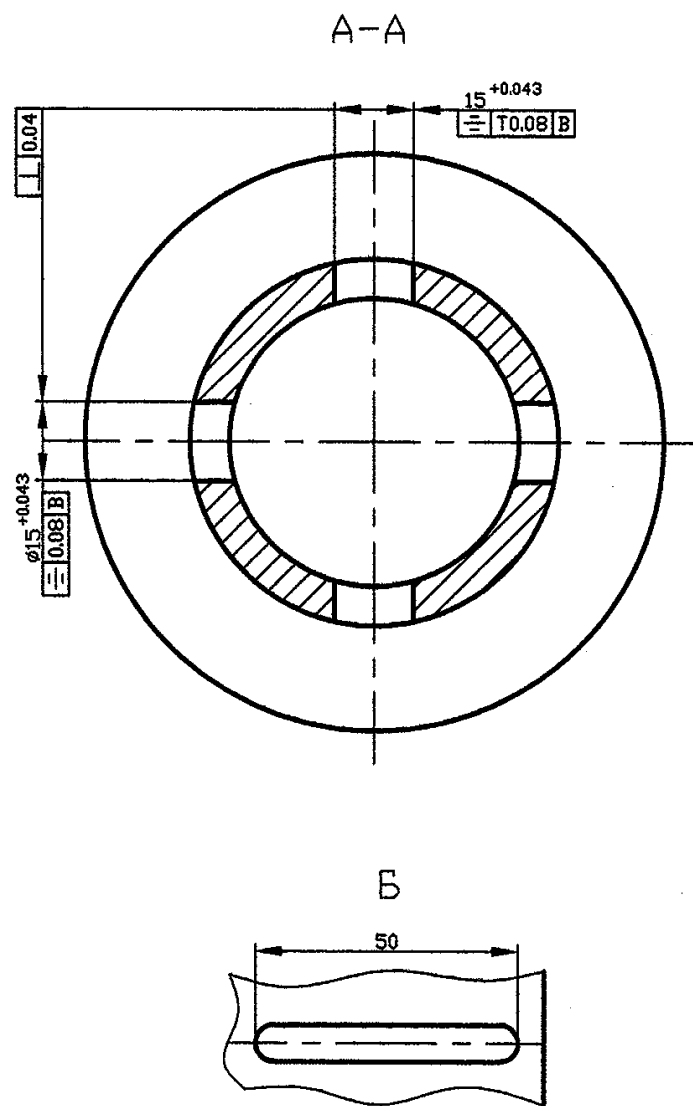


Рисунок 1.5 – Крышка опоры

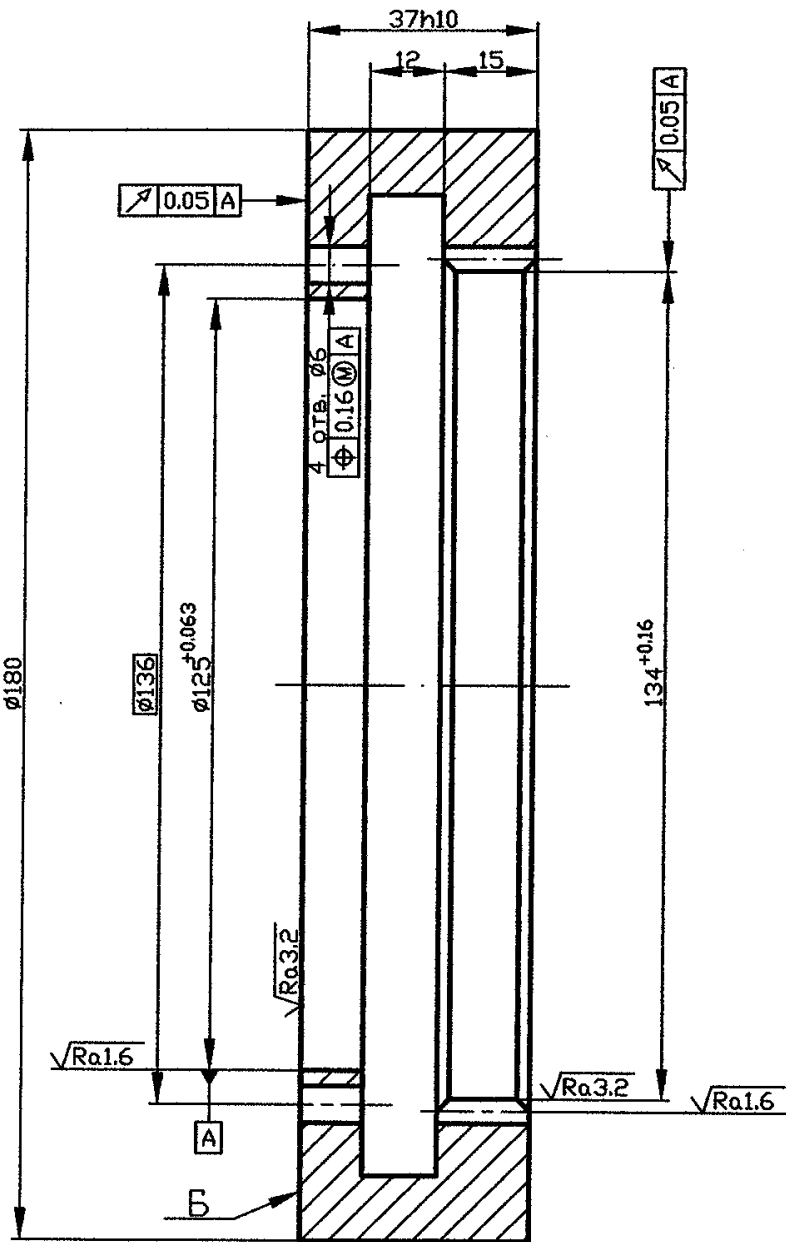


ГОСТ 30893.2-МК
Чугун СЧ 21
ГОСТ 1412-85

Рисунок 1.6 – Втулка

$\sqrt{Ra_{6,3}}$ (✓)

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Модуль | m | 2 |
| Число зубьев | z | 69 |
| Степень точности | - | 8 |
| Делительный диаметр | d | 138 |



ГОСТ 30893.2-мк

Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Рисунок 1.7 – Обойма зубчатая

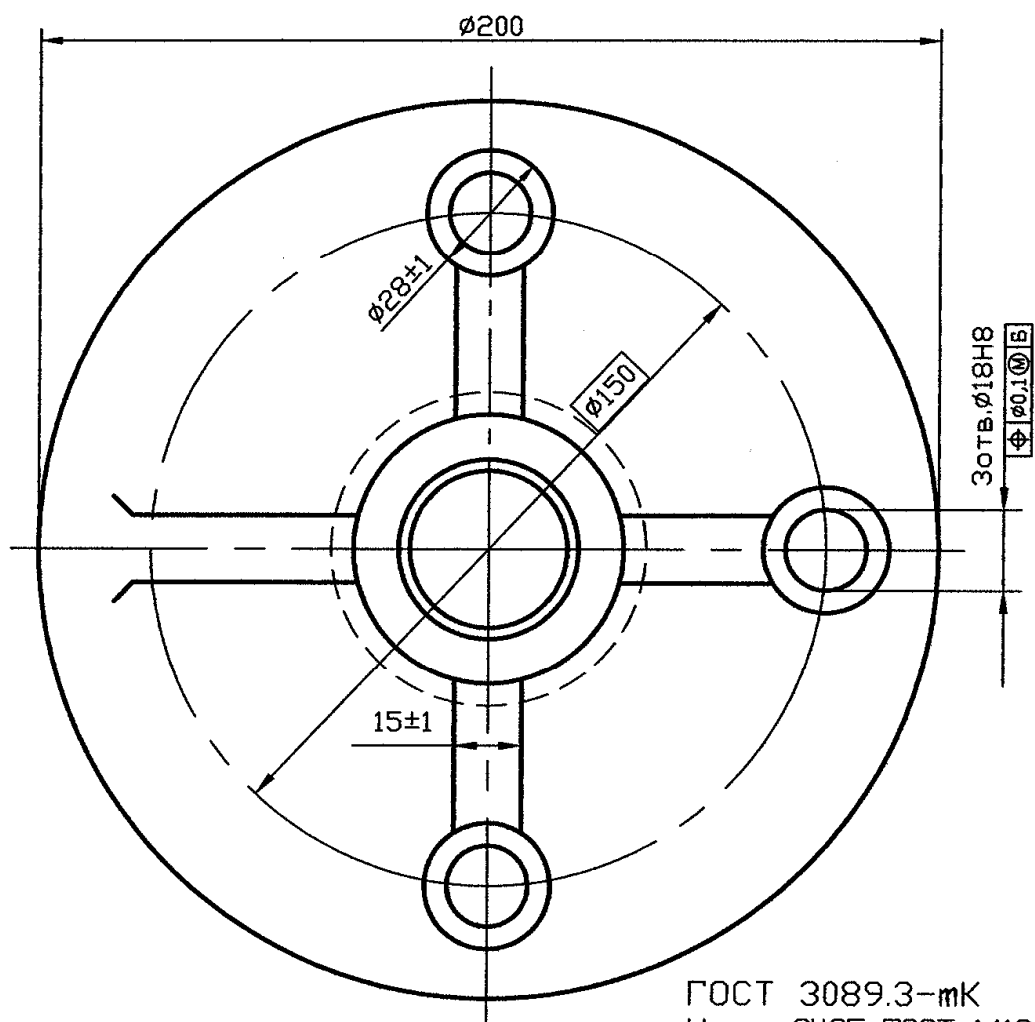
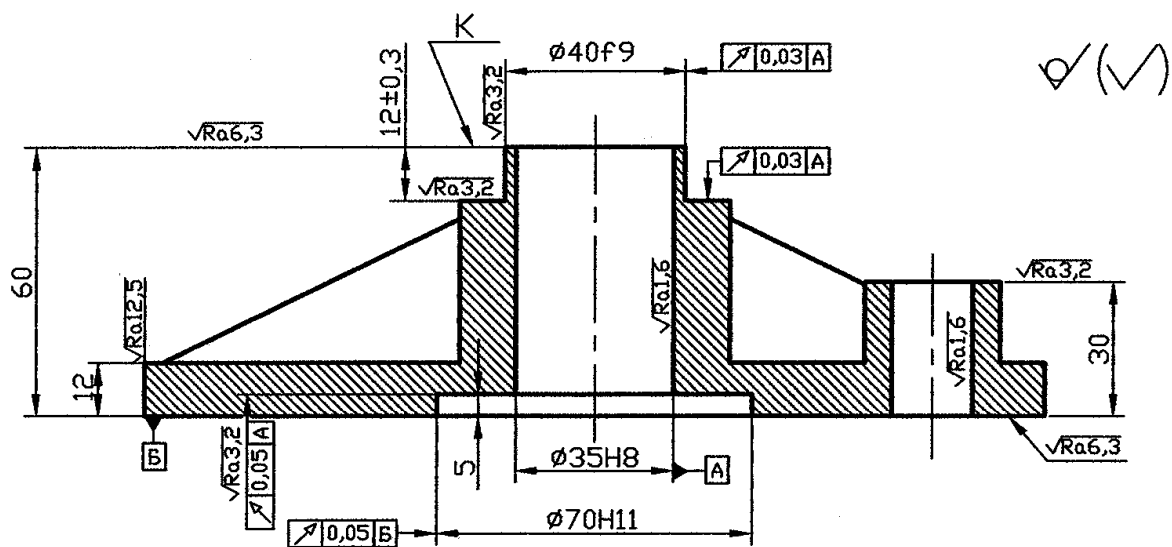


Рисунок 1.8 – Крышка торцовая

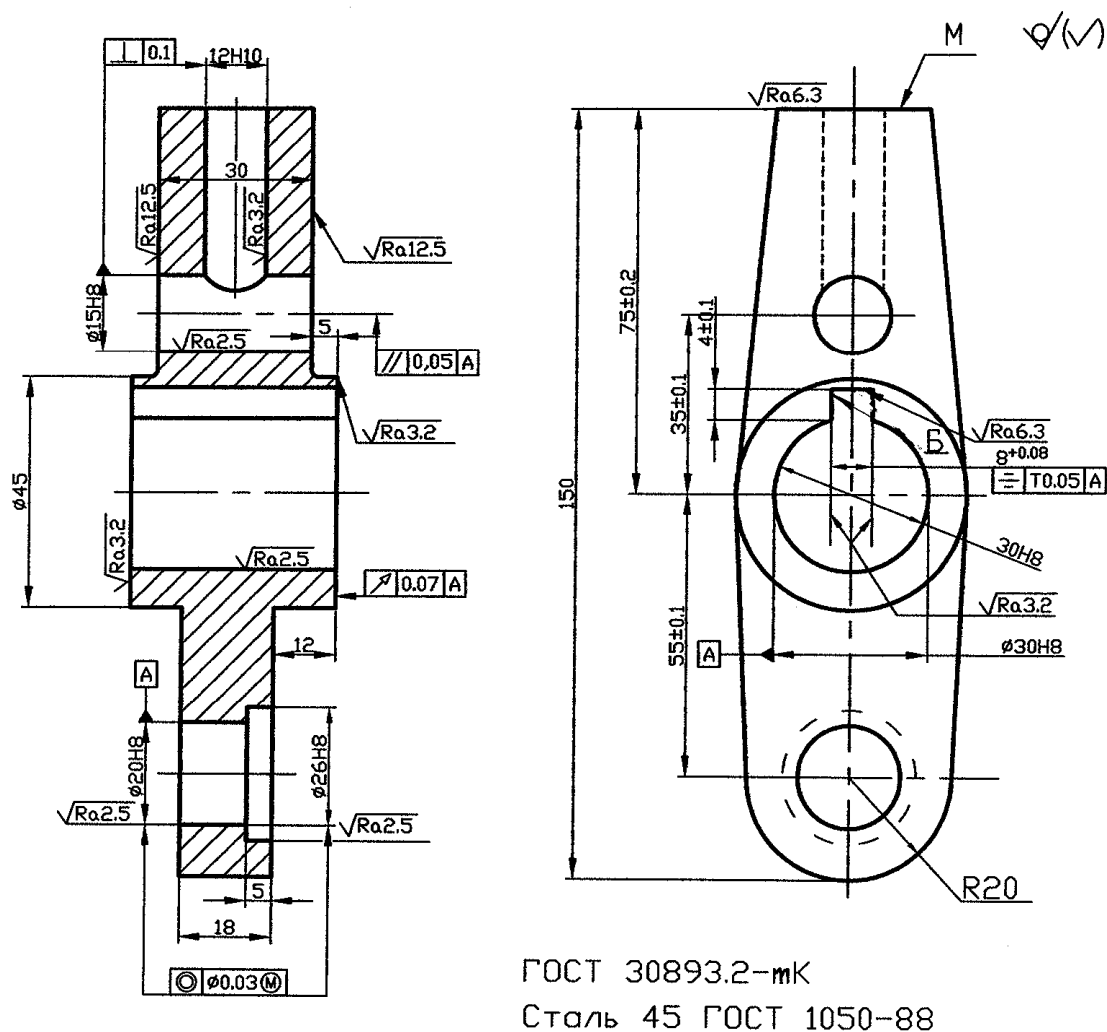


Рисунок 1.9 – Рычаг

Порядок выполнения практического занятия

1. Ознакомиться с вариантом полученного задания (таблица 1.6, рисунки 1.2 – 1.9).
2. Проанализировать чертеж детали, выявить требования к точности обработки заданной поверхности, определить технологические базы и их состояние после выполнения предыдущих операций технологического процесса.
3. Разработать схему базирования заготовки при обработке заданной поверхности. Обозначение опор и установочных устройств на технологических базах заготовки нанести условно.
4. На основании схемы базирования разработать схему приспособления (упрощенный эскиз). На схеме приспособления указать условно зажим заготовки и упрощенно зажимные элементы (винты, рычаги, прихваты и т. д.).
5. Принять решение и указать упрощенно на схеме приспособления расположение и тип привода (пневмоцилиндр, электропривод и т. д. с учетом задания).
6. Описать принцип работы приспособления.

2. РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА ТОЧНОСТЬ

Цель :

- практическое освоение методики расчета приспособлений на точность;
- закрепление знаний, полученных при изучении теоретического курса.

Пояснения

Суммарная погрешность обработки заготовки по координирующему размеру с использованием приспособления не должна превышать допуск T на него, указанный в чертеже. Приведенное условие можно записать в следующем виде:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i + \sum_{j=1}^m \Delta_j \leq T, \quad (2.1)$$

где первую группу составляют статические погрешности ε_i , связанные с приспособлением, а также погрешности, в явном виде влияющие на точность изготовления приспособления, а вторую – погрешности Δ_j , зависящие от технологического процесса и в явном виде на точность изготовления приспособления не влияющие.

Составляющие первой группы:

- $\varepsilon_{пр}$ – погрешность изготовления приспособления по выбранному параметру, зависящая от погрешности изготовления и сборки установочных и других элементов приспособления;
- $\varepsilon_б$ – погрешность базирования заготовки в приспособлении;
- $\varepsilon_з$ – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима;
- ε_y – погрешность установки приспособления на станке;
- $\varepsilon_{и}$ – погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления;
- $\varepsilon_{ст}$ – погрешность, возникающая в результате геометрической погрешности станка (биение шпинделя, погрешности перемещения стола и др.);
- $\varepsilon_{н.ст}$ – погрешность настройки станка на размер (согласованной установки режущего инструмента, рабочих элементов стола и установочных элементов приспособления в положение, обеспечивающее получение размера обработки с заданным допуском;
- $\varepsilon_{п}$ – погрешность от перекоса инструмента, проявляющаяся в приспособлениях, имеющих элементы для направления и определения положения или траектории движения инструмента.

Составляющие второй группы:

- Δ_y – погрешность вследствие упругих отжатию технологической системы под влиянием сил резания;
- $\Delta_{и}$ – погрешность от размерного изнашивания инструмента;
- Δ_T – погрешность от тепловых деформаций технологической системы.

При расчете точности приспособления необходимо определить допускаемую величину погрешности $\varepsilon_{пр}$, для чего необходимо первоначально определить все исходные составляющие погрешности.

Значения погрешностей первой группы можно определить расчетным способом и по табличным данным, например, паспортным данным геометрической точности станков, опытным данным точности настройки станков на обрабатываемый размер заготовки, данным, разработанным по результатам эксплуатации приспособлений.

Значения погрешностей второй группы при проектировании приспособлений определить затруднительно. Такое возможно только после обработки технологического процесса. Поэтому используется упрощенный подход, оправданный практикой проектирования приспособлений, при котором на суммарную величину погрешностей второй группы отводится 30 – 50% допуска T обработки координирующего размера.

Если принять условие, что в работе одновременно находится несколько приспособлений одной конструкции, используются однотипные станки на одной операции, то погрешности, входящие в уравнение (2.1.), можно представить как поля рассеивания случайных величин, подчиняющихся закону нормального распределения. В общем случае для расчета приспособления на точность можно воспользоваться уравнением

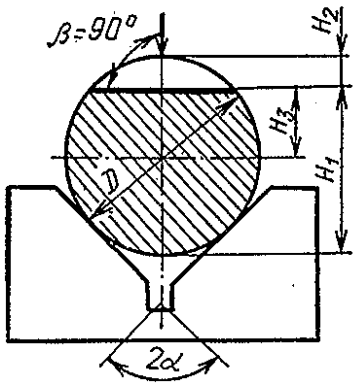
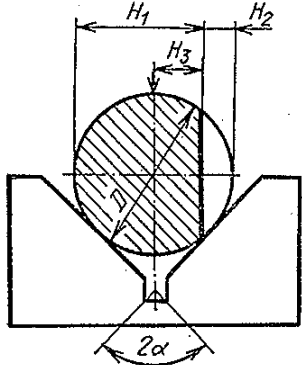
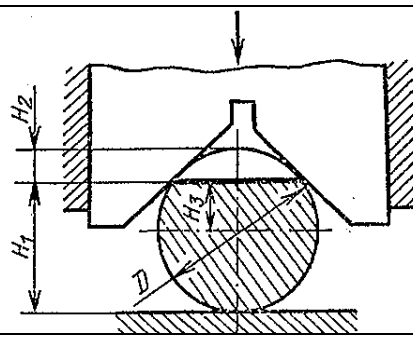
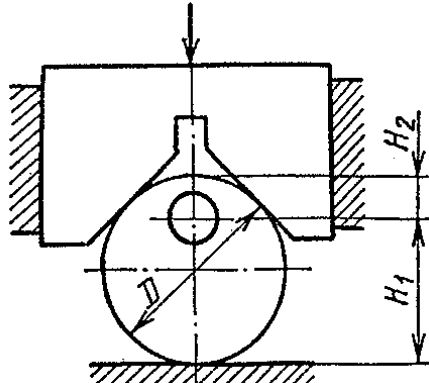
$$\varepsilon_{пр} \leq T - k_T [\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{и}^2 + \varepsilon_{ст}^2 + \varepsilon_{н.ст}^2 + \varepsilon_{п}^2 + (k_{Т1} T)^2]^{0,5}, \quad (2.2)$$

где k_T – коэффициент точности, учитывающий возможное отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения ($k_T = 1,0 \dots 1,2$ в зависимости от количества значимых слагаемых, чем их больше, тем коэффициент меньше); $k_{Т1}$ – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления ($\Delta_y, \Delta_{и}, \Delta_T$): $k = 0,3 \dots 0,5$ (большее значение принимается при меньшем количестве значимых величин погрешностей, зависящих от приспособления).

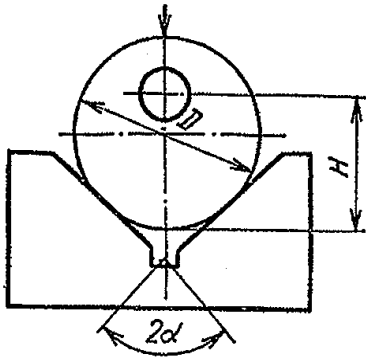
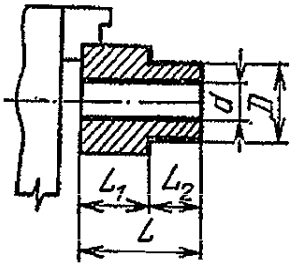
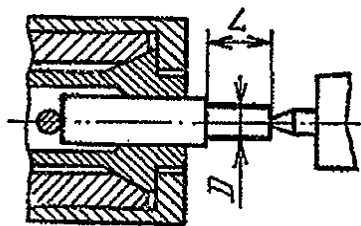
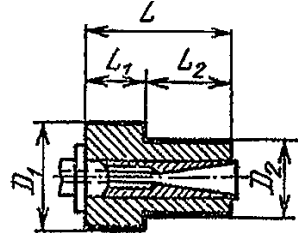
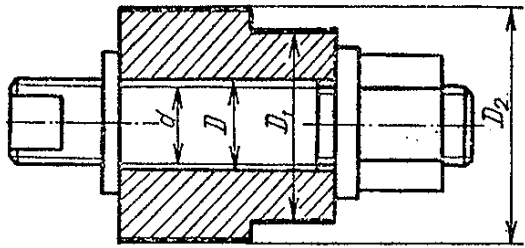
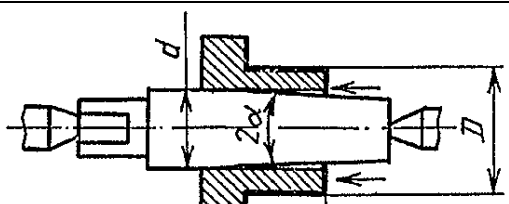
Ниже представлены сведения по выбору значений параметров погрешностей, входящих в зависимость (2.2).

Погрешность базирования ε_6 возникает при несовпадении измерительной и технологической баз. Эта погрешность определяется расчетным путем при анализе схемы базирования детали. Формулы расчета погрешностей ε_6 для ряда распространенных схем базирования приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Погрешность базирования заготовок в приспособлениях

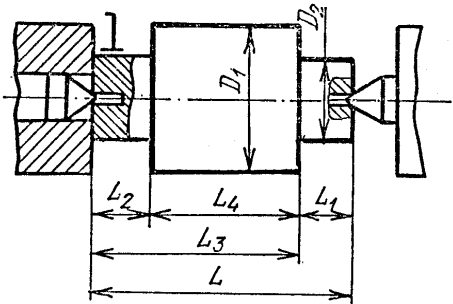
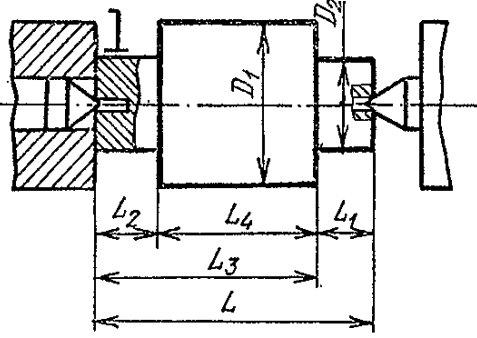
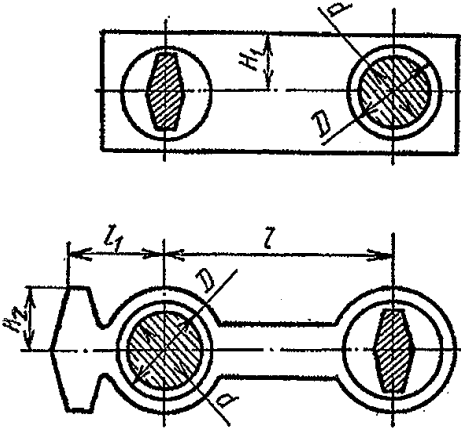
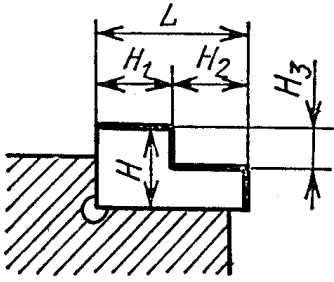
| Базирование | Схема базирования | Размер | Погрешность базирования |
|---|---|--------|------------------------------|
| По наружной цилиндрической поверхности в призму при $\beta = 90^\circ$ |  | H_1 | $0,5 T_D(1/\sin \alpha - 1)$ |
| | | H_2 | $0,5 T_D(1/\sin \alpha + 1)$ |
| | | H_3 | $0,5 T_D/\sin \alpha$ |
| То же при $\beta = 0^\circ$ |  | H_1 | $0,5 T_D$ |
| | | H_2 | $0,5 T_D$ |
| | | H_3 | 0 |
| По наружной цилиндрической поверхности на установочную плоскую поверхность с закреплением призмой |  | H_1 | 0 |
| | | H_2 | T_D |
| | | H_3 | $0,5 T_D$ |
| По плоскости с центрированием подвижной призмой при обработке отверстия, расположенного на оси подвижной призмы |  | H_1 | 0 |
| | | H_2 | T_D |

Продолжение таблицы 2.1

| Базирование | Схема базирования | Раз- мер | Погрешность базирования |
|---|---|------------------|---|
| По наружной цилиндрической поверхности в призму при обработке отверстия по кондуктору |  | H | $0,5 T_D(1/\sin \alpha - 1)$ при $H > 0,5 D$ |
| | | | $0,5 T_D/\sin \alpha$ при $H = 0,5 D$ |
| | | | $0,5 T_D(1/\sin \alpha + 1)$ при $H < 0,5 D$ |
| В кулачковом самоцентрирующем патроне с упором в торец |  | D, d, L_1 | 0 |
| | | L_2 | T_L |
| По внешней поверхности в зажимной цанге по упору |  | D, L | 0 |
| На разжимной или жесткой оправке с натягом при обработке цилиндрической поверхности |  | $D_1, D_2, L_1,$ | 0 |
| | | L_2 | T_L |
| На жесткой оправке со свободной посадкой при минимальном зазоре Δ |  | D | $0,5(\Delta + T_d + T_D)$ |
| На конусной оправке при обработке цилиндрической поверхности |  | D_1 | $0,5T_d$ |
| | | L_1 | $0,5T_d/\operatorname{tg} \alpha$ |

| | | | |
|--|--|-------|---|
| | | L_2 | $0,5T_d/\operatorname{tg} \alpha + T_L$ |
|--|--|-------|---|

Окончание таблицы 2.1

| Базирование | Схема базирования | Раз- мер | Погрешность базирования |
|---|---|---------------------------|--------------------------------------|
| По центровым гнездам с жестким передним центром при подрезке двух торцов резцами, настроенными на размер |  | L_1 | $T_L + \Delta_{\text{ц}}$ |
| | | $L_2, L_3,$ | $\Delta_{\text{ц}}$ |
| | | D_1, D_2, L_4 | 0 |
| По центровым гнездам с плавающим передним центром |  | L_1 | T_L |
| | | D_1, D_2, L_2, L_3, L_4 | 0 |
| По двум цилиндрическим отверстиям на жесткий цилиндрический и срезанный пальцы с минимальным зазором Δ при обработке верхней плоскости |  | H_1 | $\Delta + T_d + T_D$ |
| | | H_2 | $(\Delta + T_d + T_D) (L_1 + l) / l$ |
| По плоскости при обработке уступа |  | H_1 | 0 |
| | | H_2 | T_L |
| | | H_3 | T_H |

Примечание. Буквы в таблице обозначают: T_D, T_d – допуски по диаметру; T_L, T_H – допуски на линейные размеры; $\Delta_{\text{ц}}$ – просадка центров.

Просадка центров рассчитывается с учетом точности выполнения конуса центрального отверстия, ее величина в зависимости от диаметра центрального гнезда может быть принята по опытным данным, приведенным в таблице 2.2 [2, 5].

Таблица 2.2 – Величина просадки центров $\Delta_{\text{ц}}$

| | | | | | |
|--|---------------|---------------|-----------|------------|------------|
| Наибольший диаметр центрального гнезда, мм | 1,0; 2,0; 2,5 | 4,0; 5,0; 6,0 | 7,5; 10,0 | 12,5; 15,0 | 20,0; 30,0 |
| Просадка центров $\Delta_{\text{ц}}$, мм | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,21 | 0,25 |

Погрешность закрепления ε_3 вызывается контактными перемещениями в стыке заготовка-установочные элементы и деформацией заготовки под действием сил закрепления. Опытные данные по погрешности закрепления из-за перемещений в стыках приведены в таблицах 2.3 – 2.6.

Таблица 2.3 – Погрешности закрепления ε_3 в направлении силы зажима при установке деталей на плоские опоры (пластины и штифты, призмы)

| Тип зажима | ε_3 , мкм, при максимальном размере опорной плоскости заготовки, мм | | |
|---|---|----------|-----------|
| | 10...30 | 30...100 | свыше 100 |
| Винтовой или эксцентриковый с ручным приводом | 25 | 35 | 45 |
| Планкой, прихватом, рычагом с механизированным приводом | 15 | 25 | 30 |

Таблица 2.4 – Погрешности закрепления ε_3 в направлении, перпендикулярном силе зажима, при обработке в тисках

| Тип тисков | Способ установки | ε_3 , мкм |
|---------------------------|--|-----------------------|
| Винтовые | На подкладке в свободном состоянии | 100 |
| | На подкладке с подстукиванием при зажиме | 50 |
| Эксцентриковые | На подкладке в свободном состоянии | 60 |
| | На подкладке с подстукиванием при зажиме | 30 |
| Пневматические (рычажные) | В свободном состоянии | 20...30 |

Таблица 2.5 – Погрешности закрепления ε_3 при обработке в патронах

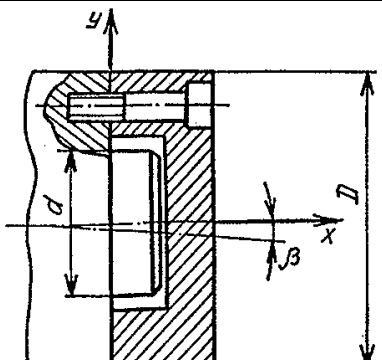
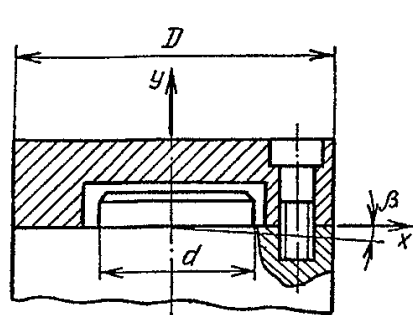
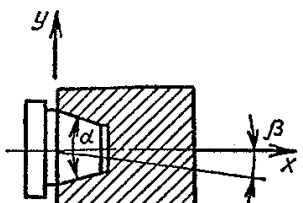
| Тип патрона | Направление погрешности | ε_3 , мкм |
|--|-------------------------|-----------------------|
| Трехкулачковый самоцентрирующий | Радиальное | 40...50 |
| | Осевое | 10...40 |
| Патроны с гофрированными втулками и гидропластом | Радиальное | 5...10 |
| | Осевое | - |
| Цанговые патроны | Радиальное | 15...35 |
| | Осевое (без упора) | 20...30 |
| Патроны с тарельчатыми пружинами | Радиальное | 10...15 |
| | Осевое | - |
| Мембранные патроны | Радиальное | 5...10 |
| | Осевое | - |

Таблица 2.6 – Погрешности закрепления ε_z при обработке на оправках

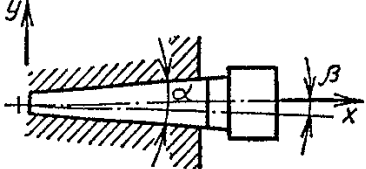
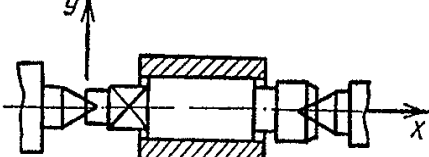
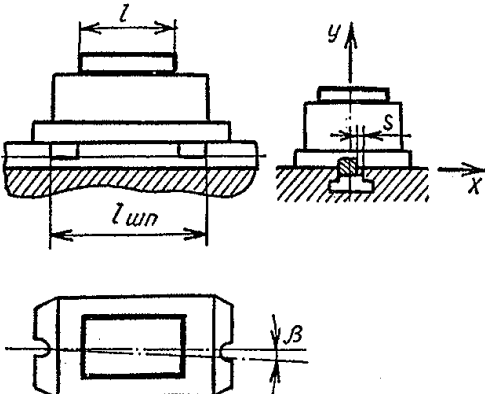
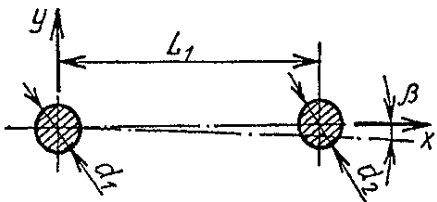
| Тип оправки | Направление погрешности | ε_z , мкм |
|---|-------------------------|------------------------|
| Цилиндрические с зазором | Радиальное Осевое | В пределах зазора 5 |
| Цанговые | Радиальное Осевое | 10...20 20...30 |
| С гидропластом, упругими втулками, тарельчатыми пружинами | Радиальное Осевое | 5...10 - |
| Конусные | Радиальное | 20 |

Погрешность ε_y установки приспособления на станке зависит от зазоров между присоединительными элементами приспособления и станка, а также от неточности изготовления присоединительных элементов. Расчетные формулы определения этой погрешности для ряда типовых случаев установки приспособлений на станке приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Погрешность ε_y , мм, установки приспособлений на станках

| Принцип установки приспособления | Схема установки | Погрешность ε_y в направлении | | |
|--|---|---|------------|----------------------|
| | | оси x | оси y | угла β |
| На горизонтальный шпиндель по торцу и центрирующему пояску |  | ΔT | s | $2\arctg \Delta T/D$ |
| На вертикальный стол по торцу и центрирующему пояску |  | s | ΔT | $2\arctg \Delta T/D$ |
| На конус шпинделя |  | 0,03...0,06 | - | $\delta\alpha$ |

Продолжение таблицы 2.7

| Принцип установки приспособления | Схема установки | Погрешность ε_y в направлении | | |
|--|---|---|---------|------------------------|
| | | оси x | оси y | угла β |
| В шпиндель с конусом Морзе: № 0, 1, 2, 3 № 4, 5, 6 |  | 0,01...0,20 0,20...0,50 | - | - |
| В центрах |  | 0,01...0,03 | - | - |
| На горизонтальный стол по Т-образному пазу |  | s | - | $ls/l_{шп}$ |
| По двум штифтовым отверстиям |  | $\delta L_1 + 0,25\Sigma s'$ | - | $\arctg \Sigma s'/L_1$ |

Примечание. Буквы в таблице обозначают: ΔT – торцовое биение опорной поверхности приспособления, принимается в пределах 0,01 – 0,04 мм; s – максимальный зазор в сопряжениях базирующих поверхностей, мм; $\Sigma s'$ – сумма максимальных зазоров между штифтами и отверстиями, мм; $\delta\alpha$ – погрешность половины угла конуса α , принимается в пределах $2' - 8'$; δL_1 – допуск на расположение координат штифтовых отверстий, мм; D – диаметр центрирующего пояска, мм; $l_{шп}$ – расстояние между шпонками, мм; l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Погрешность, связанная с износом установочных элементов приспособления $\varepsilon_{и}$, определяется по эмпирическим зависимостям и опытным данным [2, п. 3.4; 5, гл. X; 6, гл. 1]. Допускается задаваться износом и устанавливать периодичность его контроля. Соответствующая за-

пись выполняется на чертеже приспособления. Во всех случаях расчета точности приспособления влияние погрешности износа установочных элементов на нее должно быть доказано.

Износ опор и установочных устройств в некоторых типах приспособлений может до определенного времени его эксплуатации компенсироваться периодической настройкой станка на обрабатываемый размер, которая выполняется в начале работы и при замене затупившегося инструмента. Соответствующие положения вносятся в технические требования чертежа приспособления.

Приблизленно износ установочных элементов может определяться по формуле [5]:

$$U = U_0 k_1 k_2 k_3 k_4,$$

где U_0 – средний износ установочных элементов для чугуновой заготовки при усилии зажима $W = 10$ кН и базовом числе установок $N = 100000$ (таблица 2.8); k_1, k_2, k_3, k_4 – коэффициенты, учитывающие соответственно влияние на износ материала заготовки, оборудования, условий обработки и числа установок заготовки, отличающиеся от принятых при определении U_0 и приведенных в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Значения среднего износа U_0 , мкм, установочных элементов

| Тип установочных элементов | Материал установочных элементов | | |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------|
| | Сталь 20 (цемент.) закаленная | Сталь 40X закаленная | Сталь У10А закаленная |
| Опоры: | | | |
| со сферической головкой | 170 | 155 | 145 |
| с плоской головкой | 85 | 75 | 70 |
| с рифленной головкой | 145 | 135 | 130 |
| Призмы | 125 | 115 | 110 |
| Опорные пластины гладкие | 45 | 40 | 38 |
| Пальцы установочные: | | | |
| срезанные | 100 | 90 | 85 |
| цилиндрические | 65 | 55 | 50 |
| Оправки цилиндрические | 60 | 50 | 45 |

Значения коэффициентов:

– $k_1 = 1,0$ (чугун); $k_1 = 0,95$ (сталь незакаленная); $k_1 = 0,90$ (сталь закаленная);

– $k_2 = 1,0$ (универсальное); $k_2 = 1,25$ (специальное); $k_2 = 1,50$ (автоматические линии);

– $k_3 = 0,95$ (лезвийная обработка стали с охлаждением); $k_3 = 1,0$ (то же для стали без охлаждения); $k_3 = 1,10$ (то же для чугуна без охлаждения); $k_3 = 1,30$ (шлифование стали с охлаждением); $k_3 = 1,55$ (то же для чугуна без охлаждения);

– $k_4 = 2,80$ (до 5000 установок); $k_4 = 2,40$ (до 10000 установок); $k_4 = 1,80$ (до 20000 установок); $k_4 = 1,30$ (до 40000 установок); $k_4 = 1,0$ (50...100 тысяч установок).

Допуски изготовления и на износ кондукторных втулок при сверлении отверстий по 11 качеству точности приведены в таблице 2.9 [2].

Таблица 2.9 – Допуски на изготовление и износ кондукторных втулок по внутренней поверхности, мкм

| Допуск | Номинальный диаметр сверла, мм | | | | | | |
|--------------|--------------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | 1...3 | 3...6 | 6...10 | 10...18 | 18...30 | 30...50 | 50...80 |
| Изготовления | 14 | 17 | 20 | 24 | 30 | 35 | 40 |
| На износ | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |

Средняя интенсивность изнашивания направляющих втулок при сверлении отверстий на 10 м пути можно принимать равной 3...5 мкм при обработке серого чугуна, 4...6 мкм – при обработке стали, 1...2 мкм – при обработке алюминиевых сплавов. Исходя из этих значений, а также данных по допустимому износу (таблица 2.9), годовому объему выпуска деталей и длине пути сверления отверстий через направляющую втулку, определяется срок их эксплуатации до контрольной проверки.

Погрешность от перекоса инструмента ε_n определяется расчетом. Например, при сверлении по кондукторным втулкам в расчете ε_n

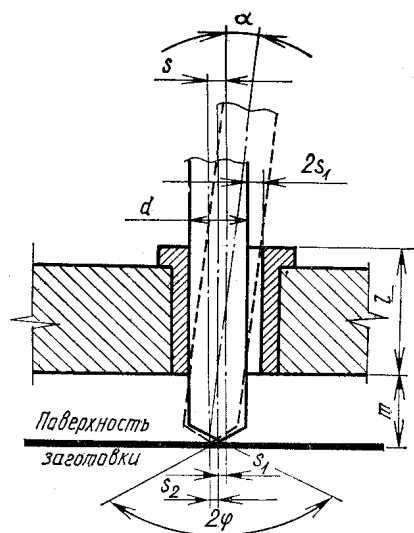


Рисунок 2.1 – Схема расчета перекоса и смещения сверла в кондукторной

следует руководствоваться схемой (рисунок 2.1) направления обрабатывающего инструмента. На ней показан зазор m , через который выбрасывается сходящая по канавкам сверла стружка. При сверлении чугуна и других хрупких материалов $m = (0,3...0,5)d$, при сверлении стали и других пластичных материалов $m = d$ (d – диаметр инструмента). Величина m влияет на точность сверления.

При расчете кондуктора на точность смещение s_2 представляет собой погрешность ε_n от перекоса и рассчитывается по формулам:

$$\text{при } m \geq 0,3 d \quad \varepsilon_n = 2s_1 m / l;$$

$$\text{при } m = 0 \quad \varepsilon_n = 2s_1 \cdot 0,3d / (l - 0,3d).$$

Здесь l – длина направляющего элемента (втулки), мм; величина $0,3d$ является высотой части сверла, на которой выполнена заточка его главных режущих кромок с углом в плане $\varphi \approx 120^\circ$.

Если перекося сверла нет, то максимальное смещение s_1 сверла от среднего положения равно половине диаметрального зазора $2s_1$. При перекосе сверла во втулке к параллельному смещению s_1 оси отверстия добавляется смещение s_2 . Суммарное смещение инструмента составит $s = s_1 + s_2$.

Точностной расчет кондукторов включает дополнительно:

- подбор диаметра инструмента и отверстий кондукторных втулок для обработки отверстий с учетом заданной чертежом точности [5, таблицы 83 – 85];
- расчет погрешности от смещения и перекося инструмента;
- определение погрешности обработки отверстий, связанной с погрешностью установки кондукторной плиты относительно опор и установочных устройств приспособления;
- определение погрешности координат кондукторных втулок при обработке нескольких отверстий.

Погрешность настройки станка на размер $\varepsilon_{н.ст}$ в общем случае зависит от погрешности регулирования положения инструмента (по лимбу, по эталону или жесткому упору с использованием щупа и т. п.) и погрешности измерения обрабатываемого размера при настройке. Расчетные формулы и соответствующие данные представлены в справочнике [6]. На практических занятиях можно использовать данные по средним допускаемым погрешностям настройки, приведенным в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Средние допускаемые погрешности настройки $\varepsilon_{н.ст}$, мкм, для лезвийных инструментов [6]

| Интервалы выдерживаемых размеров, мм | Вид обработки | | | |
|---|---------------|----------|--------|-------------|
| | Черновая* | Чистовая | Тонкая | Однократная |
| До 30 | 40-100 | 10 | 5 | 20 |
| Св. 30 до 80 | 60-150 | 20 | 6 | 25 |
| Св. 80 до 180 | 80-200 | 30 | 7 | 30 |
| Св. 180 до 360 | 100-250 | 40 | 8 | 40 |
| Св. 360 до 500 | 120-300 | 50 | 10 | 50 |
| * Меньшие значения принимают при обработке точных черных заготовок (10-12 качества); большие значения – при обработке грубых черных заготовок (13 качество и грубее). | | | | |

Геометрическая погрешность станка $\varepsilon_{ст}$ определяется ГОСТом на его нормы с учетом смещения узлов станка под действием сил резания. Эта погрешность учитывается при чистовой обработке, основные данные приведены в таблицах 2.11–2.14, они выбраны из материалов справочника [6].

Таблица 2.11 – Погрешности размеров, формы и расположения поверхностей после чистовой обработки на токарных и токарно-винторезных станках

| Диаметр обрабатываемой заготовки, мм | До 250 | | Св. 250 до 400 | Св. 400 до 800 | Св. 800 до 1600 |
|--|--------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Длина измерения, мм | 100 | | 200 | 300 | 300 |
| Постоянство диаметра, мкм, для станков класса точности | Н П | 6 (10)* 4 (7) | 8 (20) 5 (12) | 10 (30) 7 (20) | 16 (40) 10 (25) |
| Плоскостность торцовой поверхности, мкм | Н П | 10 6 | 16 10 | 20 16 | 25 20 |
| * Для поперечного (любого) сечения. | | | | | |

Таблица 2.12 – Погрешности размеров, формы и расположения поверхностей после чистовой обработки на токарно-карусельных станках

| Диаметр обрабатываемой заготовки, мм | Постоянство диаметра, мкм, в сечении | | Плоскостность торцовой поверхности, мкм ** |
|---|--------------------------------------|------------|--|
| | поперечном | продольном | |
| До 1600 | 16 (10)* | 30 (20) | 40 (25) |
| Св. 1600 до 2500 | 20 (12) | 40 (25) | 50 (30) |
| Св. 2500 до 4000 | 25 (10) | 50 (30) | 60 (40) |
| * Для станков классов точности Н (П). ** Выпуклость не допускается. | | | |

Таблица 2.13 – Погрешности размеров, формы и расположения поверхностей после чистовой обработки на горизонтально-расточных станках

| Диаметр расточного шпинделя (усиленного), мм | Постоянство диаметра, мкм, в сечении | | | | | Плоскост-ность торцовой поверх-ности, мкм | Перпенди-кулярность отверстия к торцовой поверхно-сти, мкм | Парал-лель-ность осей от-верстий, мкм |
|--|--------------------------------------|---------|-------------|---------|---------------|---|--|---------------------------------------|
| | поперечном | | продоль-ном | | на длин-е, мм | | | |
| | d | d_1 | d | d_1 | | | | |
| До 90 (110) | 16 (10) | 25 (16) | 20 (12) | 20 (12) | 200 | 16 (10) | 26 (16) | 30 (20) |
| Св. 90 до 160 (св. 110 до 200) | 20 (12) | 30 (20) | 30 (20) | 30 (20) | 300 | 30 (20) | 25 (16) | 30 (20) |
| Св. 160 до 200 (св. 200) | 30 | 40 | 40 | 40 | 400 | 40 | 30 | 30 |

Примечания. 1. d – отверстия обрабатывают резцом, закрепленным на расточном шпинделе, с подачей шпинделя; d_1 – резцом, закрепленным на радиальном суппорте планшайбы, с подачей стола или передней стойки.

2. Торцовую поверхность обрабатывают резцом, закрепленным на радиальном суппорте планшайбы, с радиальной подачей (выпуклость не допускается); проверка на длине 300 – 500 мм.

3. Отклонение от параллельности осей отверстий, расточенных на длине 300 мм с подачей стола или расточного шпинделя.

Таблица 2.14 – Погрешности размеров, формы и расположения поверхностей после чистовой обработки на фрезерных консольных станках

| Класс точности станка | Допуск, мкм, для длины измерения, мм | | | | | |
|---|--------------------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| | До 60 | Св. 60 до 100 | Св. 100 до 160 | Св. 160 до 250 | Св. 250 до 400 | Св. 400 |
| Отклонение от плоскостности | | | | | | |
| Н | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 |
| П | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Отклонение от параллельности обработанной поверхности к основанию | | | | | | |
| Н | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 |
| П | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| Отклонение от перпендикулярности плоскостей | | | | | | |
| Н | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | |
| П | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | |

Суммарная погрешность обработки, не зависящая от приспособления $\sum \Delta_j$, как указано выше, может быть определена как часть допуска на координирующий размер $[\sum \Delta_i = (0,3 \div 0,5)T]$. Иногда эту часть допуска считают запасом точности приспособления.

Найденное значение выбранного параметра $\varepsilon_{пр}$ указывается в качестве допуска отклонения поверхностей или расстояния между поверхностями, контактирующими соответственно с заготовкой и станком, на чертеже общего вида или записывается в технических требованиях на изготовление и эксплуатацию проектируемого приспособления.

При расчете на точность кондукторов полученная погрешность $\varepsilon_{пр}$ изготовления приспособления будет являться допуском межцентрового расстояния (расчетный параметр) между кондукторными втулками или допуском расстояния между базовой плоскостью (поверхностью) установочного элемента кондуктора и осью кондукторной втулки.

Следующий этап расчета приспособления на точность – разбивка расчетного значения допуска приспособления $\varepsilon_{пр}$ на допуски размеров его деталей, участвующих в размерной цепи с исходным звеном $\varepsilon_{пр}$. После выявления размерной цепи решается прямая задача – определяются размеры и допуски ее составляющих звеньев.

В таблице 2.15 дополнительно даны сведения по источникам размещения материалов, представляющих конструктивные и точностные параметры типовых элементов приспособлений (кондукторных втулок, установов, щупов, направляющих перемещения, фиксаторов, корпусов, шпонок). Эти параметры используются при расчете указанных выше размерных цепей. Там же даны сведения по размещению методики и примеров расчета размерных цепей в приспособлениях.

Таблица 2.15 – Размещение в литературных источниках материалов по составляющим погрешностям в формуле (2.2) расчета точности приспособления

| Составляющие погрешности | Номер источника в списке литературы | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|----------------------------------|----------|------------|-------------------------------|-------|----------|---------------------------|
| | [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] |
| Погрешность ε_{δ} базирования | гл. 3 | гл. 3 п. 3.4, 3.5; | гл. 1 | гл. I | гл. X, табл. 74, 87 – 93 | | | гл. 8 |
| Погрешность ε_z закрепления | гл. 3 | гл. 3 п. 3.4, 3.5; табл. П.1–П.4 | гл. 1 | гл. I | гл. X, табл. 75 – 78, 87 – 93 | | | гл. 8 |
| Погрешность ε_y установки приспособления | гл. 3 | гл. 3 п. 3.4, 3.5 | гл. 1 | гл. I | гл. X, табл. 79, 87 – 93 | | гл. 8 | гл. 8 |
| Погрешность $\varepsilon_{и}$ от износа установочных элементов | | гл. 3 п. 3.4, 3.5 | гл. 1 | | гл. X, табл. 80 – 82, 87 – 93 | | | гл. 8 |
| Погрешность $\varepsilon_{п}$ от смещения и перекоса инструмента | | гл. 3 п. 3.4, 3.5 | гл. 3 | | гл. X, табл. 83 – 85, 88 – 93 | | | гл. 8 |
| Дополнительные погрешности кондукторов | | | | | гл. X | | | гл. 8 |
| Геометрическая погрешность станка $\varepsilon_{ст}$ | | | | | | гл. 1 | | |
| Погрешность настройки станка $\varepsilon_{ст}$ | | | | | | гл. 1 | | |
| Конструктивные параметры и точность элементов приспособлений | | | гл. 1, 3 | гл. I, III | гл. X, табл. 84 | | гл. 3, 4 | гл. 3, 8; л. 3, 4, 13, 14 |
| Методика расчета размерных цепей в приспособлениях | | гл. 3 п. 3.3 | | | гл. VIII | | | гл. 8 |

Порядок выполнения

1. Для разработанных на практическом занятии по теме 1 схемы базирования заготовки в приспособлении и схемы приспособления рассчитать допускаемую погрешность изготовления приспособления $\varepsilon_{пр}$ по зависимости (2.2).

2. Сформулировать технические требования на погрешность изготовления приспособления $\varepsilon_{пр}$. Найденное значение указать в технических требованиях на чертеже общего вида (сборочном чертеже) в качестве до-

пуска расположения или размера между поверхностями, контактирующими соответственно с заготовкой и станком.

3. Выявить в конструкции приспособления размерную цепь, включающую в качестве исходного звена погрешность $\varepsilon_{\text{пр}}$. Путем прямого расчета размерной цепи методом максимума-минимума распределить величину погрешности $\varepsilon_{\text{пр}}$ между составляющими размерной цепи.

4. Указать периодичность проверки точности приспособления в соответствии с рекомендациями таблицы 86 [5].

3. РАСЧЕТ СИЛ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ

Цель :

- практическое освоение методики расчета сил закрепления, необходимых при механической обработке заготовок в приспособлении;
- закрепление знаний, полученных при изучении теоретического курса.

Пояснения

Расчет сил закрепления сводится к решению задачи статики на равновесие твердого тела (заготовки) под действием системы внешних сил.

На обрабатываемую заготовку действуют следующие силы: резания (или моменты резания), закрепления, реакции опор, трения, тяжести. Силы закрепления должны быть достаточными, чтобы исключить смещение заготовки, установленной в приспособление, под действием сил (моментов) резания и силы тяжести (при отсутствии опоры, воспринимающей ее действие).

Для определения силы W закрепления необходимо решить уравнения равновесия:

$$W - k \sum P_{\text{вн}} = 0 \quad (3.1)$$

$$Wl - kM_{\text{вн}} = 0, \quad (3.2)$$

где $P_{\text{вн}}$ ($M_{\text{вн}}$) – внешние силы (моменты), действующие на заготовку в процессе обработки; W (Wl) – силы (моменты), возникающие под действием сил закрепления; l – величина плеча приложения силы закрепления относительно оси поворота заготовки в приспособлении.

Для обеспечения надежности зажима силы (моменты) обработки принимаются с учетом коэффициента запаса k , являющегося произведением первичных коэффициентов: $k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6$. Назначение и величина первичных коэффициентов:

- k_0 – гарантированный коэффициент запаса принимается равным 1,5;
- k_1 – коэффициент, учитывающий возрастание сил обработки при затуплении инструмента, принимается по данным таблицы 3.1 в зависимости от условий обработки;
- k_2 – коэффициент, учитывающий неравномерность сил резания из-за непостоянства толщины снимаемого при обработке припуска (при чистовой обработке равен 1,0, при черновой принимается равным 1,2);
- k_3 – коэффициент, учитывающий изменение сил резания при прерывистой обработке, принимается равным 1,2 при прерывистом точении и торцевом фрезеровании;

- k_4 – коэффициент, учитывающий непостоянство развиваемых приводами сил зажима (для ручных зажимов принимается равным 1,3, пневматических, гидравлических и других механизированных зажимов прямого действия – равным 1,0, для пневмокамер, мембранных патронов и других устройств, развиваемые силы которых зависят от допусков размеров заготовки в направлении зажима, – равным 1,2);

Таблица 3.1 – Значение первичного коэффициента k_1

| Метод обработки | Компоненты сил резания | Значения | |
|---|------------------------|------------|---------------------------|
| | | для чугуна | для стали |
| Сверление | M_K | 1,2 | - |
| | P_z | 1,1 | - |
| Зенкерование предварительное (по корке) | M_K | 1,3 | - |
| | P_z | 1,2 | - |
| Зенкерование чистовое | M_K | 1,2 | |
| | P_z | 1,2 | |
| Предварительное точение и растачивание | P_z | 1,0 | 1,0 |
| | P_y | 1,2 | 1,4 |
| | P_x | 1,25 | 1,6 |
| Чистовое точение и растачивание | P_z | 1,05 | 1,00 |
| | P_y | 1,40 | 1,05 |
| | P_x | 1,30 | 1,00 |
| Фрезерование предварительное и чистовое цилиндрической фрезой | P_z | 1,2...1,4 | 1,6...1,8* 1,2...1,4** |
| Фрезерование предварительное и чистовое торцевой фрезой | P_z | 1,2...1,4 | 1,6...1,8* 1,2...1,4** |
| Шлифование | P_z | - | 1,1...1,2 |
| Протягивание | P | - | 1,5 |

* Для вязких сталей

** Для твердых сталей

- k_5 – коэффициент, учитывающий непостоянство развиваемых сил зажимных устройств с ручным приводом (при удобном расположении рукоятки и угле ее отклонения при зажиме до 90° принимается равным 1,0, в остальных случаях – 1,2);

- k_6 – коэффициент, учитывающий неопределенность положения мест контакта заготовки с установочными элементами и изменение в связи с этим моментов трения, противодействующих повороту заготовки на базовой плоскости (при установке заготовки на опоры с точечным контактом принимается равным 1,0, на опорные пластины – 1,5).

Если в результате расчета значение коэффициента запаса окажется меньше 2,5, его принимают равным этой величине.

Расчет сил зажима в большинстве случаев ведется с учетом сил и моментов трения, возникающих в контактах заготовка – установочные элемен-

ты приспособления. Средние значения коэффициента трения f в зависимости от состояния контактирующих поверхностей приведены в таблице 3.2.

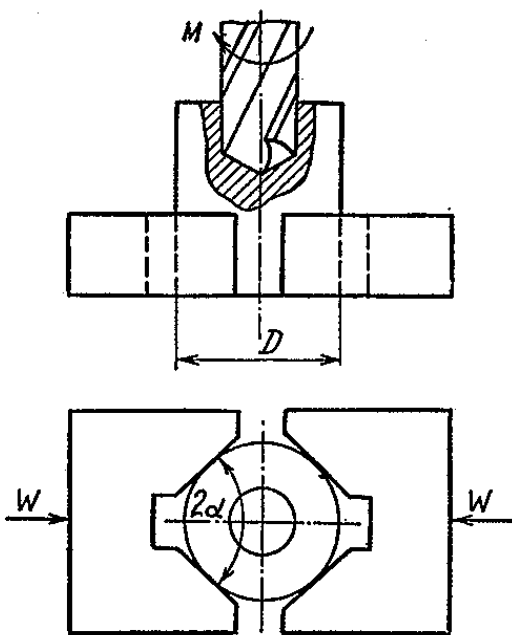
Таблица 3.2 – Величина коэффициента трения в контактах заготовка-установочные элементы

| Условия контакта заготовки и приспособления | Значения f |
|--|--|
| Заготовка контактирует с опорными пластинами приспособления: обработанными поверхностями необработанными поверхностями | 0,15 0,20...0,25 |
| Заготовка контактирует с опорами со сферической головкой приспособления необработанными поверхностями | 0,25 |
| Заготовка контактирует с рифлеными плоскостями опор необработанными поверхностями | 0,7 |
| Заготовка закреплена в патроне с кулачками: гладкими с кольцевыми канавками с взаимно перпендикулярными канавками с острыми рифлениями | 0,15...0,20 0,3...0,4 0,4...0,5 0,7...0,9 |

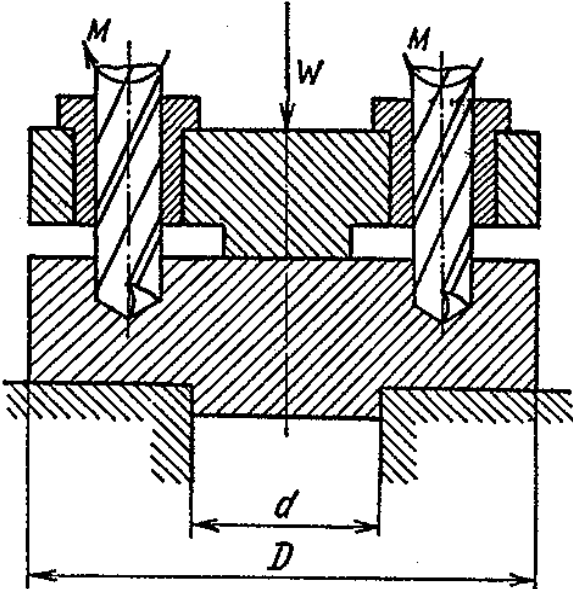
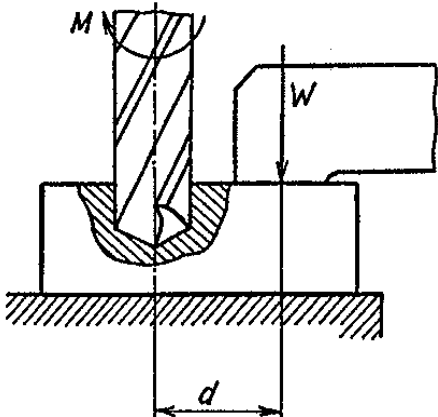
Для составления уравнений равновесия (3.1), (3.2) необходимо воспользоваться знаниями из раздела "Статика" курса «Теоретическая механика» или расчетными зависимостями, приведенными в таблицах 3.3 – 3.6.

В таблице 3.3 рассматриваются схемы закрепления, в которых силы трения, создаваемые на контактных площадках усилием зажима, препятствуют провороту обрабатываемой заготовки под действием крутящего момента сверления M .

Таблица 3.3 – Усилия зажима при обработке на сверлильных станках

| Схема зажима | Расчетная формула |
|--|---------------------------|
| <p>В призмах</p>  | $W = kM \sin \alpha / fd$ |

Продолжение таблицы 3.3

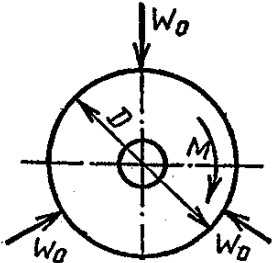
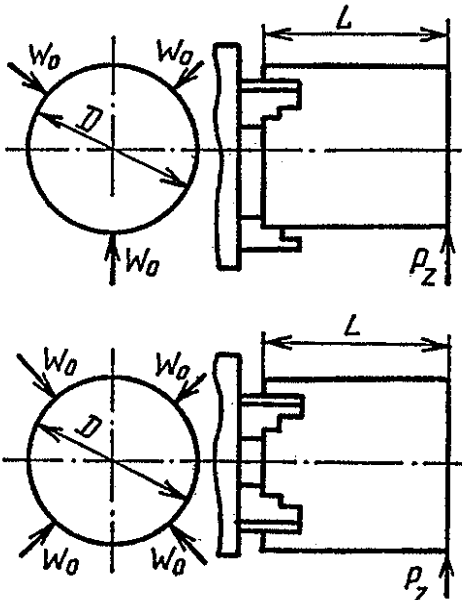
| Схема зажима | Расчетная формула |
|--|--|
| <p>Торцом кондукторной плиты</p>  | $W = kMn / [f \cdot (D^3 - d^3) / 3(D^2 - d^2)]$ |
| <p>Прихватом</p>  | $W = kM / fd$ |

Примечание. Буквы в формулах обозначают: M – крутящий момент на сверле; n – число одновременно работающих сверл; f – коэффициент трения на рабочих поверхностях зажимов, для гладких поверхностей $f = 0,25$, для поверхностей с крестообразно нарезанными канавками $f = 0,45$; k – коэффициент запаса. 2α – угол призмы, град; k – коэффициент запаса.

В таблице 3.4 схема закрепления короткой детали в токарном патроне при расчетном усилии W_0 на каждом кулачке патрона обеспечивает за счет суммарного момента трения, развиваемого этими усилиями, предотвращение проворота обрабатываемой заготовки в кулачках, вызываемого моментом резания M от действия тангенциальной силы P_z . В случае обработки удлиненной детали без поддержки заднего центра момент от действия силы P_z стремится вывернуть обрабатываемую заготовку из

кулачков. Расчетные формулы определяют необходимые усилия зажима в случаях, когда в трехкулачковом патроне заготовка, удерживаемая силами трения, выворачивается с проскальзыванием из одного кулачка, а в четырехкулачковом патроне – из двух кулачков.

Таблица 3.4 – Усилия зажима при токарной обработке в кулачковом патроне

| Схема зажима | Расчетная формула |
|---|--|
| <p>Для крепления коротких деталей</p>  | $W_0 = 2kM / \pi f D$ |
| <p>Для крепления длинных деталей</p>  | <p>В трехкулачковом патроне $W_0 = 1,33kLP_z / fD$ В четырехкулачковом патроне $W_0 = 0,7kLP_z / fD$</p> |

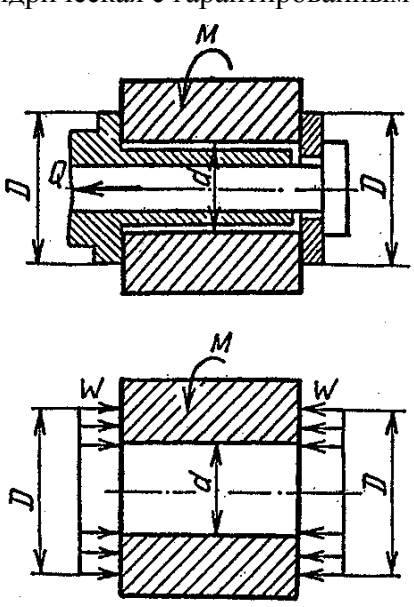
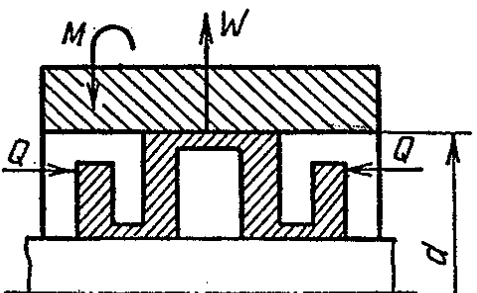
Примечание. Буквы в формулах обозначают: W_0 – требуемое усилие зажима на каждом кулачке; n – количество кулачков; k – коэффициент запаса; M – крутящий момент от усилия резания; P_z – окружное усилие резания; f – коэффициент трения на рабочих поверхностях кулачков (гладких – $f = 0,25$; с кольцевыми канавками – $f = 0,35$; с крестообразными канавками – $f = 0,45$; с зубьями, параллельными оси патрона – $f = 0,8$); D – диаметр зажимной поверхности.

В таблице 3.5 рассматриваются две схемы обработки заготовок с закреплением на оправках. В случае первой схемы между цилиндрической оправкой и базовым отверстием заготовки существует гарантированный зазор и крутящему моменту резания M от действия тангенциальной силы

P_z противодействует момент от сил трения на торцах заготовки, развиваемых усилием зажима W .

В случае второй схемы крутящему моменту резания M от действия тангенциальной силы P_z противодействует момент от сил трения на базовой поверхности отверстия заготовки, развиваемых радиально направленным усилием зажима W . В одних случаях усилие W создается упругой деформацией базирующей поверхности оправки, выполненной в виде цанги, тонкостенной втулки, гофрированной втулки, набора пружинных шайб, в других случаях используются прессовые посадки на цилиндрические или конические (с малым углом конуса) оправки, в третьем случае используются оправки с выдвижными кулачками.

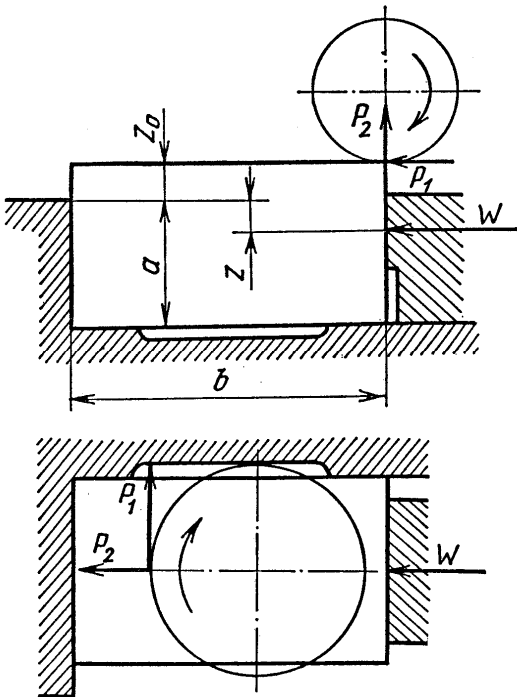
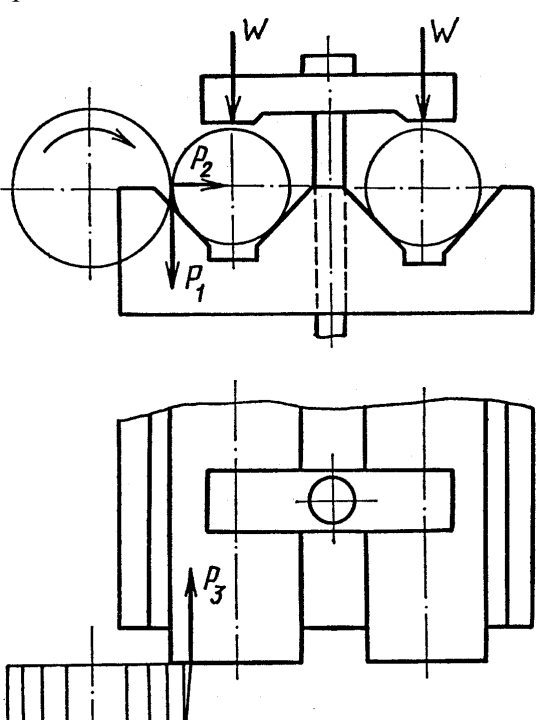
Таблица 3.5 – Усилия зажима при токарной обработке на оправках

| Схема оправки | Расчетная формула |
|--|---------------------------------------|
| <p>Цилиндрическая с гарантированным зазором</p>  | $W = 1,5kM(D^2 - d^2) / f(D^3 - d^3)$ |
| <p>С гофрированными втулками</p>  | $W = 2kM / fd$ |

Примечание. Буквы в формулах обозначают: k – коэффициент запаса; M – крутящий момент от усилия резания; $f = 0,1-0,15$ – коэффициент трения между оправкой и деталью.

В таблице 3.6 схемы действия сил зажима при фрезеровании заготовок обеспечивают предотвращение их смещения от действия моментов и сил резания за счет создаваемых силами зажима моментов, сил трения на опорных поверхностях и моментов от этих сил трения.

Таблица 3.6 – Усилия зажима при обработке на фрезерных станках

| Схема зажима | Расчетная формула |
|---|---|
| <p>В тисках</p>  | $W = k(P_1 \cdot z_0 + P_2 \cdot b) / (z + f \cdot b)$ |
| <p>В призме</p>  | $W = kP_1 \cdot D (\sin \alpha / 2) f \cdot d \text{ (предотвращение поворота заготовки)}$ $W = k(P_3 - P_1 f \sin \alpha) / f \sin \alpha \text{ (предотвращение сдвига заготовки)}$ |

Примечание. Буквы в формулах обозначают: P_1, P_2, P_3 – составляющие сил резания; f – коэффициент трения на рабочих поверхностях зажимов (для гладких – $f = 0,25$; с крестообразно нарезанными канавками – $f = 0,45$; k – коэффициент запаса; D – диаметр обрабатываемых заготовок; 2α – угол призмы, град.

Дополнительные сведения по расчету сил закрепления заготовок в приспособлениях размещены в материалах источников, указанных в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Размещение в литературных источниках материалов по расчету сил закрепления заготовок в приспособлениях

| Разновидности расчетных материалов | Номер источника в списке литературы | | | | | | |
|------------------------------------|--|---|-------|--------|--------------------------|-------|--------|
| | [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [7] | [9] |
| Общие расчетные схемы и формулы | гл. 1 п. 1.6 | гл. 4 п. 4.1, 4.2, табл. 4.1 – 4.4 | гл. 2 | гл. II | табл. 94, 95, 96 | гл. 6 | лист 5 |
| Силы зажима при точении | гл. 4 п. 4.1 | | гл. 2 | | табл. 98– 100, 102 | | |
| Силы зажима при сверлении | гл. 4 п. 4.3; прил. 3 табл. 4.3 | | гл. 2 | | табл. 97 | | |
| Силы зажима при фрезеровании | гл. 4 п. 4.3; прил. 3 табл. 4.3 | | гл. 2 | | табл. 101 | | |
| Силы зажима при шлифовании | гл. 4 п. 4.1 | | | | | | |

Порядок выполнения

1. Определить режим резания для заданной на практическом занятии по теме 1 операции (вида) обработки, рассчитать силы (моменты) резания, действующие на обрабатываемую заготовку.
2. Составить схему сил (моментов), действующих на заготовку при обработке ее в приспособлении.
3. Определить коэффициент запаса сил зажима.
4. Составить уравнение (формулу) для расчета силы зажима.
5. Определить силу зажима.

4. РАСЧЕТ СИЛОВЫХ МЕХАНИЗМОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ НА ВЕДУЩЕМ ЗВЕНЕ

Цель :

- ознакомление с силовыми механизмами приспособлений;
- практическое освоение методики выбора и расчета силовых механизмов.

Пояснения

Силовые механизмы являются промежуточным звеном, связывающим привод с зажимным устройством приспособления, их назначение – увеличение усилия привода и решение вопроса компоновки приспособления.

Силовые механизмы могут представлять как элементарные механизмы, так и сочетание элементарных механизмов. К первым относятся: винтовые, клиновые, эксцентриковые, рычажные и др. Ко вторым: винто-, эксцентрико-рычажные, шарнирно-рычажные и т. п.

Силовые механизмы характеризуются передаточным отношением силы зажима W к силе, развиваемой приводом Q : $i_c = W/Q$ и параметрами перемещений – величиной и запасом хода, передаточным отношением перемещения точки приложения усилия зажима S_w к перемещению точки приложения исходной силы S_Q : $i_n = S_w/S_Q$.

Для определения передаточных отношений сил i_c и перемещений i_n сложного силового механизма необходимо перемножить соответствующие передаточные отношения составляющих элементарных силовых механизмов.

Расчет силового механизма заключается в определении силы (момента), которую должен обеспечивать привод, исходя из известной силы зажима.

Винтовые силовые механизмы. В конструкции приспособлений используются в виде нажимного винта или нажимной гайки. Усилие, развиваемое винтовым механизмом, зависит от величины приложенного момента $M_{кр}$, формы рабочего торца винта (гайки) и вида резьбы. В зависимости от формы рабочего торца винта (гайки), исходя из величины требуемого усилия зажима, необходимая величина крутящего момента $M_{кр}$ определяется по формулам таблицы 4.1.

По моменту $M_{кр}$ с учетом требований эргономики выбирают форму головки и длину рукоятки (таблица 4.2). Допускаемое усилие ручного зажима не более 150 Н. При откреплении заготовки момент нужно увеличить примерно в 1,2 раза по сравнению с закреплением.

В зависимости от требуемой силы зажима W и допускаемого напряжения материала винта на растяжение $[\sigma_p]$ определяется наружный номинальный диаметр d , мм, винта для основных метрических резьб:

$$W = 0,64(\pi d^2/4)[\sigma_p] = 0,5d^2[\sigma_p],$$

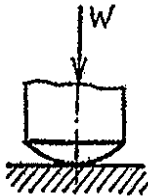
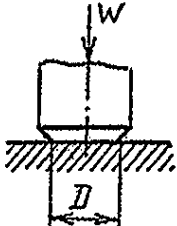
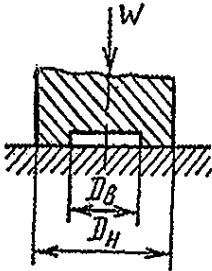
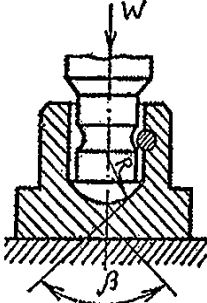
откуда диаметр равен

$$d = \{W/(0,5[\sigma_p])\}^{0,5} \approx 1,4(W/[\sigma_p])^{0,5}.$$

Значения $[\sigma_p]$ в зависимости от марки стали винта и ее термообработки можно определить по таблице П.28 [2] и таблице 106 [5].

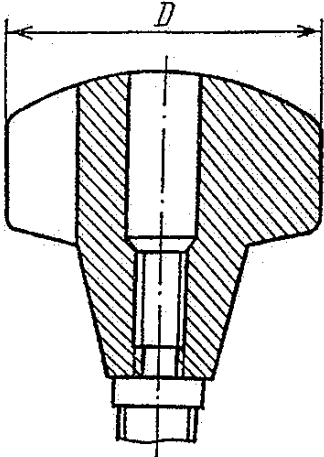
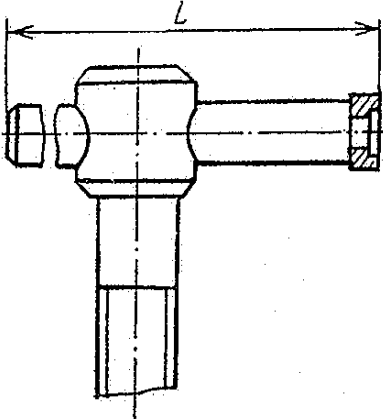
Полученное значение d округляют до ближайшего большего стандартного значения. Обычно в приспособлениях применяют резьбы от М6 до М48.

Таблица 4.1 – Крутящие моменты $M_{кр}$, Н·мм, винтовых механизмов

| Форма венца винта (торца гайки) | Схема зажима | Формула расчета $M_{кр}$ |
|------------------------------------|---|---|
| Сферическая |  | $M_{кр} = W[0,5d \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр})]$ |
| Цилиндрическая |  | $M_{кр} = W[0,5d \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + f_1 D_{ц}/3]$ |
| Плоская кольцевая |  | $M_{кр} = W[0,5d \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + f_1 (D_{н}^3 - D_{в}^3) / (D_{н}^2 - D_{в}^2) 3]$ |
| Под пята |  | $M_{кр} = W[0,5d \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + f_1 R \operatorname{ctg} \beta/2]$ |

Примечание. Буквы в формулах обозначают: $D_{ц}$ – диаметр цилиндрического конца винта, мм; R – радиус сферы винта, мм; $D_{н}$, $D_{в}$ – наружный и внутренний диаметры опорного торца винта (шайбы), мм; β – угол конусного гнезда наконечника, град; $\alpha \approx 2^\circ 30'$ – угол подъема резьбы; $f_1 \approx 0,15$ – коэффициент трения на плоском торце; $\varphi_{пр} \approx 10^\circ 30'$ – приведенный угол трения резьбы.

Таблица 4.2 – Моменты $M_{кр}$ в зависимости от конструктивного оформления нажимных винтов и нажимных гаек

| Номинальный диаметр резьбы | Винты | | | |
|----------------------------|---|---------------------------------|--|---------------------------------|
| | со звездообразной рукояткой | | с рукояткой | |
| |  | |  | |
| | $D, \text{мм}$ | $M_{кр}, \text{Н}\cdot\text{м}$ | $L, \text{мм}$ | $M_{кр}, \text{Н}\cdot\text{м}$ |
| M6 | 32 | 1,57 | 50 | 7,35 |
| M8 | 40 | 2,00 | 69 | 8,80 |
| M10 | 50 | 2,45 | 80 | 11,75 |
| M12 | 62 | 3,00 | 100 | 14,70 |
| M16 | - | - | 120 | 17,60 |
| M20 | - | - | - | - |
| M24 | - | - | - | - |
| M30 | - | - | 160 | 23,5 |

Рычажные силовые механизмы. Конструкции просты и надежны в эксплуатации. Недостаток – отсутствие самоторможения. В таблице 4.3 приведены основные схемы рычажных механизмов, полная и упрощенная формула расчета исходного усилия в зависимости от развиваемых ими усилий зажима.

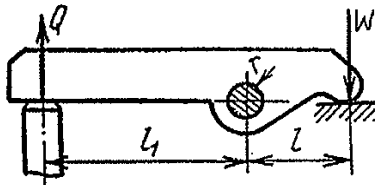
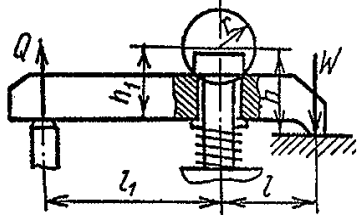
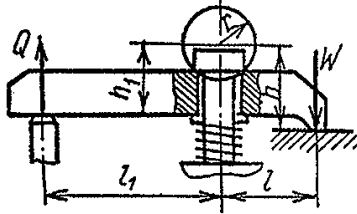
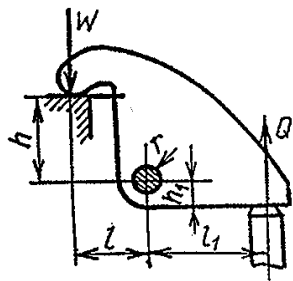
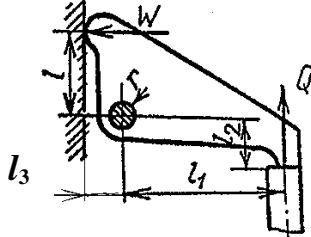
Для расчета хода точки приложения усилия зажима W к закрепляемой заготовке используется формула

$$S_{\min} = T + W/J + \Delta s,$$

где T – допуск на закрепленный размер заготовки, мм; Δs – гарантированный запас хода, принимается в пределах 0,4...0,8 мм; J – жесткость рычажного механизма, принимается в пределах 14...25 кН/мм; W – усилие зажима, кН.

Общий ход равен $S = S_c + S_{\min}$, где S_c – величина свободного хода, необходимая для установки и съема заготовки.

Таблица 4.3 – Усилия привода типовых рычажных механизмов

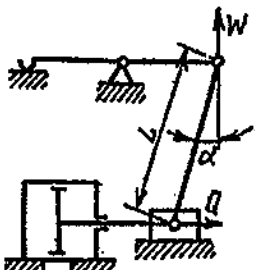
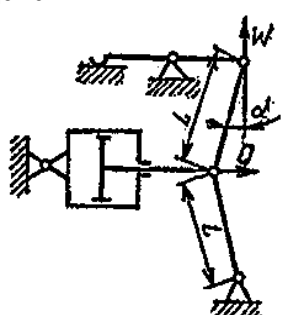
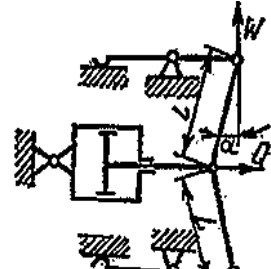
| Схема механизма | Расчетные значения усилия привода Q | Приближенные расчетные значения усилия Q | |
|---|---|--|--|
|  | $Q = W(l + r) / (l_1 - rf_0)$ | $Q = Wl / l_1\eta$ | |
|  | $Q = W(l + hf + rf_0) / (l_1 - h_1f_1 - rf_0)$ | | |
|  | | | |
|  | | | |
|  | $Q = W(l + l_3f + rf_0) / (l_1 - l_2f_1 - 0,4rf_0)$ | | |

Примечание. Принимать значения коэффициентов трения: $f_0 \approx 0,05$ – на оси поворота; $f \approx 0,10 \dots 0,15$ – на зажимаемой поверхности; $f_1 \approx 0,10 \dots 0,15$ – на поверхности, воспринимающей усилие Q ; $\eta \approx 0,85 \dots 0,95$ – КПД рычажного механизма, учитывающий потери на трение.

Рычажно-шарнирные механизмы имеют высокий коэффициент усиления, обладают быстродействием. Недостаток – зависимость усилия зажима от погрешности размеров и жесткости заготовок. В таблице 4.4 приведены некоторые применяемые схемы рычажно-шарнирных механизмов.

мов, расчетные формулы и данные по передаточным отношениям между усилиями W/Q .

Таблица 4.4 – Конструктивные схемы и передаточные отношения рычажно-шарнирных механизмов

| Схема механизма | Расчетная формула передаточного отношения сил | Передаточное отношение усилий W/Q при угле α , град | | | | | | |
|---|---|--|------|------|------|------|------|------|
| | | 5 | 8 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 |
| Идеальный однорычажный шарнирный без учета сил трения | $1 / \operatorname{tg} \alpha$ | 11,43 | 7,12 | 5,67 | 4,71 | 3,73 | 2,75 | 2,15 |
| Идеальный двухрычажный шарнирный без учета сил трения | $1 / 2 \operatorname{tg} \alpha$ | 5,71 | 3,56 | 2,83 | 2,35 | 1,86 | 1,37 | 1,07 |
| Однорычажный шарнирный с ползуном  | $1 / [\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi_1]$ | 4,80 | 3,83 | 3,36 | 3,00 | 2,56 | 2,05 | 1,69 |
| Двухрычажный шарнирный одностороннего действия  | $1 / 2 \operatorname{tg}(\alpha + \beta)$ | 4,63 | 3,10 | 2,53 | 2,14 | 1,72 | 1,29 | 1,01 |
| Двухрычажный шарнирный двустороннего действия  | $1 / \operatorname{tg}(\alpha + \beta)$ | 9,26 | 6,20 | 5,06 | 4,28 | 3,45 | 2,58 | 2,03 |

Примечание. Приняты значения: $\operatorname{tg} \varphi_1 = 0,1$; $\varphi_1 = 5^\circ 30'$; $\beta = 1^\circ 10'$.

В таблице: α – угол наклона; $\beta = \arctg fd/L$ – дополнительный угол к углу наклона α , учитывающий потери на трение в шарнирах; d – диаметр оси шарнира, мм; L – длина рычага, мм; f – коэффициент трения скольжения в шарнире; $tg \varphi_1$ – коэффициент трения скольжения на ползуне.

Расширенные сведения по рычажно-шарнирным механизмам приведены в главе XI и таблице 109 [5], главе 5 [7].

Клиновые механизмы (рисунок 4.1) компактны по конструкции, обеспечивают постоянство сил закрепления и самоторможение, применяются чаще всего в качестве усилителей пневмо- и гидроприводов. Многоклиновые самоцентрирующие механизмы используются в конструкции патронов и оправок.

Требуемая величина перемещения точки приложения усилия зажима, получаемая воздействием клина, определяется по зависимости

$$S_W = T + \Delta_{\text{гар}} + \Delta s + W/J,$$

где T – допуск на закрепленный размер заготовки, мм; $\Delta_{\text{гар}}$ – гарантированный зазор для установки заготовки, принимается равным 0,2...0,4 мм; Δs – запас хода, принимается равным 0,2...0,4 мм; J – жесткость рычажного механизма, принимается в пределах 1...2,5 кН/мм; W – усилие зажима, кН.

Расчетные формулы усилий зажима и передаточных отношений сил клиновых механизмов различных конструкций, обоснованные схемой рисунка 4.1, приведены в таблице 4.5.

Условие самоторможения для клина с трением на двух плоскостях (наклонной и опорной): $\alpha < (\varphi + \varphi_1)$. Здесь: α – угол скоса клина; φ – угол трения на наклонной плоскости клина; φ_1 – угол трения на опорной плоскости клина. Условие самоторможения при трении только по наклонной плоскости клина $\alpha < \varphi$, при трении только по опорной плоскости клина $\alpha < \varphi_1$.

В клиновых механизмах без роликов для обеспечения самоторможения рекомендуется делать угол скоса клина $\alpha < 5^\circ 30'$.

Клиновые механизмы с роликами обычно используются в качестве усилителей и являются несамотормозящими. Угол скоса клина в таких механизмах $\alpha > 10^\circ$.

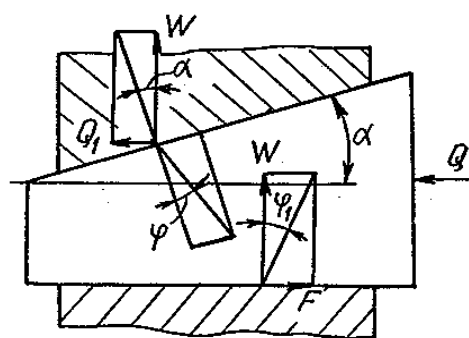
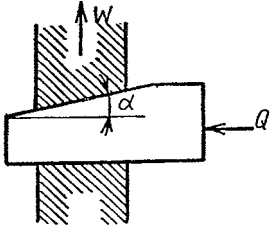
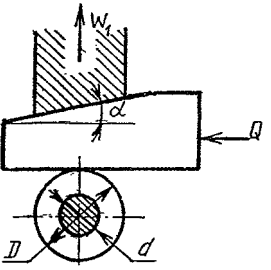
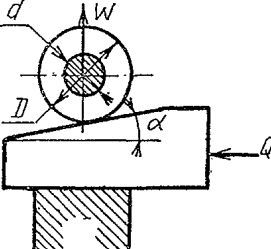
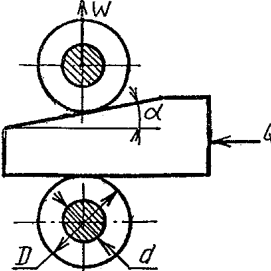


Рисунок 4.1 – Схема действия сил клинового механизма:
 Q – сила привода; W – сила зажима; α – угол скоса клина; φ , φ_1 – углы трения на контактных плоскостях

Таблица 4.5 – Конструктивные схемы и передаточные отношения сил типовых клиновых механизмов

| Схема механизма | Расчетная формула передаточного отношения сил | Передаточное отношение сил W/Q при угле α , град | | | | | | |
|---|---|---|------|------|------|------|------|------|
| | | 5 | 8 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 |
| <p>С трением скольжения на наклонной и опорной поверхностях</p>  | $1 / [\operatorname{tg} (\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1]$ | 3,44 | 2,89 | 2,61 | 2,36 | 2,08 | 1,72 | 1,49 |
| <p>С трением скольжения на наклонной поверхности и с роликом на опорной поверхности</p>  | $1 / [\operatorname{tg} (\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_{1np}]$ | 4,15 | 3,38 | 3,00 | 2,69 | 2,32 | 1,87 | 1,54 |
| <p>С роликом на наклонной поверхности и с трением скольжения на опорной поверхности</p>  | $1 / [\operatorname{tg} (\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1]$ | 4,22 | 3,44 | 3,16 | 2,74 | 2,37 | 1,92 | 1,59 |
| <p>С роликами на наклонной и опорной поверхностях</p>  | $1 / [\operatorname{tg} (\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_{1np}]$ | 5,34 | 4,15 | 3,6 | 3,18 | 2,69 | 2,13 | 1,73 |

Клиноплунжерные механизмы (рисунок 4.2) являются развитием конструкции клиновых механизмов. Одноплунжерные механизмы используются как усилители пневмо- и гидроприводов, многоплунжерные – как центрирующие механизмы патронов и оправок.

Расчет хода клиноплунжерных механизмов аналогичен расчету клиновых механизмов.

Условия самоторможения клиноплунжерных механизмов те же самые, что и клиновых механизмов.

Расчетные формулы усилий зажима и передаточных отношений сил клиноплунжерных механизмов различных конструкций, обоснованные схемой рисунка 4.2, приведены в таблице 4.6.

В случае конструкции механизма с одноопорным плунжером вместо угла трения φ_2 действует приведенный угол трения $\varphi_{2\text{пр}}$.

Эксцентрикые механизмы. Применяются круговые дисковые и криволинейные эксцентрики.

Круговые эксцентрики (рисунок 4.3) более распространены, они просты по конструкции и изготовлению. Их недостаток – непостоянство угла подъема рабочего профиля в месте контакта с поверхностью зажимаемой заготовки и, следовательно, усилий зажима. В связи с этим для обеспечения малого изменения зажимного усилия выбирают рабочий участок профиля кругового эксцентрика в пределах $30...45^\circ$ в каждую сторону от расчетной точки контакта.

Момент M , Н·мм, приложенный к рукоятке эксцентрика, развивает

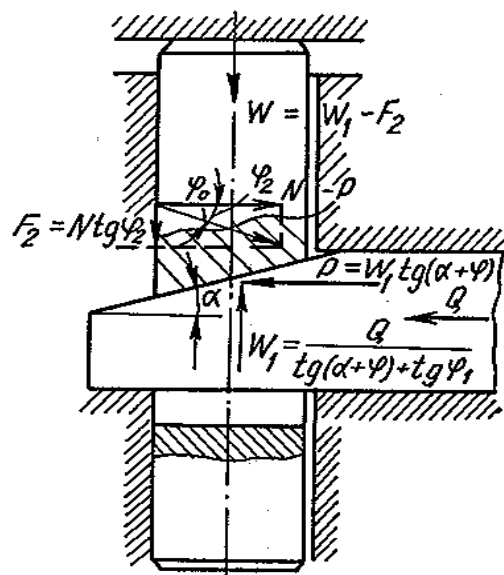


Рисунок 4.2 – Схема действия сил клиноплунжерного механизма с двухопорным плунжером:

Q – сила привода; W – сила зажима;
 α – угол скоса клина; $\varphi, \varphi_1, \varphi_2$ – углы трения на контактных плоскостях

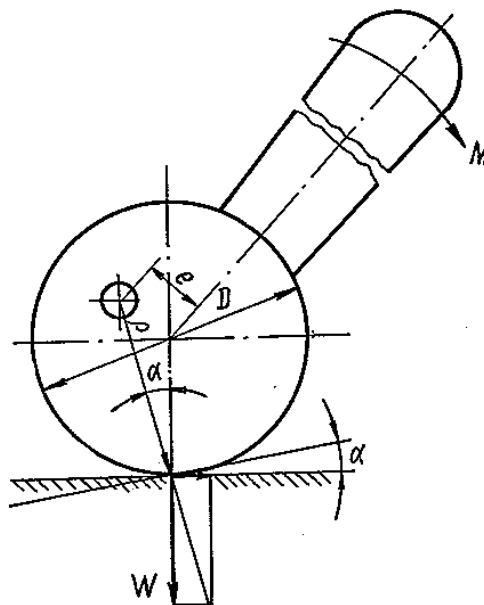


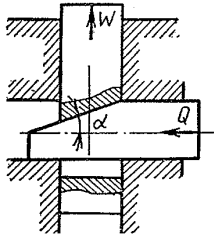
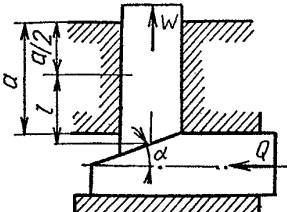
Рисунок 4.3 – Схема действия сил эксцентрикового механизма

усилие зажима W , Н, в месте контакта с поверхностью зажимаемой заготовки (или элемента зажимной системы):

$$M = W\rho[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1],$$

где ρ – расстояние от оси вращения эксцентрика до точки соприкосновения с заготовкой, мм; α – угол подъема кривой эксцентрика, град.; φ – угол трения на площадке контакта эксцентрика с заготовкой, град.; φ_1 – угол трения на оси эксцентрика, град. С достаточной для расчетов точностью значения углов трения принимаются в пределах $6 \dots 8^\circ$.

Таблица 4.6 – Конструктивные схемы и передаточные отношения клинолунжерных механизмов

| Схема механизма | Расчетная формула передаточного отношения сил | Передаточное отношение сил W/Q при угле α , град | | | | | | |
|---|--|---|------|------|------|------|------|------|
| | | 5 | 8 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 |
| <p>С двухопорным плунжером без роликов</p>  | $1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_2 / \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1$ | 3,37 | 2,82 | 2,55 | 2,28 | 2,02 | 1,63 | 1,36 |
| <p>С одноопорным плунжером без ролика</p>  | $1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_{2\text{пр}} / \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1$ | 3,30 | 2,74 | 2,48 | 2,21 | 1,91 | 1,71 | 1,26 |

Длина рукоятки эксцентрика подбирается с учетом требуемого момента M и ограничения прилагаемого усилия ручного привода Q до 150 Н

Диаметр эксцентрика D определяется из условия обеспечения самоторможения, когда $\alpha_{\max} \leq (\varphi + \varphi_1) \approx 8^\circ 30'$, зависимостью $D = (14 \dots 20)e$, где e – эксцентриситет. При обычно применяемом ограничении угла поворота γ эксцентрика в пределах, значительно меньших 180° , величина эксцентриситета может быть рассчитана по формуле

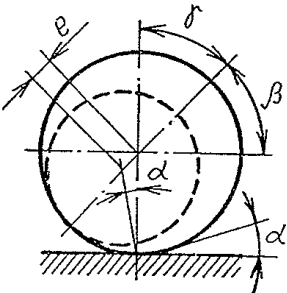
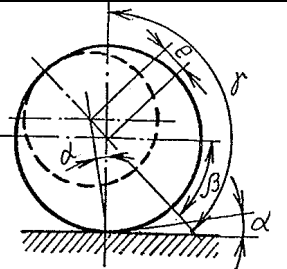
$$e = (\Delta_{\text{gap}} + T + \Delta h + W/J) / (1 - \cos \gamma),$$

где $\Delta_{\text{гар}}$ – гарантированный зазор для установки детали, принимается в пределах 0,2...0,4 мм; T – допуск на размер обрабатываемой заготовки в месте приложения усилия зажима W ; Δh – запас хода эксцентрика, принимается в пределах 0,2...0,4 мм; J – жесткость механизма, принимается в пределах 1...2 кН/мм.

Диаметр цапфы (оси) эксцентрика определяется из условий прочности на смятие ($[\sigma_{\text{см}}] = 15...40$ МПа в зависимости от марки и термообработки стали) с использованием зависимости $d = (W/[\sigma_{\text{см}}])^{0,5}$. При этом ширина цапфы принимается равной диаметру.

Основные параметры круговых эксцентриков приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Основные параметры круговых эксцентриков в зависимости от угла их поворота

| Схема положения эксцентрика | Угол поворота | Угол подъема α | Расстояние от центра вращения эксцентрика до точки контакта с изделием | Ход эксцентрика s |
|---|---------------------------------|--|--|----------------------------------|
|  | $0 < \gamma < 90^\circ$ | $e \cdot \cos(90^\circ - \gamma) / [0,5D - e \sin(90^\circ - \gamma)]$ | $[0,5D - e \sin(90^\circ - \gamma)] / \cos \alpha$ | $e[1 - \sin(90^\circ - \gamma)]$ |
|  | $90^\circ < \gamma < 180^\circ$ | $e \cdot \cos(\gamma - 90^\circ) / [0,5D + e \sin(\gamma - 90^\circ)]$ | $[0,5D + e \sin(\gamma - 90^\circ)] / \cos \alpha$ | $e[1 + \sin(90^\circ - \gamma)]$ |

Ширина диска эксцентрика рассчитывается с учетом допускаемого напряжения $[\sigma]$ в месте контакта эксцентрика с заготовкой. При некоторых допущениях расчетная зависимость представляется в виде

$$B = 0,344 WE / (D[\sigma]^2),$$

где E – модуль упругости материалов эксцентрика и заготовки (для стали $E = (2...2,2) \cdot 10^5$ МПа).

Величина допускаемого напряжения для материала эксцентрика (закаленные стали) $[\sigma] = 800...1200$ МПа.

Полученные расчетом размеры круглого эксцентрика должны быть увязаны с размерами, регламентированными ГОСТ 9061-68.

Силовые механизмы с применением гидропласта (рисунок 4.4) эффективны для точного центрирования и равномерного закрепления в приспособлениях обрабатываемых заготовок с цилиндрической базой. Используются в самоцентрирующих патронах при зажиме заготовки за наружную поверхность и в точных оправках при зажиме за внутреннюю поверхность. Требования к точности базовой поверхности обрабатываемой заготовки высокие, не ниже 7 – 8 квалитетов. Гидропластическое давление обеспечивает необходимое радиальное усилие зажима заготовки через упругую оболочку в виде тонкостенной втулки.

Силовые механизмы с гидропластом используются и в многоместных приспособлениях (рисунок 4.4, а) с передачей гидропластного давления на плунжеры, которые преобразуют давление в усилие зажима.

Особенности применения гидропластмассовых материалов в приспособлениях, их свойства, порядок расчета гидропластмассовых оправок и патронов, основные характеристики применяемых в них тонкостенных гильз и втулок приведены в главе X и таблицах 120-124 [5], а также в главе 7 [7].

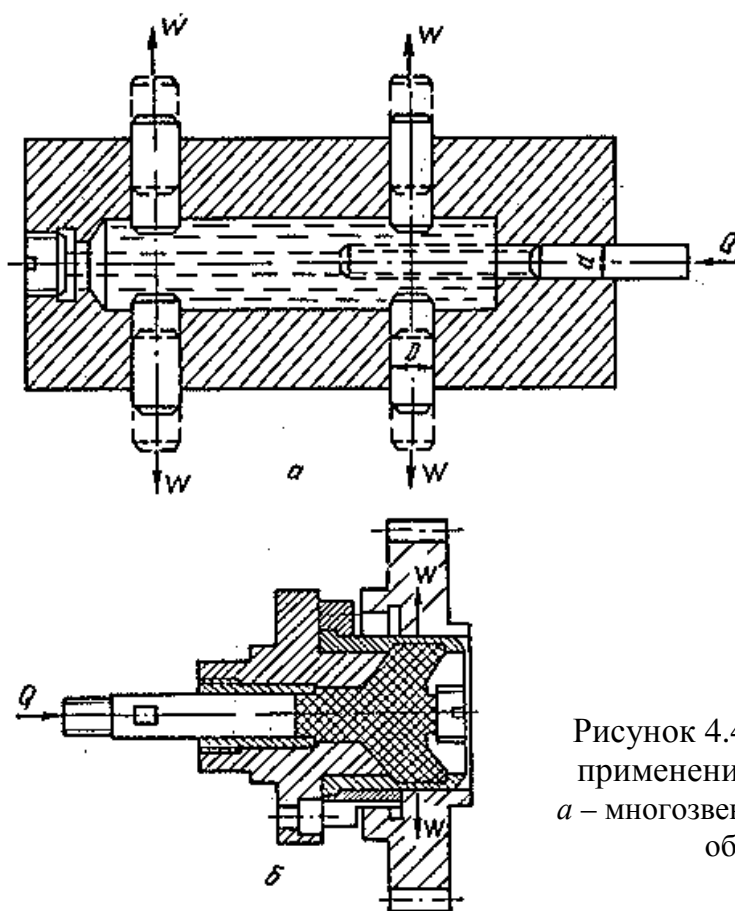


Рисунок 4.4 – Механизмы с применением гидропласта:
а – многозвенные; б – с упругой оболочкой

Гарантированный крутящий момент $M_{кр}$, Н·мм, передаваемый оправкой (патроном):

$$M_{кр.гар} = \pi d^2 f [Q + 0,5 P_k l_k],$$

где d – диаметр базовой поверхности заготовки; $f = 0,16 \dots 0,2$ – коэффициент трения; Q , Н/мм, и P_k , МПа, – силовые факторы, возникающие при контакте упруго деформированной втулки с заготовкой; l_k – длина контактного участка втулки. Рекомендации по определению значений параметров Q , P_k , l_k размещены в таблице 122 [5].

Величина $M_{кр.гар} \geq k M_{рез}$, где $M_{рез}$ – момент резания, создаваемый окружной (тангенциальной) силой резания P_z ; k – коэффициент запаса, принимаемый приближенно $k \geq 2,5$.

Разжимные цанговые оправки и патроны (рисунок 4.5) обеспечивают точное центрирование обрабатываемой заготовки при средней точности соответствующего отверстия и базировочной наружной поверхности (9...11 квалитеты, холоднотянутые прутки).

Конструкции разжимных оправок с цангами, упругими шайбами, гофрированной втулкой рассмотрены в главе X [5], там же в таблицах 130, 131, 133 размещены данные и формулы по выбору конструктивных элементов и силовых параметров.

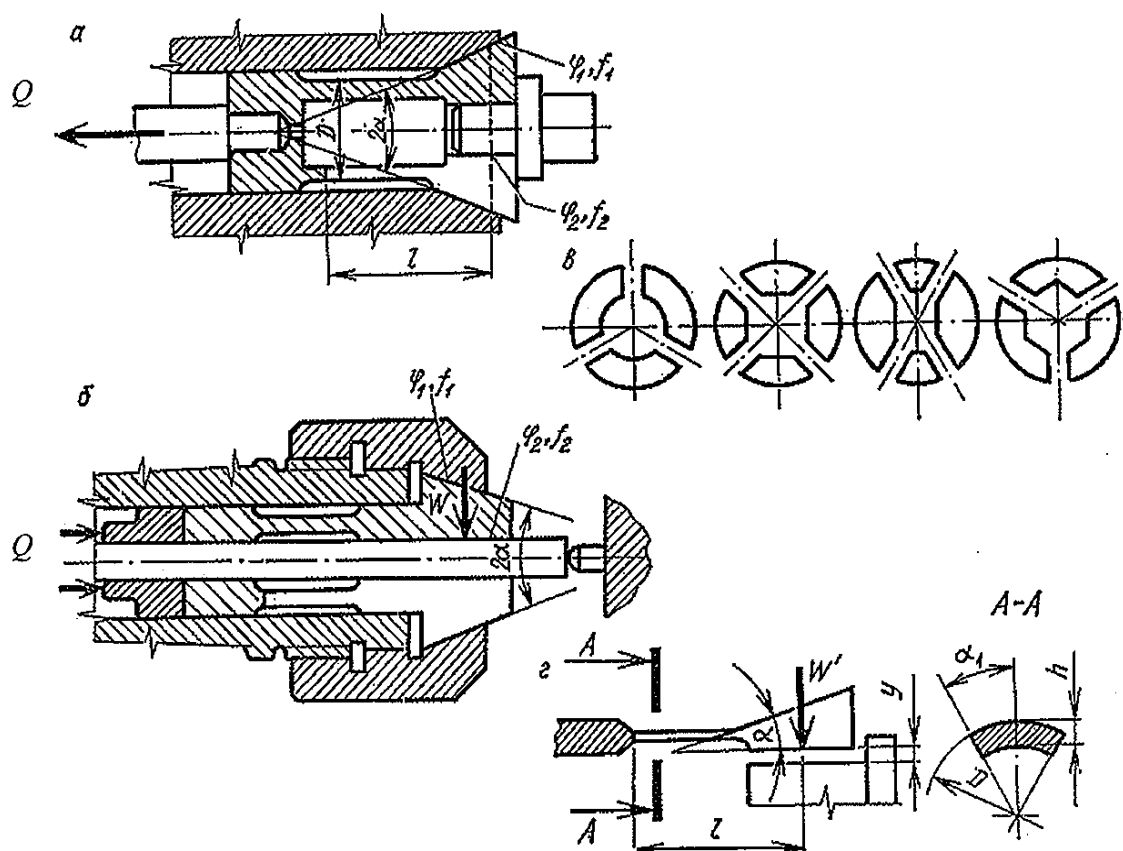


Рисунок 4.5 – Цанговые механизмы:

а – цанга, работающая на растяжение; *б* – цанга, работающая на сжатие;

ϵ – разновидности поперечного сечения штанг; z – расчетная схема

Сила привода Q , Н, цанги для обеспечения требуемой силы W , Н, зажима заготовки определяется по расчетным зависимостям:

– при установке заготовки без осевого упора (рисунок 4.5, a)

$$Q = (W + W_1)tg(\alpha + \varphi_1);$$

– при установке заготовки с осевым упором (рисунок 4.5, b)

$$Q = (W + W_1)[tg(\alpha + \varphi_1) + tg \varphi_2].$$

Здесь W_1 – сила деформации лепестков цанги до соприкосновения их с заготовкой, Н; α – половина угла конуса цанги, град.; φ_1 – угол трения по конусу цанги, град.; φ_2 – угол трения в осевом направлении на поверхности контакта цанги и заготовки, град.

Сила W_1 определяется из рассмотрения зависимости прогиба консоли закрепленной балки (лепестка цанги) с вылетом l (рисунок 4.5, z):

$$y = W_1 l^3 / (3EI).$$

Здесь $y = s/2$ – стрела прогиба лепестка (s – радиальный зазор между цангой и заготовкой), мм; E – модуль упругости материала цанги (для стали $E = 2 \cdot 10^5 \dots 2,2 \cdot 10^5$ МПа); I – момент инерции сектора сечения цанги в месте заделки лепестка, мм⁴; l – длина вылета лепестка цанги от места заделки до середины конуса, мм.

Для применяемых в основном трех-, четырехлепестковых цанг можно использовать упрощенные формулы для определения силы деформации лепестков цанги:

– для трехлепестковых $W_1 = 6 \cdot 10^3 shD^3/l^3$;

– для четырехлепестковых $W_1 = 2 \cdot 10^3 shD^3/l^3$.

Здесь s – зазор между цангой и заготовкой, мм; h – толщина лепестка цанги, мм; D – наружный диаметр лепестка, мм; l – вылет лепестка цанги от места заделки до середины конуса, мм.

Цанги имеют три лепестка при зажиме заготовки диаметром менее 30 мм и четыре лепестка при диаметре 30...80 мм.

Необходимые сведения по параметрам, входящим в расчетные формулы определения силы привода, размещены в таблице 130 [5].

Рассчитывать усилие привода Q можно по величине передаточного отношения сил W/Q , соответствующие данные приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Передаточные отношения цанговых механизмов

| Схема зажима | Половина угла конуса цанги, α , град | | | | | | |
|-------------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 40 | 45 |
| Зажим без осевого упора | 5,23 | 3,53 | 2,63 | 1,67 | 1,16 | 0,97 | 0,82 |
| Зажим с осевым упором | 3,44 | 2,61 | 2,08 | 1,49 | 1,03 | 0,89 | 0,75 |

Дополнительные сведения по расчету силовых механизмов приспособлений размещены в материалах источников, указанных в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Размещение в литературных источниках материалов по расчету силовых механизмов приспособлений

| Виды силовых механизмов | Номер источника в списке литературы | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------|--------|---------------------------------|-------------|-------|---------|
| | [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [9] |
| Винтовые | гл. 1 п. 1.6 | гл. 1 п. 4.3 | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 103 – 107 | гл. 5 | гл. 6 | лист 7 |
| Рычажные | гл. 1 п. 1.6 | гл. 1 п. 4.3 | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 108 | гл. 5 | гл. 6 | лист 6 |
| Рычажно-шарнирные | гл. 1 п. 1.6 | гл. 1 п. 4.3 | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 109 – 110 | гл. 5 | гл. 6 | лист 12 |
| Клиновые | гл. 1 п. 1.6 | гл. 1 п. 4.3 | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 111– 112 | гл. 5 | гл. 6 | лист 7 |
| Эксцентрикoвые | гл. 1 п. 1.6 | гл. 1 п. 4.3 | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 114– 115 | гл. 5 | гл. 6 | лист 7 |
| Гидропласт-ные | | | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 120 – 123 | гл. 7 | гл. 6 | |
| Оправки | | гл. 1 п. 4.3 | гл. 2 | гл. II | гл. XI табл. 124 – 134 | гл. 5, 7 | гл. 6 | лист 20 |
| Мембранные патроны | | | гл. 2 | | гл. XI табл. 116 | | гл. 6 | лист 24 |

Порядок выполнения

1. Для разработанной на практическом занятии по теме 1 схемы приспособления выбрать силовой механизм и провести его анализ, отметить преимущества и недостатки.

2. Дополнить разработанную схему приспособления, указанием условно (таблица 1.2 – 1.4) зажимных элементов выбранного силового механизма (винтов, рычагов, прихватов, цанг и т.д.).

3. Составить расчетную схему силового механизма.
4. Определить силу Q на ведущем звене механизма. Сила зажима W определена на занятии по теме 3.

5. Расчет и выбор механизированного привода приспособления

Цель :

- изучение конструкций и принципов работы приводов приспособлений;
- практическое освоение методики расчета приводов приспособлений.

Пояснения

Основным назначением привода приспособления является создание исходной силы Q , необходимой для зажима заготовки силой W . Расчет привода приспособления заключается в определении его конструктивных параметров по развиваемой силе Q .

Наибольшее применение в приспособлениях получили следующие виды приводов:

- 1) пневматические поршневые и диафрагменные приводы (определяется диаметр и длина хода поршня или диафрагмы);
- 2) поршневые гидравлические приводы (определяется диаметр и длина хода поршня);
- 3) магнитные с постоянными магнитами и электромагнитные с намагничивающими катушками приводы (определяется сила закрепления и проверяется на достаточность).

Пневматические поршневые приводы (пневмоцилиндры) и пневматические диафрагменные приводы (пневмокамеры) по схеме действия, влияющей на расчет усилия на штоке, подразделяются на односторонние (с возвратной пружиной) и двусторонние (рисунок 5.1).

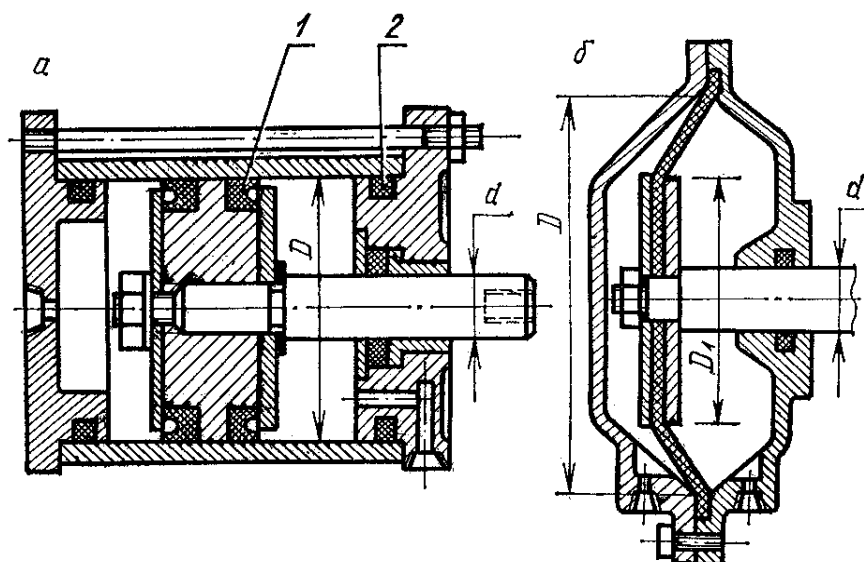


Рисунок 5.1 – Схемы пневмоприводов двустороннего действия:

а – пневмоцилиндр; *б* – пневмокамера с тарельчатой диафрагмой

Наиболее часто применяются пневмоцилиндры с сочетанием диаметров D (d) цилиндра (штока): 50 (16), 60 (16), 75 (20), 100 (25), 125 (30), 150 (30), 200 (40), 250 (50), 300 (55) мм.

Наиболее часто применяемые диафрагменные приводы (пневмокамеры, рисунок 5.1, *б*) имеют следующие сочетания диаметров D (D_1) диафрагмы (опорной шайбы): 125 (88), 160 (115), 200 (140), 250 (175), 320 (225), 400 (280) мм.

При расчете пневмоцилиндров (пневмокамер) чаще решается задача, в которой по заданной силе на штоке $Q_{ш}$ и известному давлению в сети сжатого воздуха выявляется требуемый диаметр цилиндра (камеры), осуществляется его выбор или конструирование.

Силы на штоке поршневых пневмоприводов определяются по формулам:

- для привода одностороннего действия $Q_{ш} = \pi D^2 p \eta / 4 - Q_{п}$;

- для привода двустороннего действия:

а) толкающая сила $Q_{ш} = \pi D^2 p \eta / 4$;

б) тянущая сила $Q'_{ш} = \pi (D^2 - d^2) p \eta / 4$;

Здесь D – диаметр поршня пневмоцилиндра, мм; $p = 0,4 \dots 0,6$ МПа – давление в сети сжатого воздуха; $Q_{п}$ – сила сопротивления возвратной пружины при крайнем рабочем положении поршня, Н; d – диаметр штока, мм; $\eta = 0,85 \dots 0,95$ – КПД (чем больше диаметр цилиндра, тем выше КПД).

При расчете D по требуемому тянущему усилию диаметр d штока выражают через D , принимая $d = (0,325 \dots 0,545)D$. Чем больше диаметр цилиндра, тем больше соотношение d/D .

Для диафрагменных приводов рациональные длины L ходов штока принимаются в следующих пределах:

- для тарельчатых (выпуклых) резиноканевых диафрагм $L = (0,25 \dots 0,35)D$;

- для плоских резиноканевых диафрагм $L = (0,18 \dots 0,22)D$ (от $0,12D$ до $0,15D$ в сторону от штока и от $0,06D$ до $0,07D$ в сторону штока);

- для плоских резиновых диафрагм $L = (0,35 \dots 0,45)D$.

Следует иметь в виду, что чем больше ход штока, тем меньше развиваемая на нем сила.

Формулы приближенного расчета сил Q на штоке резиноканевых диафрагм одностороннего действия (с возвратной пружиной):

- в исходном положении штока $Q = \pi(D + D_1)^2 p / 16 - Q_{\text{п}}$;

- после перемещения штока на длину $0,3D$ для тарельчатых и $0,07D$ для плоских диафрагм $Q = 0,75\pi(D + D_1)^2 p / 16 - Q_{\text{п}}$.

Формулы приближенного расчета сил Q на штоке резиноканевых диафрагм двустороннего действия при подаче воздуха в бесштоковую область:

- в исходном положении штока $Q = \pi(D + D_1)^2 p / 16$;

- после перемещения штока на длину $0,3D$ для тарельчатых и $0,07D$ для плоских диафрагм $Q = 0,75\pi(D + D_1)^2 p / 16$.

Соответствующие расчетные формулы при подаче воздуха в штоковую область пневмокамеры:

- в исходном положении штока $Q = \pi[(D + D_1)^2 - d_2^2] p / 16$;

- после перемещения штока на длину $0,3D$ для тарельчатых и $0,07D$ для плоских диафрагм $Q = 0,75\pi[(D + D_1)^2 - d_2^2] p / 16$.

Дополнительные сведения по расчету и выбору пневмоприводов можно выбрать из источников, указанных в таблице 5.1.

Гидравлические приводы представляют собой поршневые устройства, приводимые в действие от отдельного (реже группового) насоса. Рабочей жидкостью служит минеральное масло "Индустриальное" И-20А или И-40А. По сравнению с пневматическими гидравлические узлы более компактны из-за высокого давления масла (до 10 МПа и выше). Гидроцилиндры (рисунок 5.2) могут быть одностороннего (с возвратной пружиной) и двустороннего действия.

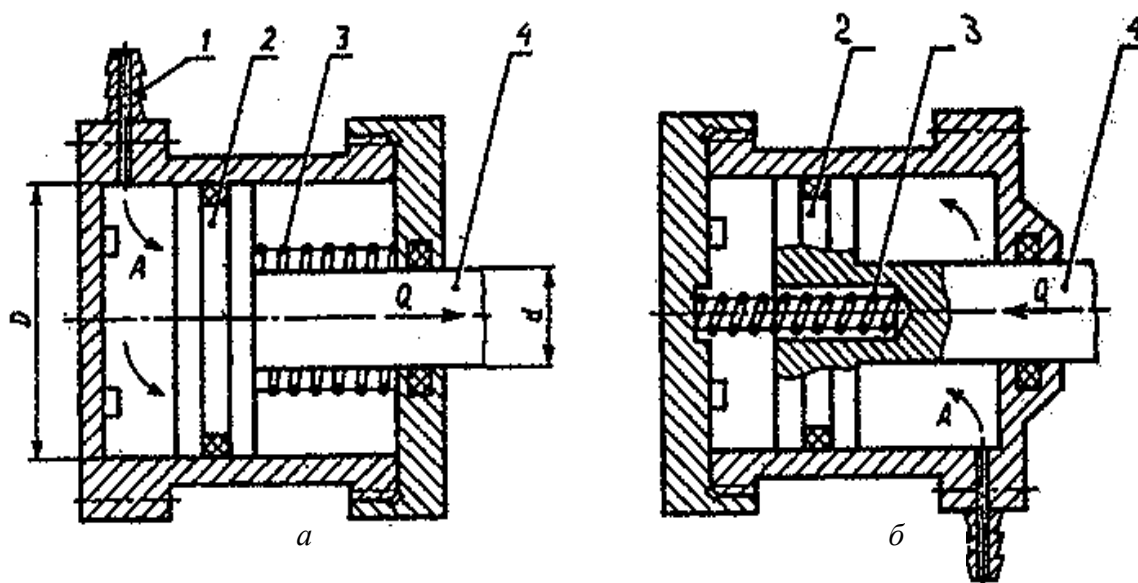


Рисунок 5.2 – Гидроцилиндры одностороннего действия:
а – встраиваемые; б – агрегатированные

Исходными данными для расчета гидравлических приводов являются: потребная сила на штоке $Q_{ш}$, ход поршня L , давление жидкости (масла) $p_{ж}$.

Широко применяются нормализованные встраиваемые гидроцилиндры двустороннего и одностороннего действия с внутренним диаметром цилиндров 32, 40, 50, 60, 80, 100, 125 мм. Чаще всего гидроцилиндры закрепляются на корпусах приспособлений с помощью резьбовой шейки. Гидроцилиндры бывают толкающими (рисунок 5.2, а) и тянущими (рисунок 5.2, б).

Диаметр D цилиндров двустороннего действия определяется из зависимостей для расчета сил на штоке:

- для толкающей силы $Q = p_{ж}\eta(\pi D^2/4)$;
- для тянущей силы $Q = \pi(D^2 - d^2)/4 p_{ж}\eta$.

Соответственно для цилиндров одностороннего действия:

- для толкающей силы цилиндров $Q = p_{ж}\eta(\pi D^2/4) - Q_1$;
- для тянущей силы $Q = \pi(D^2 - d^2)/4 p_{ж}\eta - Q_1$.

Здесь D и d – диаметры цилиндра и штока, мм; $\eta = 0,9...0,97$ – КПД; Q_1 – сила сопротивления возвратной пружины при крайнем рабочем положении поршня; $p_{ж}$ – давление жидкости в гидроцилиндре.

Исходя из данных зависимостей, можно определить диаметр цилиндра D , мм, по следующим формулам:

- для цилиндров двустороннего действия $D = 2[Q/(\pi p_{ж}\eta)]^{0,5}$ (толкающая сила) и $D = 2[Q/(0,75\pi p_{ж}\eta)]^{0,5}$ (тянущая сила при принятом соотношении $d/D = 0,5$);

- для цилиндров одностороннего действия $D = 2[(Q + Q_1)/(\pi p_{ж} \eta)]^{0,5}$ (толкающая сила) и $D = 2[(Q + Q_1)/(0,75\pi p_{ж} \eta)]^{0,5}$ (тянущая сила при принятом соотношении $d/D = 0,5$).

Магнитные и электромагнитные приводы используются для закрепления плоских заготовок из углеродистой стали и чугуна. Схема элементарной магнитной системы приспособления показана на рисунке 5.3. Зажим заготовки на установочной поверхности приспособления производит проходящий через нее рабочий магнитный поток, являющийся частью полного магнитного потока, образуемого постоянными магнитами (или электромагнитными катушками).

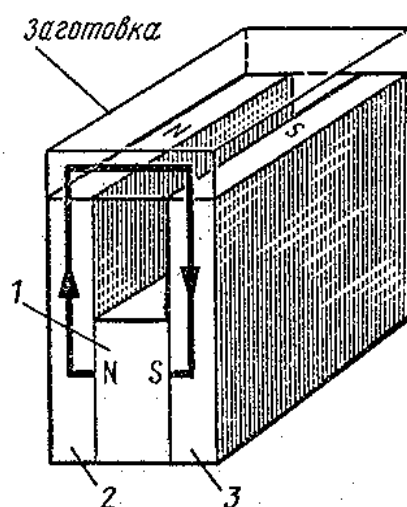


Рисунок 5.3 – Схема элементарной магнитной системы:

1 – постоянный магнит;
2, 3 – магнитопроводы

Сила Q притяжения рабочей поверхности магнитного приспособления может быть рассчитана по формуле $Q = 10^{-6} P_{уд} S_0$, где $P_{уд}$ – удельная сила притяжения, МПа; S_0 – активная площадь поверхности заготовки, мм², находящаяся под действием магнитного потока. В зависимости от класса точности для приспособлений с постоянными магнитами $P_{уд} = 0,4...0,7$ МПа, для электромагнитных приспособлений $P_{уд} = 0,16...0,25$ МПа

Дополнительные сведения по расчету и выбору механизированных приводов приспособлений размещены в материалах источников, указанных в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Размещение в литературных источниках материалов по расчету и выбору механизированных приводов приспособлений

| Виды механизированных приводов | Номер источника в списке литературы | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|--------------|-------|--------|-------------------------|-------|-------|-------------|
| | [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [9] |
| Пневматические приводы | гл. 1 п. 1.7 | п. 4.4 | гл. 2 | гл. IV | гл. XII, табл. 135-139 | гл. 6 | гл. 7 | лист 10, 12 |
| Гидравлические приводы | гл. 1 п. 1.7 | гл. 4 п. 4.4 | гл. 2 | гл. V | гл. XII, табл. 144, 145 | гл. 6 | гл. 7 | лист 11 |
| Пневмогидравлические приводы | гл. 1 п. 1.7 | гл. 4 п. 4.4 | гл. 2 | гл. V | гл. XII | гл. 6 | гл. 7 | лист 11 |
| Магнитные приводы | гл. 1 п. 1.7 | гл. 4 п. 4.4 | гл. 2 | | гл. XII, табл. 158 | гл. 7 | гл. 7 | лист 9 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|-------|--|---------|--|-------|--------|
| Электромеханические приводы | гл. 1 п. 1.7 | гл. 4 п. 4.4 | гл. 2 | | гл. XII | | гл. 7 | лист 9 |
| Приводы от сил и движений резания | гл. 1 п. 1.7 | гл. 4 п. 4.4 | гл. 2 | | гл. XII | | | |

Порядок выполнения

1. Для силового механизма (см. занятие по теме №4) выбрать тип силового привода.
2. Рассчитать параметры силового привода.
3. Составить эскиз привода, на эскизе указать рассчитанные параметры.
4. Описать принцип работы привода.
5. Составить уточненный по результатам выполненных практических занятий эскиз приспособления, в котором показать его конструкцию (корпус с элементами базирования на станке, опоры и установочные устройства, силовой механизм и привод силового механизма). Указать габаритные и присоединительные размеры, посадки в сопряжениях. Составить технические характеристики и технические требования к приспособлению, разместить их на эскизе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косов Н.П., Исаев А.Н., Схиртладзе А.Г. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: Учебное пособие для вузов.-М.:Машиностроение,2017-304с.
2. Андреев Г.Н., Новиков В.Ю., Схиртладзе А.Г. Проектирование технологической оснастки: Учеб. пособие для вузов – М.: Изд-во «Станкин», 2017. – 416 с.
3. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений: Учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов. – Минск.: Выш. шк., 2017 . – 238 с.

4. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений: Учеб. для вузов. – 2-е изд. – Москва: Машиностроение, 2017. – 277 с.
5. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 2017. – 654 с.
6. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений.: Справ. пособие. – Минск.: Беларусь, 2017. – 400 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение - 1, 2017. – 944 с.
8. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справ. – М.: Машиностроение, 2017. – 303 с.
9. Станочные приспособления: Справ. в 2-х т. Т. 1 / Под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 2017. – 592 с.
10. Схиртладзе А.Г., Новиков В.Ю. Станочные приспособления: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк. 2017. – 110 с.
11. Альбом по проектированию приспособлений: Учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов/ Б. М. Базров, А. И. Сорокин, В. А. Губарь и др. – М: Машиностроение, 1991. – 121 стр.

Оглавление

| | | |
|---|--|----|
| | Введение | 3 |
| 1 | Выбор схемы базирования и составление схемы конструкции приспособления | 4 |
| | 1.1 Варианты заданий на практические занятия и курсовой проект | 9 |
| 2 | Расчет приспособлений на точность | 17 |
| 3 | Расчет сил закрепления заготовки при обработке в приспособлении | 32 |
| 4 | Расчет силовых механизмов и определение сил на ведущем звене | 40 |
| 5 | Расчет и выбор механизированного привода приспособления | 54 |
| | Библиографический список | 59 |

