

## Реферат

“Проектирование и расчет приспособления для фрезерование паза”.

Объем расчетно-пояснительной записки: 17 с., 4 рис., 4 библ. назв.

Объем графической части: 1 лист ф. А1.

Цель курсовой работы освоение методики и приобретение навыков проектирования технологической оснастки.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: выполнен анализ исходных данных; разработан эскиз компоновки; произведен силовой прочностной и точностной расчет приспособления.

| Изм.      | Лист | № докум. | Подпись | Дата |   |      |      |        |
|-----------|------|----------|---------|------|---|------|------|--------|
| Разраб.   |      |          |         |      | <i>Проектирование и расчет<br/>приспособления для<br/>фрезерования<br/>паза</i> | Лит. | Лист | Листов |
| Провер.   |      |          |         |      |   |      | 2    | 17     |
| Реценз.   |      |          |         |      |   |      |      |        |
| Н. Контр. |      |          |         |      |   |      |      |        |
| Утверд.   |      |          |         |      |   |      |      |        |

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение   | 4  |
| 1 Анализ исходных данных   | 5  |
| 2 Разработка эскиза компоновки и принципиальной расчетной схемы приспособления | 7  |
| 3 Расчет приспособления  | 9  |
| 3.1 Расчет сил зажима  | 9  |
| 3.2 Расчет приспособления на точность  | 13 |
| 3.3 Прочностной расчет приспособления  | 14 |
| Заключение   | 15 |
| Литература   | 16 |
| Приложение   | 17 |

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | 2    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

## Введение

Машиностроение – ведущий комплекс отраслей в промышленности. Ведущую роль в машиностроении играет станкостроение, производящее средства производства – технологическое оборудование, приспособления и инструменты для машиностроительных предприятий.

Затраты на технологическую оснастку достигают до 20% себестоимости изделия. Особенно значительны они при создании сложной, дорогостоящей и ответственной ее части – приспособлений.

Приспособлениями в машиностроении называют дополнительные устройства к технологическому оборудованию, применяемые при выполнении технологических операций (обработка заготовок, сборка изделий, контроль и др.). За счет использования приспособлений устраняется необходимость разметки заготовок, расширяются технологические возможности металлообрабатывающего оборудования; возрастает производительность труда; повышается точность обработки и качество изделий; обеспечивается возможность многостаночного обслуживания, применения прогрессивных норм времени, снижение потребной квалификации и численности рабочих; создаются условия для механизации и автоматизации процессов производства; снижается себестоимость продукции; улучшаются условия и безопасность труда.

Широкое распространение в машиностроении получает оснастка многократного использования. При внедрении переналаживаемых (обратимых) станочных приспособлений в 2...3 раза уменьшается трудоемкость проектирования и в 3...4 раза – цикл изготовления станочных приспособлений. Технологическая оснастка многократного использования применяется в различных типах производства, а также соответствует требованиям, обусловленным расширением парка станков с ЧПУ. Переналадка станков с ЧПУ на обработку других заготовок сводится к замене программы, замене или переналадке приспособлений для установки этих заготовок с малыми затратами времени.

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  | 3    |

## 1. Анализ исходных данных

Приспособление применяется при фрезеровании пазов и лысок и предназначено для базирования заготовки (рис. 1) плоскостью (установочная база; опорные точки 1, 2, 3), наружной цилиндрической поверхностью (двойная опорная база; опорные точки 4 и 5), опорной скрытой базой (опорная база; опорная точка 6) и для закрепления заготовок силами  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  одновременно.

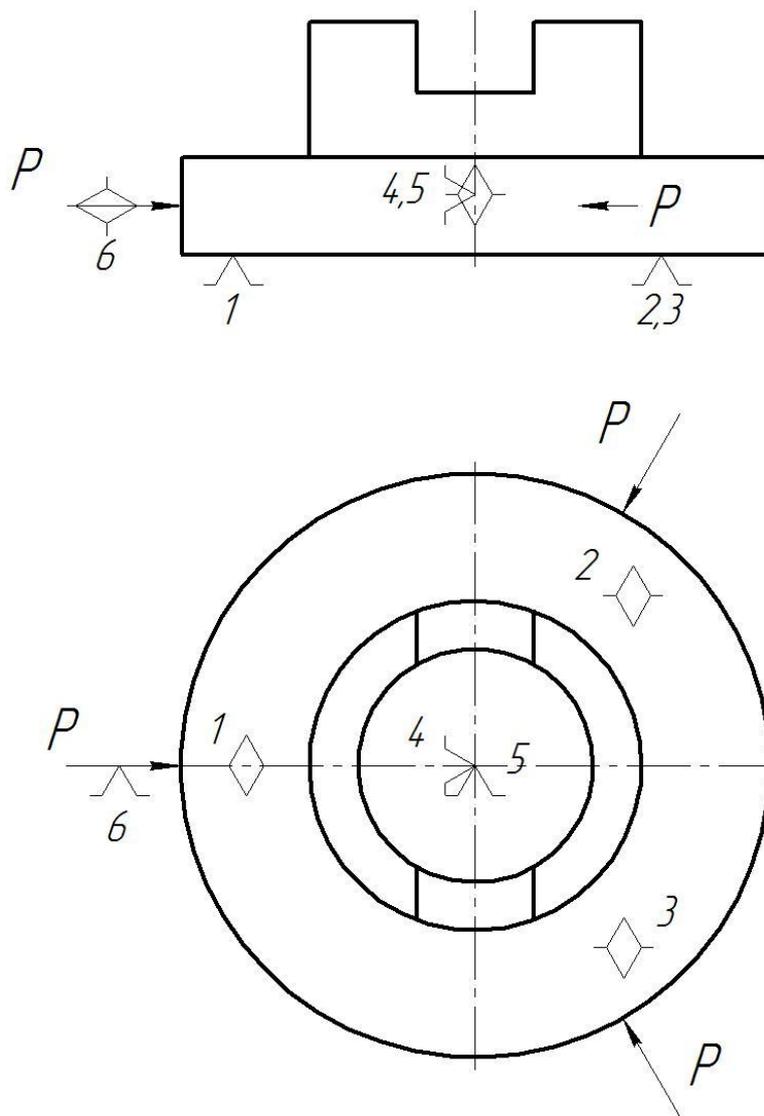


Рисунок 1 - Схема базирования и закрепления заготовки

В приспособлении заготовка установочной базой опирается на три установочные поверхности сменных кулачков, расположенных по окружности (опорные точки 1, 2, 3). Двойная опорная база (опорные точки 4, 5) и опорная

|      |      |          |         |      |      |
|------|------|----------|---------|------|------|
|      |      |          |         |      | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 4    |

скрытая база (опорная точка б) реализуются за счёт одновременного перемещения кулачков к центру до упора в заготовку с необходимым усилием.

Основные технические требования к расположению установочных элементов:

1. Отклонение от параллельности установочной поверхности кулачков относительно поверхности А не более  $T_1$  на длине  $l_1$ .
2. Отклонение от перпендикулярности оси кулачков относительно поверхности Б не более  $T_2$  на длине  $l_2$ .
3. Отклонение от соосности оси кулачков относительно поверхности В не более  $T_3$  на длине  $l_3$ .

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | 5    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

2. Разработка эскиза компоновки и принципиальной схемы приспособления

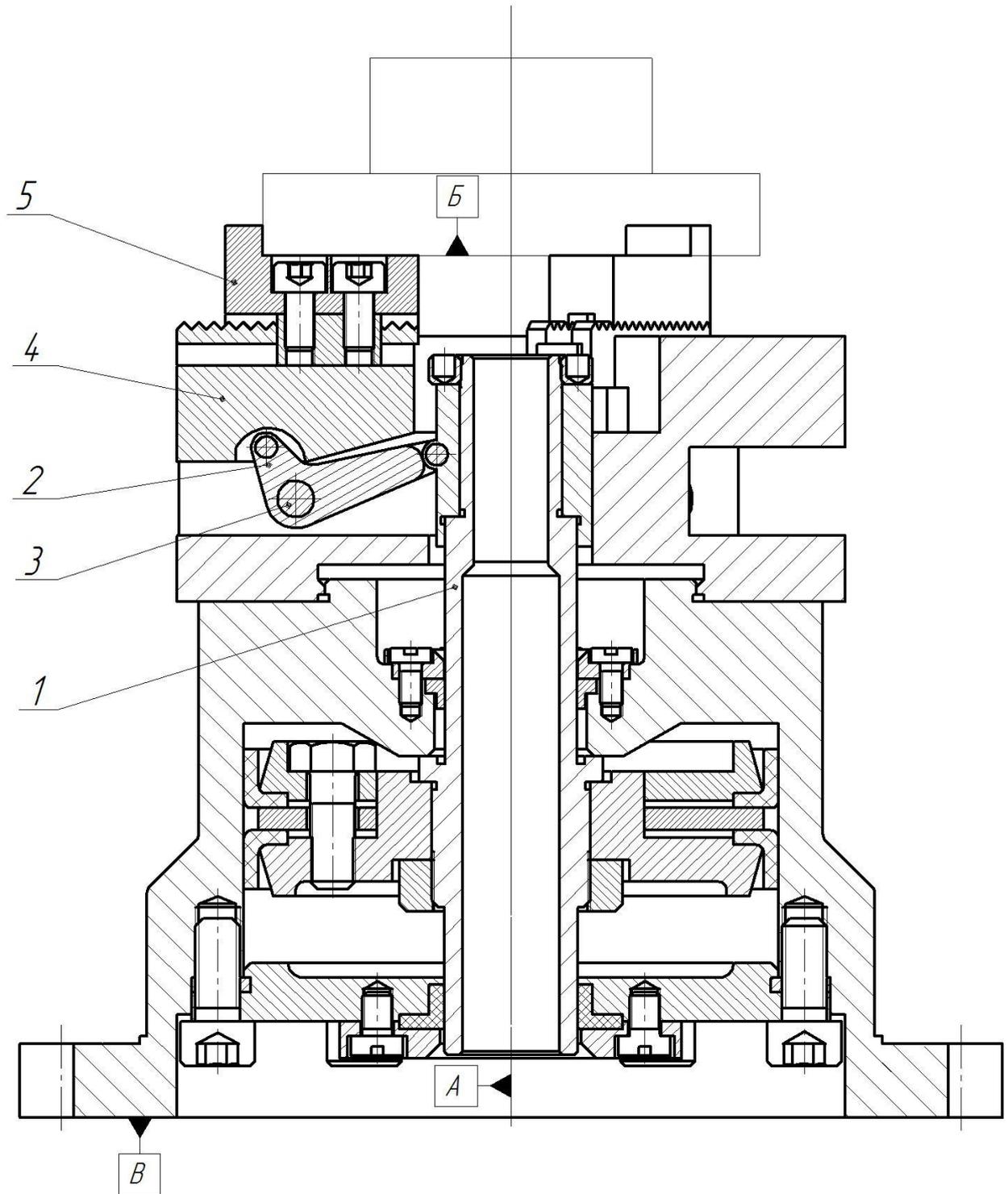


Рисунок 2 - Эскиз приспособления:

Заготовку устанавливают на три установочные поверхности сменных кулачков 5. Удерживая заготовку в этом положении, включают кран пневмосистемы. Под действием давления сжатого воздуха шток пневмоцилиндра 1, перемещаясь вниз, передаёт усилие на рычаг 2, который, поворачиваясь вокруг оси 3,

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 6    |

перемещает ползун 4 и закрепленный на нем сменный кулачек 5. Таким образом осуществляется зажим заготовки одновременно тремя кулачками. Разжим заготовки происходит при перемещении штока пневмоцилиндра вверх.

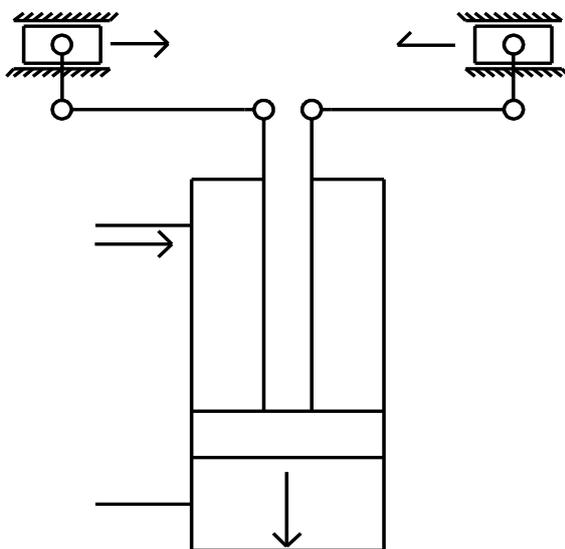


Рисунок 3 – Принципиальная схема приспособления

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 7    |

### 3 Расчет приспособления

#### 3.1 Расчет сил зажима

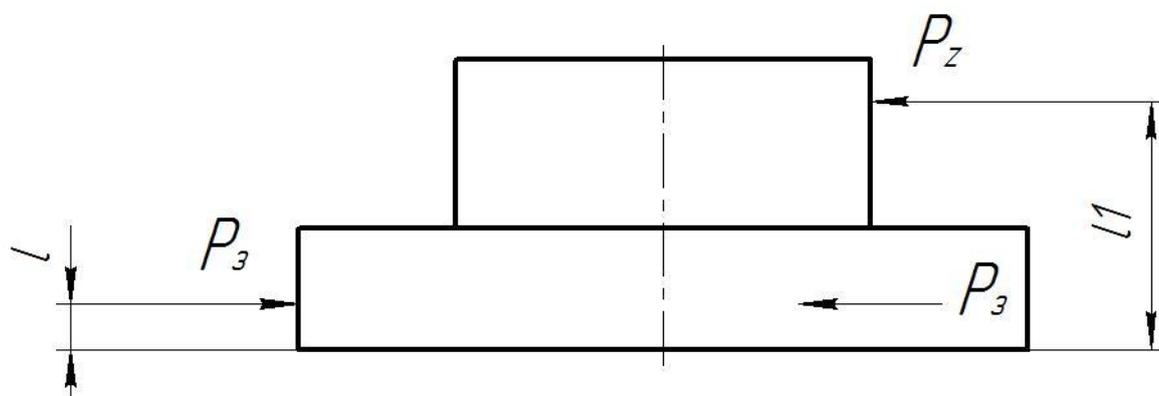


Рисунок 3 - Схема действия сил

На заготовку в приспособлении действуют силы обработки, объемные силы (вес заготовки) и силы зажима и реакции элементов приспособления. Все силы - величины векторные, имеющие свое направление и значение. Поэтому необходим силовой расчет приспособления путем решения задач пространственного характера. Однако с целью ускорения и упрощения расчета можно рассматривать условие равновесия в наиболее опасных направлениях в одной или нескольких плоскостях.

Условие пространственного равновесия заготовки в приспособлении можно описать уравнением статики:

$$\Sigma M_{\text{акт. } z} = \Sigma M_{\text{прот. } z};$$

где  $K$  - коэффициент запаса;

$\Sigma M_{\text{акт}}$  - сумма активных моментов, стремящихся сдвинуть заготовку в соответствующих плоскости и повернуть ее относительно соответствующих осей координат приспособления;

$\Sigma M_{\text{прот}}$  - сумма моментов, противодействующих сдвигу и повороту заготовки.

Коэффициент запаса  $K$  необходим для обеспечения надежности зажимных устройств, так как вырыв и смещение заготовки при обработке не допустимы. В зависимости от конкретных условий обработки значение  $k$  выбирают

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 8    |

дифференцированно, как произведение первичных коэффициентов  $k_0, k_1, \dots, k_6$ , отражающих поправки на различных этапах расчета:

$$K = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6.$$

Коэффициент  $k_0$  учитывает неточность расчетов сил резания, сил закрепления и внезапные факторы

Таким образом,  $k_0 = k_0' \cdot k_0'' \cdot k_0''' = 1,5 \div 2$ . Принимаем  $k_0 = 1,7$ .

Коэффициент  $k_1$  учитывает наличие случайных неровностей на поверхности заготовки, что вызывает увеличение сил резания. Для черновой обработки  $k_1 = 1,2$ ; для чистовой и отделочной обработки  $k_1 = 1,0$ . Принимаем  $k_1 = 1,2$ .

Коэффициент  $k_2$  учитывает увеличение сил резания от прогрессирующего затупления режущего инструмента ( $k_2 = 1,0 \div 1,7$ ). Принимаем  $k_2 = 1,0$ .

$k_3$  учитывает увеличение силы резания при прерывистом резании и, например, при точении и торцевом фрезеровании достигает значения 1,2. Принимаем  $k_3 = 1,2$ .

Коэффициент  $k_4$  учитывает непостоянство сил, развиваемых зажимным устройством. Для ручных устройств  $k_4 = 1,3$ , так как силы закрепления не постоянны. При наличии пневматических и гидравлических зажимных устройств прямого действия  $k_4 = 1,0$ . Для пневмокамер, пневморычажных систем, мембранных патронов и других устройств, в которых допуск на размер заготовки влияет на силу закрепления,  $k_4 = 1,2$ . Принимаем  $k_4 = 1,0$ .

Коэффициент  $k_5$  характеризует удобство расположения рукояток в ручных зажимных устройствах. При удобном положении и малом угле поворота рукоятки  $k_5 = 1,0$ ; при большом угле поворота ( $>90$ град.)  $k_5 = 1,2$ . Принимаем  $k_5 = 1,0$ .

$k_6$  учитывается только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку;  $k_6 = 1,0$ , когда заготовка установлена базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта, и  $k_6 = 1,5$ , когда заготовка установлена на планки или другие элементы с большой поверхностью контакта. Принимаем  $k_6 = 1,2$ .

$$K = 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,94.$$

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 9    |

Для рассматриваемой схемы закрепления, пренебрегая весом заготовки, можно записать условие равновесия, как сумму моментов относительно точки О:

$$K \sum M_{\text{акт}_0} = \sum M_{\text{прот}_0},$$

где  $\sum M_{\text{акт}_0}$  - сумма активных моментов, стремящихся повернуть заготовку;

$\sum M_{\text{прот}_0}$  - сумма моментов, противодействующих повороту заготовки;

$$K \sum M_{\text{акт}_0} = \sum M_{\text{прот}_0},$$

$$\sum M_{\text{акт}} = P_p \cdot l; \quad \sum M_{\text{прот}} = Q \cdot l_1 + Q \cdot f \cdot r$$

$$K \cdot (P_p \cdot l) = Q \cdot l_1 + Q \cdot f \cdot r$$

Отсюда сила закрепления

$$Q = \frac{K \cdot P_p \cdot l}{l_1 + f \cdot r},$$

где  $P_p$  - сила резания, Н;

$f$  - коэффициент трения между заготовкой и соприкасающейся поверхностью приспособления,  $f = 0,16$ ;

$K$  - коэффициент запаса;

Для того, чтобы произвести силовой расчет назначаем режимы обработки.

Глубина резания  $t = 8$  мм. Ширина фрезерования  $B = 12$  мм. Подача на один зуб  $S_z = 0,05$  мм/зуб.

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_{Mv}$$

$$v = \frac{68,5 \cdot 12^{0,25}}{45^{0,2} \cdot 8^{0,3} \cdot 0,05^{0,2} \cdot 12^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 1,17 = 46 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 46}{3,14 \cdot 12} = 1220 \text{ об/мин}$$

Определим силу  $P_z$ .

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp}$$

где  $n$  – частота вращения фрезы, об/мин;  $D$  – диаметр фрезы;

$C_p = 68,5$ ;  $x = 0,3$ ;  $y = 0,2$ ;  $u = 0,1$ ;  $p = 0,1$ ;  $q = 0,25$ ;  $m = 0,2$

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 10   |

$K_{Mp}$  – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала:

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_s}{750} \right)^n$$

$$n = 0,3; \sigma_s = 650 \text{ МПа}$$

$$K_{Mp} = \left( \frac{650}{750} \right)^{0,3} = 0,95$$

$$\text{В результате получаем: } P_z = \frac{10 \cdot 68,5 \cdot 8^{0,3} \cdot 0,05^{0,2} \cdot 12^{0,1} \cdot 4}{12^{0,25} \cdot 1220^{0,2}} \cdot 0,95 = 467 \text{ Н} .$$

$$\text{Следовательно } Q = \frac{K \cdot P_p \cdot l}{l_1 + f \cdot r} = \frac{2,94 \cdot 467 \cdot 16}{6 + 0,16 \cdot 24} = 2232 \text{ Н}$$

Усилие на штоке определится как (см рисунок 4)

$$Q_{шт} = \frac{Q \cdot 7}{18} = \frac{2232 \cdot 7}{18} = 868 \text{ Н}$$

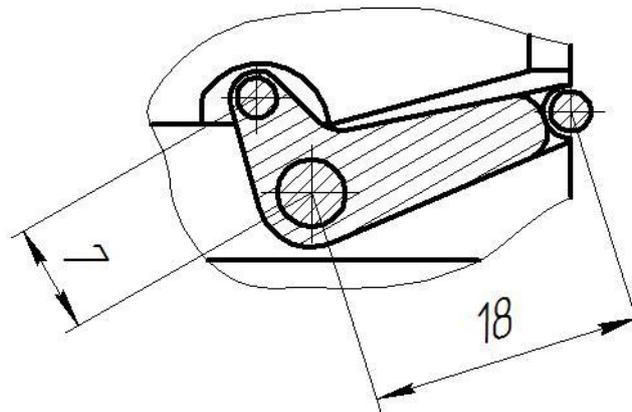


Рисунок 4 – Схема плеча передачи усилия

Расчет силы, необходимой для зажима детали пневмоцилиндром

Находим расчетное значение диаметра пневматического цилиндра

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \eta \cdot P}}$$

где  $\eta$  – КПД пневматического цилиндра;

$P$  – давление сжатого воздуха, МПа.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 868}{3,14 \cdot 0,9 \cdot 0,4}} = 55 \text{ мм}$$

Полученное расчетное значение диаметра округляют до ближайшего большего нормального размера из ряда: 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 мм и др., рекоменду-

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 11   |

емого по ГОСТ 6540-68.

$$D_H = 63 \text{ мм}$$

Определяют уточненное значение силы закрепления с учетом выбранного нормального диаметра  $D_H$  пневмоцилиндра:

$$Q_V = \frac{\pi \cdot (D_H^2 - d^2)}{4} \cdot \eta \cdot P$$

$$Q_V = \frac{3,14 \cdot (63^2 - 16^2)}{4} \cdot 0,9 \cdot 0,4 = 1049 \text{ Н}$$

### 3.2 Расчет приспособлений на точность

При анализе выполняемых размеров, схем базирования и приспособления можно установить, что для обеспечения при обработке параллельности торца обрабатываемой поверхности относительно базовой плоскости А в пределах заданного допуска не параллельности, в качестве расчетного параметра следует принять отклонение от параллельности поверхности Б относительно поверхности А.

Погрешность изготовления определяется из формулы

$$\varepsilon_{изг} \leq \delta - K_T \sqrt{(K_{T_1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_c^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T_2} \cdot \omega)^2},$$

где  $\delta$  – допуск на выполняемый размер при обработке,  $\delta=360 \text{ мкм}$ ;

$K_T$  – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения,  $K_T = 1,1$ ;

$K_{T_1}$  – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках,  $K_{T_1} = 0,85$ ;

$\varepsilon_{\delta}$  – погрешность базирования заготовки в приспособлении;

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима;

$\varepsilon_c$  – погрешность установки приспособления на станке;

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  | 12   |

$\varepsilon_u$  – погрешность положения заготовки, возникающая в результате износа элементов приспособления;

$K_{T_2}$  – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, независимыми от приспособления  $(\Delta_y, \Delta_H, \Delta_{II}, \Delta_T, \sum \Delta_\Phi)$ ,  $K_{T_2} = 0,6$ ;

$\omega$  – экономическая точность обработки (точность, затраты для обеспечения которой при данном способе обработки являются меньшими, чем при других способах),  $\omega = 160$  мкм, /1/ табл. П10.

1. Погрешность базирования в данном случае зависит от точности изготовления установочных элементов приспособления. Если установочные элементы обрабатываются в сборе с приспособлением, то в данном случае погрешность базирования  $\varepsilon_0 = 0$ .

2. Погрешность закрепления.

$\varepsilon_3 = 0$ , т.к. действие силы закрепления не оказывает влияние на допуск параллельности обрабатываемой поверхности относительно базовой поверхности.

3. Погрешность установки приспособления на станке  $\varepsilon_c = 0$ , т.к. осуществляется надежный контакт.

4. Погрешность положения заготовки, возникающая в результате износа элементов приспособления.

Износ установочных элементов определим по формуле для опор с развитой поверхностью контакта

$$\varepsilon_i = \beta_2 \cdot N,$$

где  $u$  – размерный износ опоры, мкм;

$\beta_2$  – постоянные, зависящие от вида установочных элементов и условий контакта,  $\beta_2 = 0,001$ , /1/ табл. 3.2;

$N$  – количество контактов заготовки с опорой в год,  $N = 80000$ .

$$\varepsilon_u = 0,001 \cdot 80000 = 80 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{\text{изз}} \leq 360 - 1,1 \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0 + 0 + 80^2 + (0,6 \cdot 160)^2} = 222 \text{ мкм}$$

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 13   |

### 3.4 Прочностной расчет приспособления.

Самой нагруженной из деталей является тяга. Она воспринимает повышенные нагрузки, связанные с зажимом обрабатываемой заготовки. Тяга работает на растяжение. Поэтому для обеспечения работоспособности должно выполняться следующее условие

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4P_3}{\pi[\sigma_p]}}$$

где  $P_3$  – расчетное зажимное усилие,  $H$ ;

$d_1$  – наименьший диаметр штока ;

$[\sigma_p]$  – допускаемое напряжение растяжения,  $[\sigma_p] = 160 \text{ МПа}$ .

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1049}{3,14 \cdot 160}} = 8,35 \text{ мм},$$

Из конструктивных соображений принимаем  $d=16 \text{ мм}$ .

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 14   |

## Заключение

Разработанный объект представляет собой приспособление для фрезерования паза.

В результате силового расчета было установлено, что сила зажима

$$P_3=1049 \text{ Н.}$$

При точностном расчете расчетным параметром является допуск параллельности поверхностей Б и А (рис.2.). Погрешность изготовления составила 222 мкм.

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  | 15   |

## Литература

1. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений: Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов – Мн.: Высш. шк., 1986. – 238 с.: ил.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т-1, Т-2. М.: Машиностроение, 1992. – 816 с; 559 с.
3. Альбом по проектированию приспособлений: Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / Б.М. Базров, А.И. Сорокин, В.А. Губарь и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 121 с.: ил.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В2-х т. Т.1/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 656 с., ил.

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  | 16   |

# Приложение

|             |             |                 |                |             |  |  |  |  |  |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--|--|--|--|--|-------------|
|             |             |                 |                |             |  |  |  |  |  | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |  |  |  |  |  | 17          |