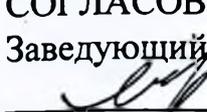


Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»  
Машиностроительный факультет  
Кафедра «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

СОГЛАСОВАНО

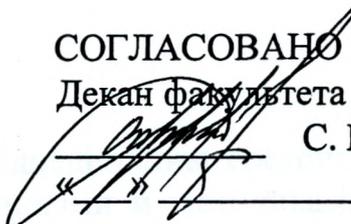
Заведующий кафедрой

 С. В. Монтик

«23» 05 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

 С. Р. Онысько

«1» 05 2023 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**«ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА»**

(название дисциплины)

для специальности:

1 - 36 01 01

«Технология машиностроения»

Составитель: Ялковский Николай Степанович, старший преподаватель

Рассмотрено и утверждено на заседании научно-методического совета БрГТУ  
23.06.2023 г., протокол № 6.

*Реш. N 411/23-154*

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Актуальность изучения дисциплины

Дисциплина «Технологическая оснастка» относится к компоненту учреждения высшего образования, цикл «Проектирование технологического оборудования и оснастки». Изучение учебной дисциплины «Технологическая оснастка» позволит будущему специалисту творчески подходить к созданию работоспособной, надёжной, высокопроизводительной и экономически выгодной технологической оснастки.

### Цель и задачи дисциплины

Цель преподавания данной учебной дисциплины состоит в овладение студентами теоретическими основами, принципами и методиками проектирования технологической оснастки для машиностроительного производства.

#### Задачи дисциплины:

- овладеть современными методами расчета и проектирования оснастки, позволяющими эффективно решать поставленные технологические задачи;
- освоить методики обоснования экономической целесообразности применения проектируемой технологической оснастки;
- приобрести навыки использования стандартов в процессе проектирования;
- получить теоретическую и практическую подготовку необходимую для самостоятельного решения задач в области проектирования технологической оснастки при выполнении курсовой работы и дипломного проекта, а также в практической инженерной деятельности.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы научно-методического обеспечения образования и представляет собой сборник материалов теоретического и практического характера для организации работы студентов специальности 1 - 36 01 01 «Технология машиностроения» дневной и заочной сокращенной формы получения образования по изучению дисциплины «Технологическая оснастка».

ЭУМК разработан на основании Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26 июля 2011 г., № 167, и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «Технологическая оснастка» для специальности 1 - 36 01 01 «Технология машиностроения».

#### Цели ЭУМК:

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;
- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствуют образовательным стандартам высшего образования специальности 1 - 36 01 01 «Технология машиностроения», а также учебно-программной документации образовательных программ высшего образования. Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

## Структура электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Технологическая оснастка»:

Теоретический раздел ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен конспектом лекций.

Практический раздел ЭУМК содержит материалы в виде методических указаний, необходимых для выполнения курсовой работы, проведения лабораторных работ и выполнения индивидуальных заданий.

Раздел контроля знаний ЭУМК содержит материалы для итоговой аттестации (экзаменационные вопросы), позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

Вспомогательный раздел включает учебную программу учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Технологическая оснастка».

### Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

- лекции проводятся с использованием представленных в ЭУМК материалов, необходимых для выполнения курсовой работы, проведения лабораторных занятий и подготовки студентов к экзамену;
- лабораторных занятия проводятся с использованием представленных в ЭУМК методических указаний и индивидуальных заданий;
- курсовая работа выполняется в соответствии с представленными в ЭУМК методическими указаниями;
- экзамен проводится в письменной форме, вопросы для экзамена приведены в разделе контроля знаний.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## Тема 1. ВВЕДЕНИЕ

### §1. Понятие приспособления. Преимущества ими предоставляемые. Классификация приспособлений.

Приспособление - вспомогательные устройства к технологическому оборудованию для выполнения операций механической обработки, сборки и контроля.

Приспособление совместно с контрольным и рабочим инструментом называются технологической оснасткой (ТО), при этом приспособление - наиболее сложная и дорогостоящая часть оснастки.

Использование приспособления позволяет (перечисляемые преимущества в основном относятся к станочным приспособлениям):

1. Повысить точность обработки (при использовании приспособления заготовка занимает строго определенное положение на станке, отсутствует разметка, выверка и связанные с этим погрешности).
2. Повысить производительность обработки, сборки и контроля. Затраты основного времени ( $T_0$ ) сокращаются за счет многоинструментальной и многоместной обработки, повышения режимов резания, что становится возможным в результате увеличения жесткости технологической системы и надежного закрепления заготовки. Вспомогательное время уменьшается в результате применения быстродействующих зажимных устройств, установки заготовок без выверки.
3. Расширяются технологические возможности оборудования. Например, использование многошпиндельных головок на сверлильных станках позволяет за один рабочий ход обрабатывать не одно, а одновременно несколько отверстий.
4. Облегчаются условия труда, сокращается количество и снижается квалификация работающих.
5. Повышается безопасность, снижается аварийность работ.
6. Появляется возможность строго регламентировать длительность операций.

Классификация приспособлений по назначению:

1. Станочные приспособления для установки и закрепления обрабатываемых заготовок (80-90% всего парка приспособлений). Эти приспособления подразделяются на фрезерные, токарные, сверлильные и другие.
2. Станочные приспособления для установки и закрепления режущего инструмента на станке (вспомогательный инструмент).
3. Приспособления для контроля.
4. Сборочные приспособления.
5. Приспособления для захвата, перемещения и перевертывания заготовок, применяются в условиях автоматизированного производства и в тяжелом машиностроении.

Классификация приспособлений по степени специализации:

1. Специальные - предназначены для установки и обработки одной конкретной детали и представляют собой непереналаживаемые приспособления одноцелевого назначения. Применяются в условиях крупносерийного и массового производства.
2. Универсальные - позволяют устанавливать и закреплять детали различающиеся по конструкции и размерами (3-х кулачковый патрон, тиски, делительные головки, магнитные плиты). Применяются в условиях единичного и мелкосерийного производства.
3. Специализированные - предназначены для установки деталей имеющих общие конструктивные или технологические признаки. Применяются в условиях мелко и среднесерийного производства.

В конструкции станочного приспособления можно выделить следующие основные элементы и узлы:

1. Установочные элементы (опоры) - служат для базирования заготовки в приспособление.
2. Зажимные элементы и механизмы - служат для закрепления заготовок в приспособлении.
3. Силовые приводы, чаще всего используются для приведения в действие зажимных

элементов приспособления. Применяются пневматические, гидравлические, магнитные и другие приводы.

4. Корпусные детали - базовые детали приспособлений, с помощью которых все остальные элементы и узлы объединяются в единое целое.
5. Элементы для направления и контроля положения режущего инструмента служат для придания инструменту требуемого положения или направления его в процессе обработки, например, кондукторные втулки.
6. Вспомогательные устройства и элементы служат для расширения технологических возможностей приспособления (делительные и фиксирующие устройства, подъемные механизмы и другие).

## Тема 2. УСТАНОВКА ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИЕ. УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.

§1. Погрешность положения заготовки в приспособлении, её составляющие и расчёт для различных условий.

Погрешность положения заготовки в приспособлении  $\Delta_{пр}$  включает:

$\epsilon_{пр}$  - погрешность изготовления приспособления.

$\epsilon_{и}$  - погрешность в результате износа установочных элементов приспособления.

$\epsilon_{с}$  - погрешность установки приспособления на станок.

Под величиной  $\epsilon_{пр}$  в большинстве случаев понимают отклонение от требуемого взаимного расположения двух поверхностей приспособления, первая из которых определяет положение заготовки (рабочая поверхность установочных элементов), вторая - для установки приспособления на станок (присоединительная поверхность корпуса).

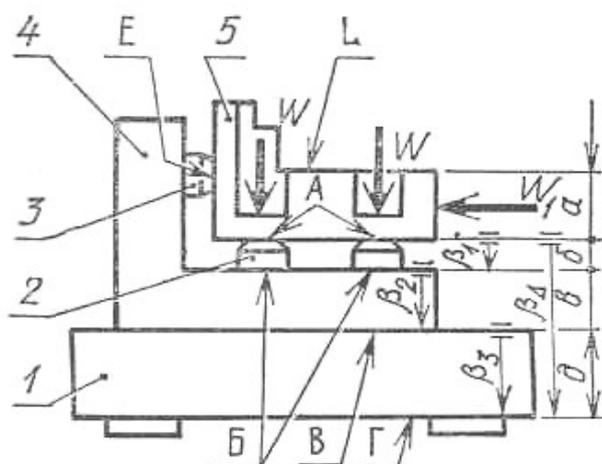


Рисунок. Погрешность изготовления приспособления

- 1 - корпус приспособления, 2 и 3 - установочные элементы, 4 - стойка,
- 5 - обрабатываемая заготовка, L - обрабатываемая поверхность,
- A - поверхность опор, определяющая положение заготовки,
- Г - поверхность определяющая положение приспособления на станке.

Для рассматриваемого случая  $\epsilon_{пр}$  - отклонение от параллельности поверхностей А и Г. Данное отклонение приводит к отклонению от параллельности базовой (А) и обрабатываемой (L) поверхностей заготовки, а также к погрешности получения размера а.

На рисунке также приведены составляющие общей погрешности изготовления приспособления  $\beta_{\Delta}$  ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ).

Современные технологические возможности обеспечивают изготовление приспособлений с погрешностью  $\epsilon_{пр}$  не более 5...15 мкм.

Погрешность  $\epsilon_{и}$  возникает в результате износа опор приспособления. Износ зависит от конструкции, размеров и материала установочных элементов, условий установки и снятия заготовок, веса и состояния базовых поверхностей заготовки, а также от объема годового выпуска.

Величина износа опоры за год рассчитывается по следующим формулам для установочных элементов с малой площадью контакта с заготовкой

$$u = \beta_1 \cdot \sqrt{N} \text{ , мкм,}$$

для установочных элементов с большой площадью контакта

$$u = \beta_2 \cdot N \text{ , мкм,}$$

где  $\beta_1$  и  $\beta_2$  - постоянные коэффициенты,

N - количество контактов заготовки с установочным элементом в течении года (как правило годовая программа выпуска).

На практике путем расчета устанавливается значение  $\epsilon_{и}$ , и когда износ превышает данное значение, производят смену установленных элементов. Таким образом:

$$\varepsilon_{\text{и}} = u/p, \text{ мкм,}$$

где  $p$ - число смен опор в течение года.

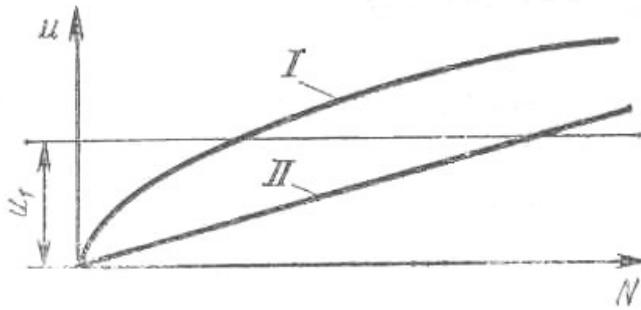


Рисунок. График характеризующий протекание износа опор приспособления  
 1 - износ опор с малой площадью контакта с заготовкой  
 2 - износ опор с большой площадью контакта с заготовкой

Погрешность установки приспособления на станок  $\varepsilon_{\text{с}}$ , возникает в том случае, когда вследствие смещений, перекосов и т. д. положение приспособления на станке не является строго определенным.

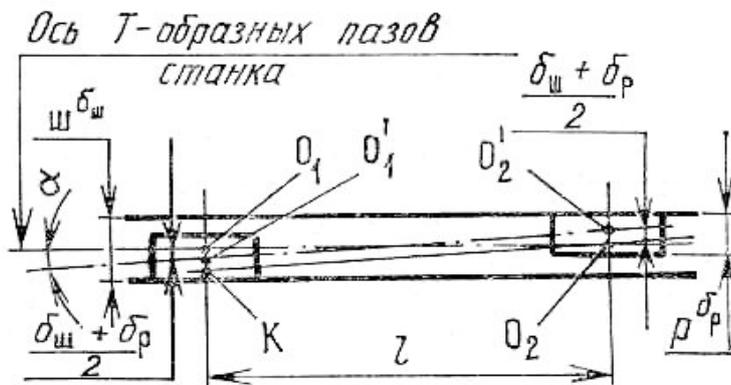


Рисунок. Погрешность установки приспособления на станке

Вследствие наличия зазоров между направляющими шпонками и Т-образным пазом стола станка, при установке приспособления возможен его перекося, что приводит к погрешности размера, выдерживаемого при обработке.

В этом случае погрешность определяется по формуле

$$\varepsilon_{\text{с}} = \frac{S_{\text{max}}}{l} m, \text{ м,}$$

где  $S_{\text{max}}$  - максимальный зазор между шпонками и Е-образным пазом стола,

$l$  - расстояние между направляющими шпонками,

$m$  - протяженность обрабатываемой поверхности.

На величину  $\varepsilon_{\text{с}}$  дополнительно влияет износ поверхностей сопряжения приспособления и станка, имеющий место при регулярной смене приспособлений.

Если необходимо обеспечить более точную установку приспособления на станок, производят выверку положения приспособления.

## §2. Расчет погрешности $\Delta_{\text{пр}}$ для различных условий.

В зависимости от типа и условий производства составляющие  $\varepsilon_{\text{пр}}$ ,  $\varepsilon_{\text{и}}$ ,  $\varepsilon_{\text{с}}$  по разному влияют на погрешность положения заготовки в приспособление.

В единичном и мелкосерийном производстве

$$\Delta_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{с}}^2 + 3 \cdot \varepsilon_{\text{и}}^2} + \varepsilon_{\text{пр}},$$

В этом случае  $\varepsilon_{\text{пр}}$  рассматривается как постоянная систематическая погрешность, которую можно компенсировать настройкой.

Использование одноместных приспособлений в крупносерийном и массовом произ-

водстве

$$\Delta_{\text{пр}} = 3 \cdot \varepsilon_{\text{и}}$$

В этом случае на одном рабочем месте постоянно выполняется одна и та же операция поэтому погрешности  $\varepsilon_{\text{пр}}$  и  $\varepsilon_{\text{с}}$  компенсируются при настройке станка и установке приспособления. В этом случае на точность обработки оказывает влияние только износ установочных элементов приспособления.

Использование многоместных приспособлений в крупносерийном и массовом производстве:

$$\Delta_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{пр}}^2 + 3 \cdot \varepsilon_{\text{и}}^2},$$

В этом случае погрешность  $\varepsilon_{\text{с}}$  устраняется при настройке станка.

Использование большого числа одинаковых приспособлений (приспособлений-спутников, приспособлений дублеров)

$$\Delta_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{пр}}^2 + \varepsilon_{\text{с}}^2 + 3 \cdot \varepsilon_{\text{и}}^2},$$

Последняя формула является наиболее общей и чаще всего используется для расчета на практике.

### §3. Расчёт приспособления на точность.

Расчет приспособления на точность заключается в определении допустимой величины погрешности изготовления приспособления  $\varepsilon_{\text{пр}}$  исходя из условия обработки заготовок без брака. Для этого из допуска параметра точности получаемого при обработке (размера, отклонения взаимного расположения) необходимо вычесть все погрешности имеющие место при обработке, кроме погрешности  $\varepsilon_{\text{пр}}$ .

Расчет производится по формуле

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \delta - k_{\text{T}} \cdot \sqrt{(k_{\text{T}1} \cdot \varepsilon_{\text{б}})^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{с}}^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + (k_{\text{T}2} \cdot \omega)^2},$$

где  $\delta$  - допуск выполняемого при обработке размера,

$k_{\text{T}}$  - коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения равен 1,0...1,2

$k_{\text{T}1}$  - коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках равен 0,85

$k_{\text{T}2}$  - коэффициент, учитывающий долю в суммарной погрешности обработки факторов, не зависящих от приспособления, принимается равным 0,7

$\omega$  - экономическая точность обработки данным методом,

$\varepsilon_{\text{б}}$  - погрешность базирования,

$\varepsilon_{\text{з}}$  - погрешность закрепления,

$\varepsilon_{\text{с}}$  - погрешность установки приспособления на станке,

$\varepsilon_{\text{и}}$  - погрешность положения заготовки из-за износа установочных элементов приспособления,

$\varepsilon_{\text{п}}$  - погрешность, связанная с перекосом режущего инструмента в направляющих элементах, погрешность рассматривается при наличии в конструкции приспособления элементов для направления и координации положения режущего инструмента (кондукторных и расточных втулок, установов).

Произведение  $k_{\text{T}2} \cdot \omega$  характеризует действие погрешностей не связанных с приспособлением, а именно: упругие отжатия технологической системы  $\Delta_{\text{у}}$ , погрешность настройки станка  $\Delta_{\text{н}}$ , размерный износ режущего инструмента  $\Delta_{\text{и}}$ , тепловые деформации системы  $\Delta_{\text{т}}$ , геометрические погрешности станка, деформации заготовки при обработке  $\Delta_{\text{ф}}$  и другие.

Полученные в процессе расчета приспособления на точность величина  $\varepsilon_{\text{пр}}$  используется для определения допусков на размеры деталей приспособления, входящих в размерную цепь, определяющую положение рабочих поверхностей установочных элементов относительно присоединительных поверхностей корпуса приспособления.

Расчет допусков размеров деталей может производиться методами полной и непол-

ной взаимозаменяемости, групповой взаимозаменяемости (если приспособление изготавливается централизованно в условиях серийного, крупносерийного или массового производства), а также методом пригонки. В последнем случае допуски размеров принимаются экономически достижимыми в данных производственных условиях, а требуемую точность обеспечивают, проводя обработку рабочих поверхностей опор у собранного приспособления.

#### §4. Установочные элементы приспособлений. Их классификация. Требования к установочным элементам.

По конструкции опоры бывают основные и вспомогательные.

Основные служат для базирования, они определяют положение заготовки в приспособление то есть лишают ее определенного количества степеней свободы. Основные опоры могут быть постоянными и регулируемыми. Постоянные крепятся к корпусу неподвижно и при износе меняются. Регулируемые крепятся на резьбе, их положения можно изменять для компенсации износа или для установки других деталей.

Вспомогательные опоры не служат для базирования, они применяются в том случае если необходимо повысить жесткость устанавливаемой в приспособление заготовки или ее устойчивость.

Требования к установочным элементам:

1. Рабочая поверхность опор должна иметь высокую точность
2. Конструкция опор должна обеспечивать их быструю смену, что особенно важно в массовом и крупносерийном производстве.
3. Рабочие поверхности опор не должны повреждать базовых поверхностей заготовки, особенно в том случае, если базы в дальнейшем не обрабатываются.
4. Установочные элементы должны иметь высокую жесткость и обеспечивать жесткое сопряжение с корпусом приспособления.

Для определения площади контакта установочного элемента и заготовки существует следующее правило.

Если базовая поверхность заготовки необработана, то выбирают опоры с малой площадью контакта (точечные опоры), в этом случае контакт заготовки и опор будет происходить строго в определенных точках, в результате чего макронеровности и дефекты базовой поверхности незначительно влияют на точность установки. Помимо этого при установке на точечные опоры возрастает надежность закрепления заготовки в приспособление.

Если базовые поверхности обработаны, то выбирают опоры с большой площадью контакта, в этом случае минимальны контактные деформации в стыке заготовки с опорами приспособления при обработке и закреплении.

Установочные элементы небольших размеров изготавливаются из сталей У8А...У10А с закалкой до твердости HRC 50...60.

Установочные элементы больших размеров изготавливают из сталей 20, 20Х с последующей цементацией и закалкой до твердости HRC 55...60.

Для обеспечения повышенной износостойкости рабочие поверхности опор могут наплавляться твердым сплавом ВК6 или хромироваться.

#### §5. Установка на плоскость.

При установке заготовок плоской поверхностью в качестве установочных элементов используются точечные опоры (штыри) с различным оформлением головок, опорные пластины и шайбы. Штыри запрессовываются в корпус приспособления, пластины и шайбы крепятся винтами.

Штыри с плоской головкой используются для базирования по обработанной поверхности. Штыри со сферической и с рифленой головками используются для установки по необработанным поверхностям.

Пластины и шайбы используются при установке по обработанным базовым поверхностям.

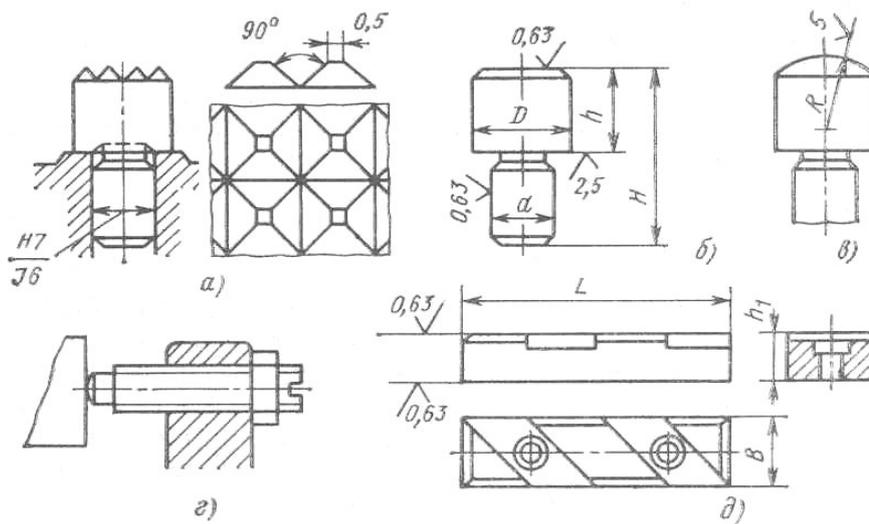


Рисунок. Опоры для установки на плоскость. Регулируемая опора.

- а) штырь с рифленой головкой для установки необработанными поверхностями,
- б) с плоской головкой для установки обработанными поверхностями,
- в) штырь со сферической головкой для установки необработанными поверхностями,
- г) регулируемая опора, д) опорная пластина.

Все вышеперечисленные опоры изготавливаются по ГОСТам, при необходимости могут применяться и специальные опоры, выполняемые как пластины, сектора, диски и т. п.

#### §6. Установка заготовок на внешнюю цилиндрическую поверхность.

Такая установка производится в самоцентрирующие патроны различных конструкций (кулачковые, мембранные, цанговые и другие), опорные призмы, втулки.

Установка в призмы.

При установке по обработанным поверхностям используются широкие призмы. Для заготовок с необработанной базовой поверхностью используют узкие призмы, или призмы с точечными опорами, при этом в результате локализации контакта уменьшается влияние на точность установки макронеровностей поверхностей и возрастает надежность закрепления заготовки в приспособлении.

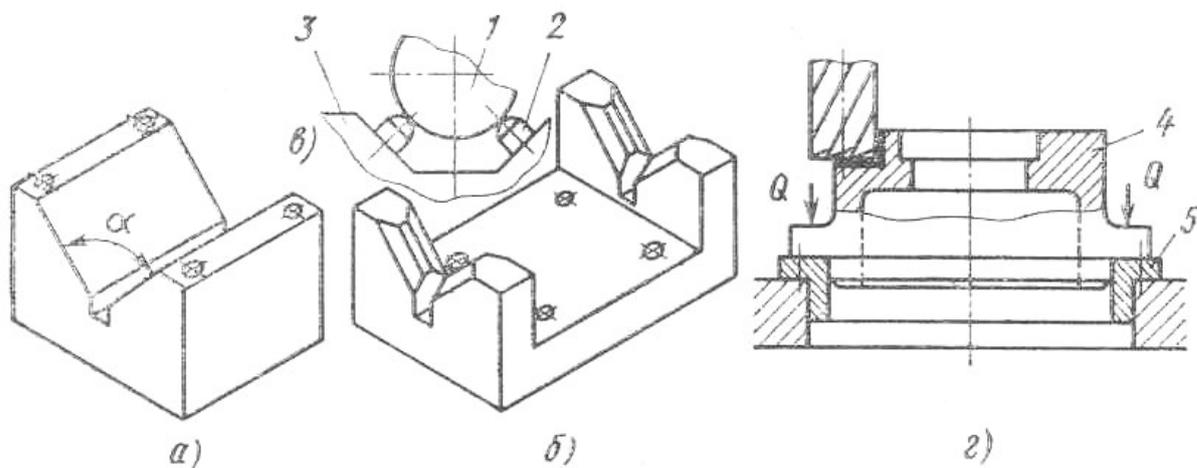


Рисунок. Разновидности призм. Установка во втулку.

- а) широкая призма, б) узкая призма,
- в) призма с точечными опорами, г) установка во втулку.

Используются призмы с углами 60, 90 и 120 градусов.

Призмы с углом 120° характеризуются небольшой погрешностью базирования и позволяют устанавливать заготовки с неполной цилиндрической поверхностью, их недос-

таток - неустойчивое положение закрепляемой заготовки.

Призмы с углом  $60^\circ$  обеспечивают надежное закрепление заготовки и устойчивое ее положение, но имеют большую погрешность базирования.

Наиболее широко применяются призмы с углом  $90^\circ$ .

Установка во втулку производится если диаметр базовой поверхности выполнен с точностью не грубее 7 - 9 качества, в противном случае очень велика погрешность базирования, связанная с наличием зазора между отверстием втулки и базовой поверхностью.

### §7. Установка заготовок на внутреннюю цилиндрическую поверхность.

Установка по отверстию производится на жесткие и разжимные оправки различных конструкций, а также на установочные пальцы. При установке по коротким отверстиям большого диаметра могут использоваться самоцентрирующие патроны.

По конструкции установочные пальцы могут быть:

1. Пальцы с буртиком и без. В первом случае палец осуществляет базирование заготовки по отверстию и торцу, во втором для базирования по торцевой поверхности применяются отдельно расположенные установочные элементы.
2. Постоянные и сменные пальцы. Первые запрессовываются в корпус приспособления, вторые крепятся на резьбе. Сменные пальцы предпочтительнее, так как обеспечивает быструю смену при износе.

В целом предпочтительной конструкцией является сменный палец без буртика, помимо независимой смены опор, базирующих по торцу и по отверстию, такой палец позволяет повысить точность изготовления приспособления путем шлифования рабочих поверхностей элементов базирующих по торцу при снятом пальце.

Для облегчения установки заготовки на пальце выполняется крупная фаска.

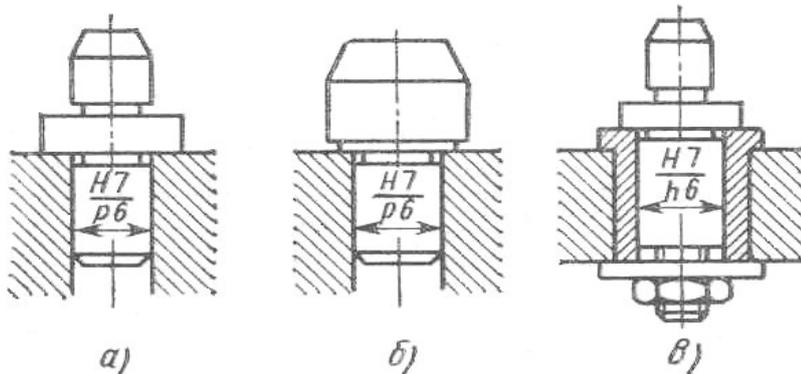


Рисунок. Установочные пальцы

- а) постоянный палец с буртиком, б) постоянный без буртика, в) сменный палец с буртиком.

При установке на палец заготовка может смещаться в радиальном направлении на величину диаметрального зазора между сопрягаемыми поверхностями, соответственно для размеров выдерживаемых в этом направлении имеет место погрешность базирования. Цилиндрическая поверхность пальца выполняется с полями допусков g6 или f8.

### §8. Установка на центровые отверстия

Данная схема установки широко применяется при обработке деталей типа вал, труба, втулка. В качестве базовых поверхностей используются фаски центровых отверстий (угол конуса  $60^\circ$ ), а для труб и втулок - фаски сквозных отверстий.

Используются центра различных конструкций: жесткие (упорные), вращающиеся, плавающие, рифленные, грибковые и другие.

При обработке в жестких центрах передний центр вращается вместе со шпинделем и заготовкой (у токарных станков) или остается неподвижным (у шлифовальных станков), задний центр в обоих случаях остается неподвижным. Такие центра обеспечивают высокую точность установки и минимальное биение обрабатываемых поверхностей относительно оси центров. Но в случае токарной обработки центровые фаски заднего отверстия

интенсивно изнашиваются, что приводит к потере точности при выполнении последующих операций, поэтому жесткие центры следует использовать при чистовой и тонкой обработке.

Чтобы предотвратить износ применяют вращающийся задний центр, он устанавливается в подшипники. Недостаток: уменьшение точности обработки за счет радиального биения подшипника.

При необходимости обеспечить высокую точность линейных размеров, как правило, при черновой и получистовой токарной обработке используется плавающий передний центр.

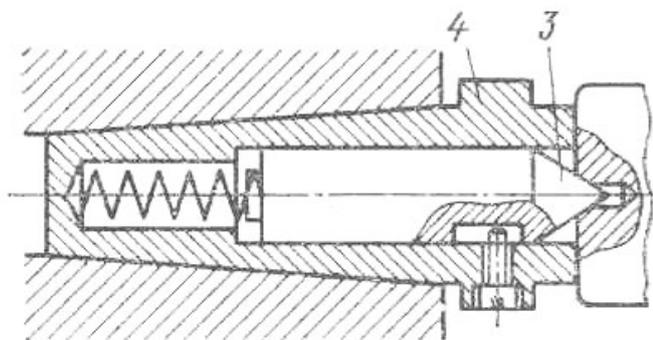


Рисунок. Плавающий передний центр

1 - пружина, 2 - винт (или другой механизм) для фиксации центра после установки заготовки, 3 - центр плавающий, 4 - корпус.

При использовании плавающего центра все заготовки из обрабатываемой партии вне зависимости от глубины центрового отверстия имеют одинаковое положение в осевом направлении, что обеспечивается базированием по торцевой поверхности. Такое базирование при обработке на настроенных станках обеспечивает высокую точность линейных размеров. К недостаткам плавающих центров можно отнести смещение обрабатываемых поверхностей относительно оси центров детали, которое возникает в результате недостаточно точного совмещения оси плавающего центра и оси шпинделя.

В случае обработки втулок и труб используются грибовые центры, имеющие усеченную вершину.

При обработке в центрах для передачи крутящего момента от шпинделя к заготовке используются различные поводковые устройства.

В условиях серийного, крупносерийного и массового производства, как правило, применяются поводковые патроны с механизированным или инерционным приводом. У подобных патронов (в отличие от самоцентрирующих) кулачки имеют независимое перемещение и самоустанавливаются по поверхности заготовки. В этом случае не нарушается базирование, достигнутое установкой в центрах, а патрон служит только для передачи крутящего момента.

В условиях единичного и мелкосерийного производств, а также при шлифовании, используются хомутики различных конструкций. Они устанавливаются и закрепляются на заготовке вручную и передают момент от поводкового пальца установленного на шпинделе.

Для передачи крутящего момента на заготовку могут использоваться рифленные центры (имеют на конической поверхности рифления). При их применении необходимость в поводковых устройствах отпадает, что позволяет выполнять токарную обработку заготовки на всей длине без переустановки. Недостаток подобных центров - они портят центровые отверстия и при базировании в центрах на дальнейших операциях технологического процесса центровые отверстия приходится дополнительно обрабатывать для обеспечения необходимой точности.

Погрешность формы центровых отверстий в поперечном сечении вызывает отклонение от круглости обрабатываемых поверхностей детали. Ее можно уменьшить шлифованием, притиркой конических фасок центровых отверстий.

## §9. Установка на плоскость и два пальца

Такая схема установки используется при механической обработке деталей малых и средних размеров типа корпусов, плит, рам, картеров и других.

Преимущества данной схемы установки:

1. Простота конструкции приспособления
2. Доступность большинства поверхностей заготовки для обработки (что особенно важно при выполнении операций концентрированной обработки, то есть при обработке на станках с ЧПУ, агрегатных станках, автоматических линиях).

Недостатки схемы установки:

1. Наличие погрешности установки, связанной с наличием зазора между базовыми отверстиями и установочными пальцами приспособления. В результате интенсивного износа пальцев данная погрешность может быть значительной.

Базовую поверхность заготовки подвергают чистовой обработке (чистовое фрезерование, возможно шлифование), сверлят и развертывают два отверстия точностью Н7.

Рабочая поверхность установочных пальцев выполняется с допусками f7 или d8.

При использовании данной схемы базирования возможны две схемы установки:

1. Установка на плоскость и два цилиндрических пальца.
2. Установка на плоскость цилиндрический и срезанный (ромбический) палец.

Условие возможности установки на цилиндрические пальцы

$$S_{1\min} + S_{2\min} \geq \delta_{\text{отв}} + \delta_{\text{пал}} , \quad 1$$

$S_{1\min}$  и  $S_{2\min}$  - минимальные диаметральные зазоры между базовыми отверстиями и пальцами,

$\delta_{\text{отв}}$  - допуск на межцентровые расстояния отверстий заготовок,

$\delta_{\text{пал}}$  - допуски на межцентровые расстояния пальцев приспособления.

Для увеличения точности базирования необходимо, чтобы зазоры между установочными пальцами и отверстиями заготовки были минимальными, что согласно формуле приводит к ужесточению допусков  $\delta_{\text{отв}}$  и  $\delta_{\text{пал}}$  на межцентровые расстояния.

С целью уменьшения погрешности базирования при неизменных значениях  $\delta_{\text{отв}}$  и  $\delta_{\text{пал}}$  используют установку на цилиндрический и срезанный палец.

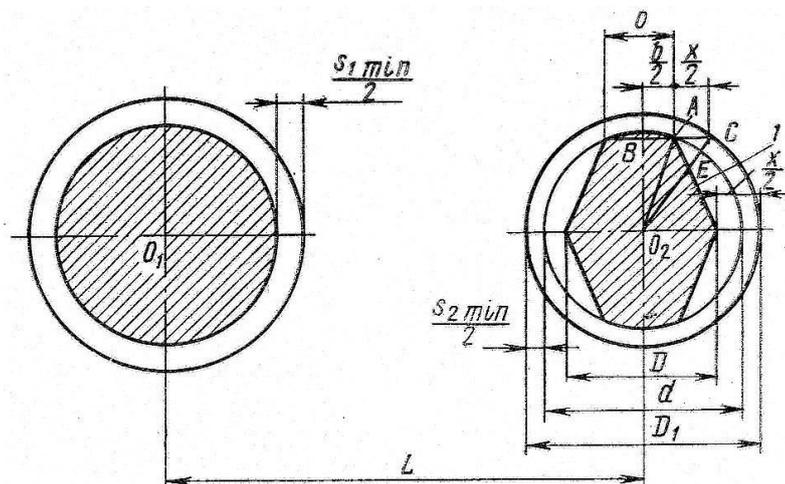


Рисунок. Установка на цилиндрический и срезанный палец.  
b - ширина ленточки.

Рассмотрим треугольник O2BA

$$O_2B^2 = \frac{d^2}{4} + \frac{b^2}{4} ,$$

Рассмотрим треугольник O2BC

$$O_2B^2 = \left(\frac{d}{2} + \frac{S_{2\min}}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2} + \frac{x}{2}\right)^2 = \frac{d^2}{4} + \frac{d \cdot S_{2\min}}{2} + \frac{b^2}{4} + \frac{b \cdot x}{2} ,$$

В формуле на учтены составляющие  $S_{2\min}^2$  и  $x^2$  в силу их малой величины.

Приравняв указанные формулы, получим

$$x = \frac{d}{b} S_{2\min} ,$$

Подставив значение  $x$  в выражение 1, получим условие установки на цилиндрический и срезанный пальцы

$$S_{1\min} + \frac{d}{b} S_{2\min} \geq \delta_{\text{отв}} + \delta_{\text{пал}} , \quad 2$$

Поскольку отношение  $d/b$  заведомо больше единицы допуски  $\delta_{\text{отв}}$  и  $\delta_{\text{пал}}$  могут быть не столь жесткими.

Из условия 2 получим выражение для определения  $b$

$$b \leq \frac{S_{2\min}}{\delta_{\text{отв}} + \delta_{\text{пал}} - S_{1\min}} d ,$$

При проектировании приспособления, исходя из требуемой точности обработки, определяется допустимая погрешность базирования и предельно возможные значения минимальных зазоров, после чего определяется ширина ленточки  $b$ .

### §10. Установка по зубчатым поверхностям

Установка по эвольвентным поверхностям зубьев производится при шлифовании основных отверстий зубчатых колес после операции термообработки (закалки, цементации, нитроцементации и других).

В этом случае в процессе обработки обеспечивается высокая степень соосности отверстия и зубчатого венца.

В качестве установочных элементов используются ролики - для прямозубых цилиндрических колес (по ролику в каждую из трех впадин, расположенных под углом  $120^\circ$  друг относительно друга) или шарики для косозубых колес (по два шарика в каждую из трех впадин).

Зубчатое колесо вместе с установочными элементами помещается в обойму, а затем в самоцентрирующий патрон. Используются клиновые и мембранные патроны, применение последних предпочтительно, так как они обеспечивают большую точность центрирования.

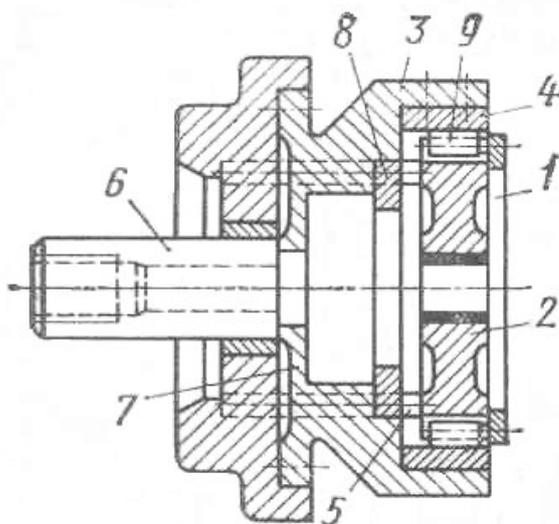


Рисунок. Установка по зубчатой поверхности.

1 - обойма, 2 - зубчатое колесо, 3 - кулачек, 4 - сухарь, прикрепленный к кулачку, 5 - упоры для фиксации осевого положения заготовки, 6 - шток силового привода, 8 - распорное кольцо, 9 - ролики.

Для устранения биения сухарей (последнее оказывает значительное влияние на соосность обрабатываемого отверстия и зубчатого венца) в патрон устанавливаются распор-

ное кольцо, после чего сухари шлифуются.

Для конических колес также используют шарики (три), установка при этом производится в специальный патрон с осевым прижимом заготовки.

### §11. Жесткие оправки

Оправки применяются при установке обрабатываемых заготовок (втулок, гильз, фланцев) на внутреннюю цилиндрическую поверхность и перпендикулярную ее оси плоскость (торец).

В зависимости от способа закрепления на станке различают центровые, шпиндельные и фланцевые оправки.

Центровые оправки имеют на своих торцах центровые отверстия и устанавливаются в центрах токарного или круглошлифовального станка, для передачи на оправку крутящего момента, необходимого для резания, на левом конце оправка имеет квадрат, лыску или поводковый палец.

Контакт между оправкой и центром станка осуществляется по поверхности с малым радиусом и поэтому передача значительного крутящего момента без дополнительных устройств невозможна.

Шпиндельные оправки устанавливаются и крепятся в конические отверстия шпинделя с помощью хвостовика с конусом Морзе.

Фланцевые оправки крепятся к фланцевым торцам шпинделей станков и базируются по точно выполненной конической или цилиндрической поверхности небольшой длины (пояску).

Среди рассмотренных ниже жестких оправок цилиндрические и конические оправки под запрессовку, в подавляющем большинстве случаев выполняются центровыми.

Важной характеристикой для любой оправки, в том числе и жесткой является точность центрирования - степень совмещения оси базовой поверхности заготовки с осью оправки.

Жесткие оправки по конструкции могут быть:

А. Цилиндрические оправки для посадки с зазором.

Обеспечивают высокую точность линейных размеров (это обеспечивается базированием всех заготовок из партии по левому торцу, контактирующему при установке с опорным буртиком), легкую установку и закрепление заготовки, недостаток - низкая точность центрирования из-за наличия зазора.

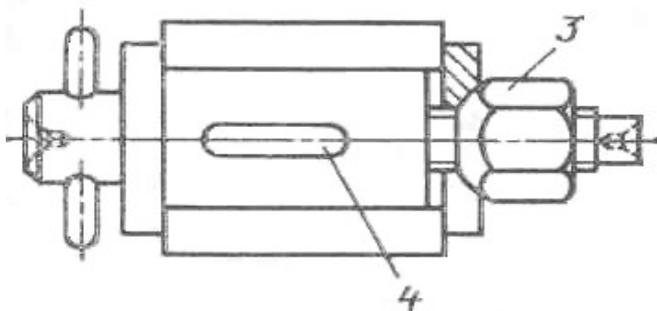


Рисунок. Цилиндрическая оправка для установки с зазором.

1 - поводковый палец, 2 - быстросъемная шайба, 3 - гайка, 4 – шпонка.

Подобные оправки часто применяются для одновременной установки нескольких заготовок.

От проворачивания в процессе обработки заготовку предотвращает шпонка (при наличие в заготовке шпоночного паза) или усилие, создаваемое затяжной гайкой. С целью сокращения затрат времени на установку и снятие заготовки наружный диаметр гайки выполняют меньше диаметра базового отверстия, что позволяет при установке и снятии заготовки отвинчивать гайку на несколько витков, а не на всю длину резьбы, для закрепления используют быстросъемную шайбу.

Точность центрирования 0,05...0,1 мм и зависит от величины зазора.

### Б. Конические оправки под запрессовку.

Обеспечивают высокую точность центрирования, установка заготовки на оправку осуществляется ударами молотка.

Недостатки:

1. Из-за непостоянства диаметра базового отверстия (в пределах допуска) заготовки будут занимать различные положения по длине оправки, поэтому подобные оправки нельзя применять для обработки на предварительно настроенных станках.
2. Силы закрепления сосредоточены на коротком участке контакта базовой поверхности заготовки и оправки, поэтому они невелики и достаточны только для чистовой обработки.

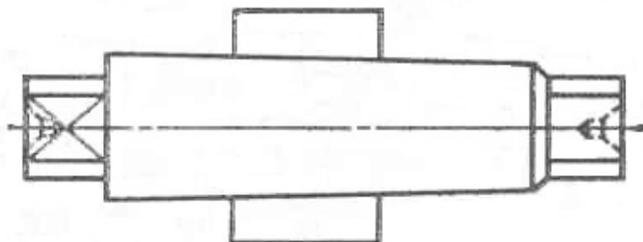


Рисунок. Коническая оправка.

Конусность оправки  $1/2000 \dots 1/4000$  (меньшие значения для оправок повышенной точности центрирования).

Точность базовой поверхности 6 - 7 квалитет.

Точность центрирования 0,005...0,01 мм.

### В. Цилиндрические оправки для установки с натягом.

Применяются при обработке толстостенных заготовок с большими усилиями резания.

Установка заготовки на оправку осуществляется с помощью прессы, что несколько усложняет процесс установки.

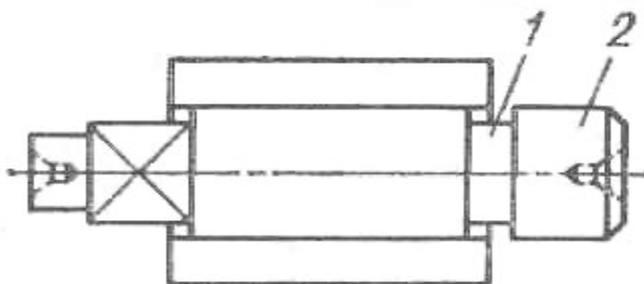


Рисунок. Цилиндрическая оправка для установки с натягом.

1 - канавка, 2 - направляющая часть, 3 - квадрат.

Точность центрирования 0,005...0,01 мм.

Базовая поверхность заготовки выполняется по 6...7 квалитету.

Для обеспечения постоянного положения заготовки по длине в конструкции оправки предусмотрен буртик, либо (как на рисунке) установка заготовки производится с использованием подкладных колец определенной толщины.

Недостаток таких оправок - порча базовой поверхности заготовки вследствие значительных натягов, поэтому технологический процесс должен предусматривать обработку отверстия после снятия заготовки с оправки.

Конструкция цилиндрической прессовой оправки всегда предусматривает наличие направляющей части, необходимой для облегчения процесса запрессовки, и канавки, обеспечивающей подрезание торца.

Жесткие оправки изготавливают из стали 20Х с последующей цементацией на глубину 1,2 - 1,5 мм и закалкой до твердости HRC 55...60. Рабочие поверхности оправок выполняются с шероховатостью Ra0,4...Ra0,8.

## §12. Вспомогательные опоры приспособлений

Вспомогательные опоры бывают двух типов:

1. Самоустанавливающиеся.
2. Подводимые.

Самоустанавливающиеся опоры используются при установке в приспособление легких, нежестких заготовок с целью увеличения их жесткости при обработке.

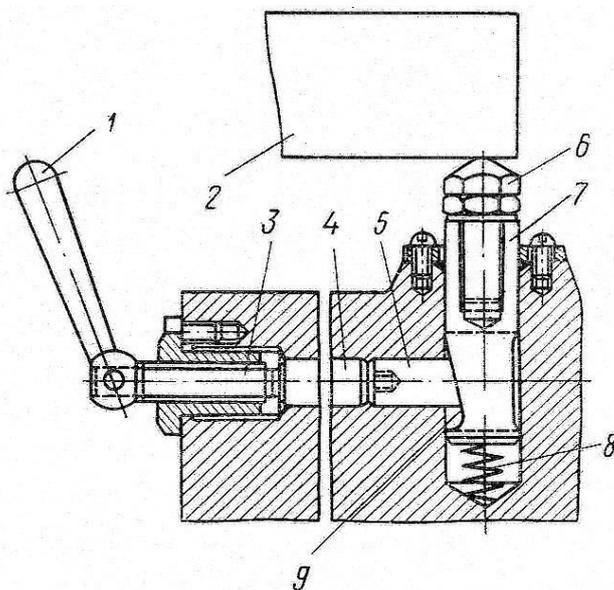


Рисунок. Вспомогательная опора.

1 - рукоятка винтового зажима, 2 - заготовка, 3 - винт, 4 - удлинитель, 5 - сухарь, 6 и 7 - опора, 8 - пружина, 9 - скос.

В нерабочем состоянии такая опора под действием слабой пружины находится несколько выше уровня основных опор. При установке заготовки опора погружается и фиксируется в таком положении силой, создаваемой винтовым зажимом, через сухарь.

После чего осуществляется закрепление заготовки в приспособлении.

На опоре предусмотрен скос под углом  $5...6^\circ$ , что позволяет обеспечить более жесткую ее фиксацию. Следовательно, даже при действии на опору значительных сил резания она будет оставаться неподвижной.

Подводимые опоры применяются при установке в приспособление тяжелых заготовок для большей их устойчивости в процессе обработки. Подводимая опора в нерабочем положении находится ниже уровня основных опор. После установки и закрепления заготовки опора доводится до контакта с поверхностью заготовки, как правило, с помощью клинового механизма.

## Тема 3. ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

### §1. Назначение зажимных элементов, требования к ним.

Зажимные устройства - механизмы для обеспечения надежного контакта заготовки с установочными элементами приспособления и предотвращения смещения и вибраций заготовки в процессе обработки.

В конструкции приспособления помимо основных могут использоваться дополнительные зажимные устройства с целью увеличения жесткости обрабатываемой заготовки.

Необходимость в применении зажимных устройств отпадает при обработке массивных устойчивых заготовок, когда сила резания невелика, а также когда сила резания прижимает заготовку к опорам и при этом не возникает вибраций, например, при протягивании в заготовках отверстий.

Требования к зажимным элементам.

1. Должны быть надежны в работе, просты по конструкции и удобны в обслуживании.
2. Закрепление и открепление заготовки должно производиться с минимальными затратами времени и энергии.
3. Не должны вызывать деформацию заготовки и портить ее поверхности.
4. В процессе закрепления не должно происходить изменения положения заготовки, достигнутого базированием.

Чтобы заготовка не деформировалась и не смещалась при закреплении необходимо правильно выбрать точку приложения и направление действия силы зажима.

Для этого существует несколько частных правил:

1. Сила зажима должна быть направлена перпендикулярно опорной поверхности заготовки и не должна располагаться на наклонном участке.
2. Точка приложения силы зажима должна быть как можно ближе к месту обработки, что особенно важно при обработке нежестких заготовок.
3. Зажимная сила должна проецироваться на установочный элемент, в этом случае минимальны деформации заготовки.

Методика расчета сил зажима:

1. На выбранной схеме установки указываются силы, действующие на заготовку. Обязательному учету подлежат силы резания, силы закрепления, реакции опор, силы трения. Силы резания должны учитываться в наиболее неблагоприятных по величине, направлению и точке приложения моментах.
2. Рассчитывается коэффициент запаса зажимной силы, который характеризует непостоянство условий закрепления и обработки заготовки, неточность расчетов.
3. Из условий статики выбирается приемлемый к данному случаю и рассчитывается сила зажима.

### §2. Упругие характеристики зажимных механизмов. Коэффициент запаса зажимной силы и его составляющие.

По своим упругим характеристикам зажимные элементы приспособлений подразделяются на 2 группы:

1. Зажимные механизмы первой группы, к которым относятся зажимы самотормозящего типа (винтовые, клиновые безроликовые, эксцентриковые).
2. Зажимные механизмы второй группы, к которым относятся пневматические, гидравлические и другие механизмы прямого действия.

Рассмотрим установку, приведенную на рисунке.

Для зажимов второй группы при возрастании силы  $P$  на начальном этапе перемещение заготовки не происходит, но когда  $P > Q$  заготовка сразу перемещается на значительную величину. Для зажимов первой группы в начальный момент перемещений также не наблюдается, когда  $P > Q$  начинает упруго деформироваться сам зажим, при этом перемещение незначительно.

В соответствии с указанной особенностью отрыв заготовки от опор приспособления для зажимов первой группы произойдет при большей силе  $P$ , чем для зажимов второй

группы. Это значит, что механизмы первой группы обеспечивают более надежное закрепление заготовки, и при их использовании можно ограничиться несколько меньшим значением зажимной силы.

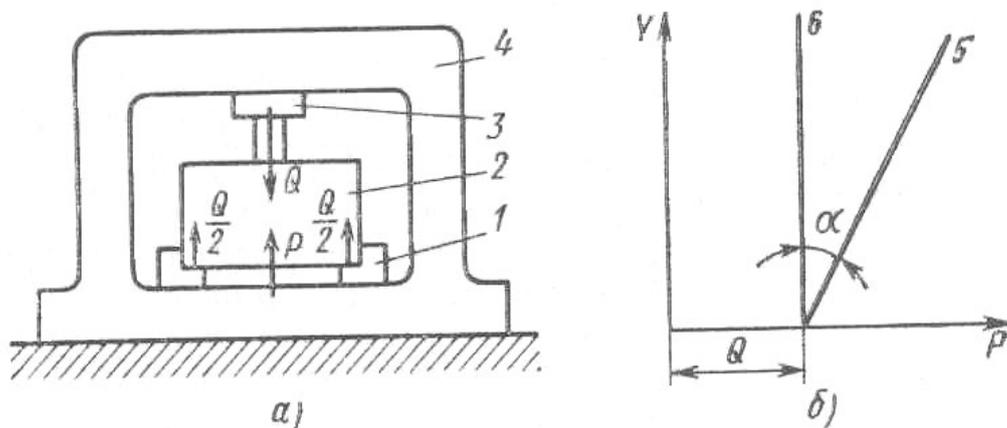


Рисунок. Схема установки. Упругие характеристики зажимных устройств.

1 - установочные элементы приспособления, 2 - заготовка, 3 - зажимной механизм, 4 - корпус, 5 - характеристика зажимных устройств первой группы, 6 - характеристика зажимов второй группы.

При расчетах силы закрепления вводится коэффициент запаса  $k$ . Он необходим для обеспечения надежности зажимных устройств и учитывает неточность расчетов, непостоянство условий обработки и установки заготовок.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 ,$$

где  $k_0$  - гарантированный коэффициент запаса, равен 1,5,

$k_1$  - коэффициент учитывающий колебание силы резания из-за непостоянства припуска, равен 1,2 для черновой обработки и 1,0 для чистовой,

$k_2$  - учитывает увеличение силы резания при прерывистом резании и работе с ударами (торцевое фрезерование, обработка прерывистых поверхностей и подобное),

$k_3$  - учитывает увеличение сил резания в результате затупления режущего инструмента, коэффициент зависит от метода обработки и обрабатываемого материала,

$k_4$  - характеризует постоянство силы зажима развиваемой приводом (1,3 для ручных зажимов, 1,2 для зажимов, имеющие в составе упругий элемент, например пружину, диафрагму, мембрану, 1,0 для остальных механизированных приводов),

$k_5$  - учитывает удобство расположения рукояток у ручных зажимов,

$k_6$  - коэффициент принимаемый во внимание при наличии момента, стремящегося повернуть заготовку на базовой плоскости.

Если заготовка установлена на точечные опоры, коэффициент  $k_6$  равен 1,0 (точки контакта заготовки и приспособления определены, что позволяет с достаточной точностью найти момент сил трения противодействующий повороту). Если заготовка установлена на опоры с большой площадью,  $k_6$  равен 1,5 (реальное положение точек контакта неопределенное, что и учитывается этим коэффициентом).

### §3. Зажимные устройства, предупреждающие смещение заготовки под действием сил.

Схема 1. На заготовку действует сдвигающая сила

Возможному сдвигу заготовки противодействуют силы трения в местах контакта заготовки с установочными и зажимными элементами приспособления.

Условие равновесие сил, действующих на заготовку

$$P \cdot k = F_{\text{тр}1} + F_{\text{тр}2} = W \cdot f_1 + W \cdot f_2 ,$$

Расчетная формула

$$W = \frac{P \cdot k}{f_1 + f_2} ,$$

Формула относится к зажимам первой и второй группы.

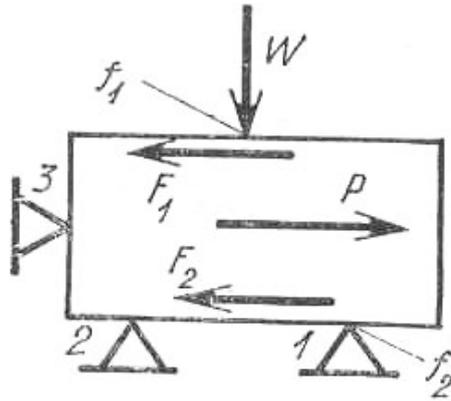


Рисунок. Схема нагружения сдвигающей силой.

Схема 2. На заготовку действует сдвигающая сила и сила прижимающая заготовку к опорам.

Заготовка может сдвинуться с опор под действием сил резания.

Как и в первом случае, возможному смещению заготовки противодействуют силы трения в местах контакта с установочными и зажимными элементами приспособления. При этом необходимо учитывать, что составляющая  $P_2$  силы резания помогает зажимному механизму удерживать заготовку.

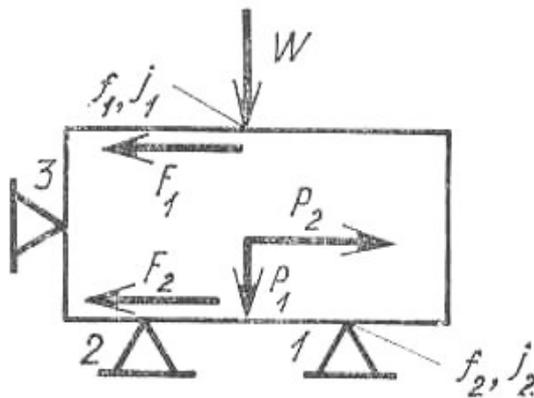


Рисунок. Схема нагружения сдвигающей и прижимающей силами.

Рассмотрим зажимные механизмы второй группы.

Условие равновесия сил, действующих на заготовку

$$P \cdot k = F_{\text{тр}1} + F_{\text{тр}2} = W \cdot f_1 + (W + P_2) \cdot f_2 ,$$

Расчетная формула

$$W = \frac{P \cdot k - P_2 \cdot f_2}{f_1 + f_2} ,$$

Для зажимов первой группы имеет место перераспределение реакций зажимных и установочных элементов приспособления

Условие равновесия сил, действующих на заготовку

$$P \cdot k = F_{\text{тр}1} + F_{\text{тр}2} = \left( W - P_2 \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2} \right) \cdot f_1 + \left( W + P_2 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \right) \cdot f_2 ,$$

Расчетная формула может быть получена из данного выражения.

В рассмотренных выше выражениях

$k$  - коэффициент запаса зажимной силы

$f_1$  и  $f_2$  - коэффициенты трения между заготовкой и соответственно зажимом и опорами,

$j_1$  и  $j_2$  - жесткости зажимного механизма и установочных элементов, при расчетах можно принять

$$\frac{j_1}{j_1 + j_2} \approx 0,3...0,4 \quad \text{и} \quad \frac{j_2}{j_1 + j_2} \approx 0,6...0,7 ,$$

Если зажимной элемент приспособления имеет невысокую жесткость в направлении действия сдвигающей силы  $P_2$ , во всех вышеперечисленных формулах сила  $F_{тр2}$  не учитывается.

Рассмотренные формулы применимы при установке заготовок в координатный угол, на плоскость и два пальца, а также на плоскость и палец или во втулку, если силы, возникающие при обработке, проходят через центр заготовки.

Во всех перечисленных случаях установочные пальцы и втулки во избежание интенсивного износа и потери точности не должны воспринимать силы резания, которые должны уравниваться силами трения.

#### §4. Зажимные устройства, предупреждающие поворачивание заготовки под действием момента.

Схема 1. Заготовка устанавливается в кулачковый патрон, на неё действует крутящий момент и осевая сила.

Возможному смещению заготовки противодействуют моменты от сил трения в местах контакта цилиндрической поверхности заготовки и кулачков патрона.

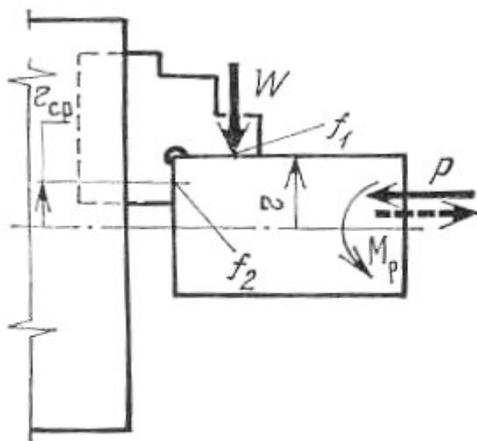


Рисунок. Схема нагружения при установке в патрон.

Условие равновесия моментов, действующих на заготовку

$$M_p \cdot k = M_{тр1} = W \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2} \cdot n ,$$

Расчетная формула

$$W = \frac{2 \cdot M_p \cdot k}{f_1 \cdot D \cdot n} ,$$

В том случае если осевая сила удовлетворяет условию

$$P > W \cdot f_1 \cdot n$$

То крутящему моменту также противодействует момент от сил трения на торцевой поверхности кулачков.

Условие равновесие моментов, действующих на заготовку

$$M_p \cdot k = M_{тр1} + M_{тр2} = W \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2} \cdot n + (P - W \cdot f_1 \cdot n) \cdot R_{cp} \cdot f_2 ,$$

Расчетная формула может быть получена из данного выражения.

В рассмотренных выше выражениях

$k$  - коэффициент запаса зажимной силы,

$f_1$  и  $f_2$  - коэффициенты трения на поверхности кулачка, контактирующей с цилиндрической поверхностью заготовки, и на торцевой поверхности кулачка,

$n$  - число кулачков патрона,

$D$  - диаметр базовой поверхности заготовки,

$R_{cp}$  - средний радиус точек контакта кулачков и торца заготовки.

Схема 2. Заготовка устанавливается в призму, на неё действует крутящий момент и осевая сила.

Возможному смещению заготовки под действием момента противодействуют моменты от сил трения в точках контакта заготовки с установочным (призма) и зажимным элементом приспособления.

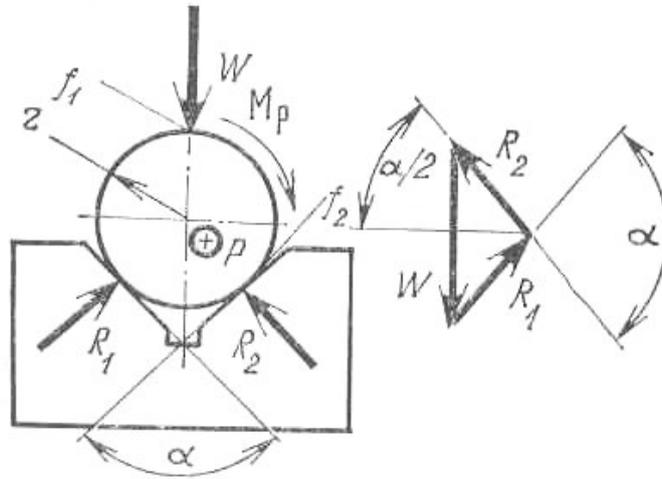


Рисунок. Схема нагружения при установке в призму.

Условие равновесия моментов, действующих на заготовку

$$M_p \cdot k = M_{тр1} + M_{тр2} = W \cdot f_1 \cdot \frac{D}{2} + \frac{W}{\sin \alpha/2} \cdot \frac{D}{2} \cdot f_2 ,$$

Расчетная формула

$$W = \frac{2 \cdot M_p \cdot k}{D \cdot (f_1 + f_2 / \sin \alpha/2)} ,$$

Смещению под действием осевой силы (если она не воспринимается осевым упором приспособления) также противодействуют силы трения в контакте с призмой и с зажимом.

Условие равновесия сил, действующих на заготовку

$$P \cdot k = F_{тр1} + F_{тр2} = W \cdot f_1 + \frac{W}{\sin \alpha/2} \cdot f_2 ,$$

Расчетная формула

$$W = \frac{P \cdot k}{f_1 + f_2 / \sin \alpha/2} ,$$

Для дальнейших расчетов принимается наибольшая из найденных сил  $W$ .

## §5. Винтовые зажимные механизмы.

Данные механизмы просты по конструкции, компактны, обладают свойством самоторможения, применяются в приспособлениях с ручным зажимом и в приспособлениях механизированного типа в сочетании с электродвигателями, с пневмо и гидроприводом.

Основной недостаток - невысокое быстродействие при использовании в ручных зажимах.

Конструкция винтового зажимного устройства предусматривает наличие втулки с резьбовым отверстием для предотвращения износа корпуса приспособления.

Наличие башмака позволяет уменьшить момент необходимый для закрепления, так как башмак не вращается, а перемещается только вдоль оси. Кроме того, исключается предотвращает закрепляемую поверхность заготовки от повреждения. За счёт покачивания башмака компенсируется неперпендикулярность закрепляемой поверхности заготов-

ки к оси винта.

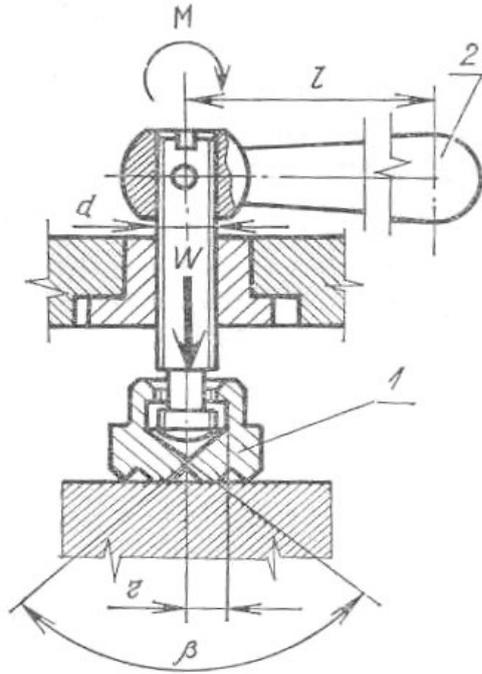


Рисунок. Винтовой зажим.

1 - башмак, 2 - рукоятка.

Последовательность расчёта винтового зажима

1. Определяется номинальный диаметр винта

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{Q/\sigma} \text{ , мм,}$$

где  $\sigma$  - допустимое напряжение на растяжение или сжатие, с учетом износа принимается 80...100МПа для стали 45.

2. Определяем момент для создания силы зажима Q

$$M = R_{\text{ср}} \cdot Q \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi) + M_{\text{тр}} \text{ , Н}\cdot\text{мм,}$$

где  $R_{\text{ср}}$  - средний радиус резьбы,

$\alpha$  - угол подъёма резьбы (принимается  $2^{\circ}30'$ ),

$\varphi$  - угол трения в резьбе (принимается  $10^{\circ}$ ),

$M_{\text{тр}}$  - момент трения на торцевой поверхности винтового зажима.

3. По величине M выбирают конструкцию рукоятки или производят дальнейший расчёт силового привода.

Самоторможение винтового зажима обеспечивается тем, что  $\varphi > \alpha$ .

В приспособлениях часто используются винтовые зажимы, у которых закрепление заготовки осуществляется гайкой. В этом случае для увеличения быстродействия часто используется быстросъемная шайба (см. рисунок цилиндрической оправки для установки заготовок с зазором).

## §6. Клиновые зажимные механизмы.

Клиновые зажимные механизмы просты в изготовлении, компактны, позволяют увеличить значение и изменить направление действия силы зажима, при углах  $6...12^{\circ}$  (в зависимости от конструкции) обладают свойством самоторможения.

Чаще всего применяют в качестве промежуточных звеньев сложных зажимных механизмов.

Наиболее распространённой разновидностью клиновых зажимов являются клиноплунжерные механизмы.

Исходной формулой для расчета силы, необходимой для приведения в действие подобных механизмов, является формула для клиноплунжерного механизма с двухпорным плунжером без роликов.

$$P = W \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \operatorname{tg}\varphi_2},$$

где  $\alpha$  - угол клина,

$\varphi$  - угол трения на наклонной поверхности клина,

$\varphi_1$  - угол трения в направляющих клина,

$\varphi_2$  - угол трения в направляющих плунжера.

В случае если на всех перечисленных поверхностях имеет место трение скольжения при практических расчетах можно принимать

$$\varphi = \varphi_1 = \varphi_2 \approx 6^\circ \quad \text{и} \quad \operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\varphi_1 = \operatorname{tg}\varphi_2 = 0,1$$

Поскольку угол  $\alpha$  как правило не велик, то при относительно небольшой силе  $P$  мы получаем значительную по величине силу зажима  $W$ .

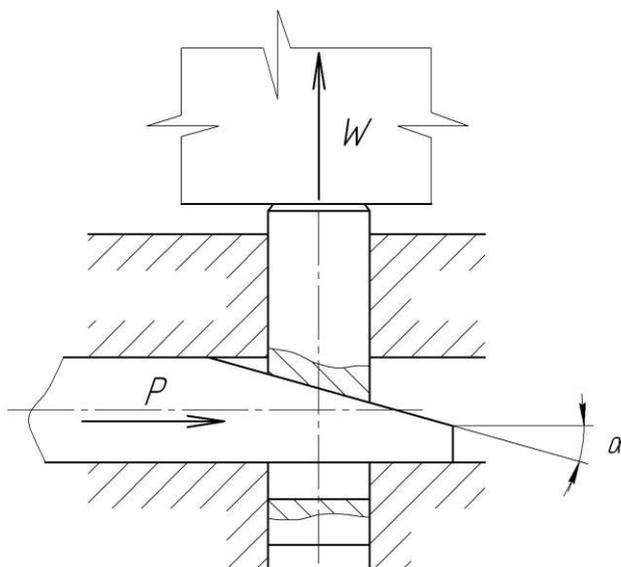


Рисунок. Двухопорный клиноплунжерный зажимной механизм.

Важной характеристикой клинового механизма является ход плунжера и

$$S_{\text{пл}} = S \cdot \operatorname{tg}\alpha,$$

где  $S$  - перемещение клина.

Величина  $S_{\text{пл}}$  невелика, что необходимо учитывать при проектировании.

Основной недостаток клиновых зажимных механизмов - большие потери на трение (при  $\alpha=20^\circ$  потери составляют 37%, при  $\alpha=5^\circ$  соответственно 70%). Данного недостатка лишены клиновые механизмы с роликами, у которых трение скольжения заменено трением качения. Однако подобные механизмы не обладают свойством самоторможения.

Для увеличения хода плунжера используют роликовый механизм с двухскатным клином, что позволяет значительно увеличить  $S_{\text{пл}}$ .

## §7. Рычажные зажимы

Рычажные зажимы применяются в сочетании с другими зажимными элементами (винтами, эксцентриками и другими), а также в сочетании с силовыми приводами.

Рычажные зажимы позволяют изменить величину и направление действия зажимной силы, дают возможность закреплять заготовку в нескольких местах.

В отличие от винтовых, клиновых и эксцентриковых зажимов рычажные механизмы не обладают свойством самоторможения.

Для удобства установки и снятия обрабатываемой заготовки рычаги выполняют откидными, поворотными и т. д.

Силу необходимую для приведения прямого рычажного зажима в действие (силу привода) определяют по формуле

$$P = W \cdot \frac{l_2 + h_2 \cdot f_2 + \rho / \cos\varphi}{l_1 - h_1 \cdot f_1 - \rho / \cos\varphi},$$

где  $h_1$  - расстояние от оси вращения рычага до точки приложения силы зажима, измеренное в направлении действия этой силы,  
 $h_2$  - расстояние от оси вращения рычага до точки приложения приводной силы, в направлении действия силы,  
 $f_1$  и  $f_2$  - коэффициенты трения соответственно на поверхности контакта рычага и закрепляемой заготовки и на поверхности воспринимающей усилие от привода, для практических расчетов можно принимать оба коэффициента равными 0,1  
 $\varphi$  - угол трения в контакте рычага с заготовкой, принимается равным  $6^\circ$ ,  
 $\rho$  - радиус круга трения.

Величина  $\rho$  определяется по формуле

$$\rho = r \cdot f,$$

где  $f$  - коэффициент трения на оси рычага, равен 0,18...0,20,  
 $r$  - радиус оси рычага.

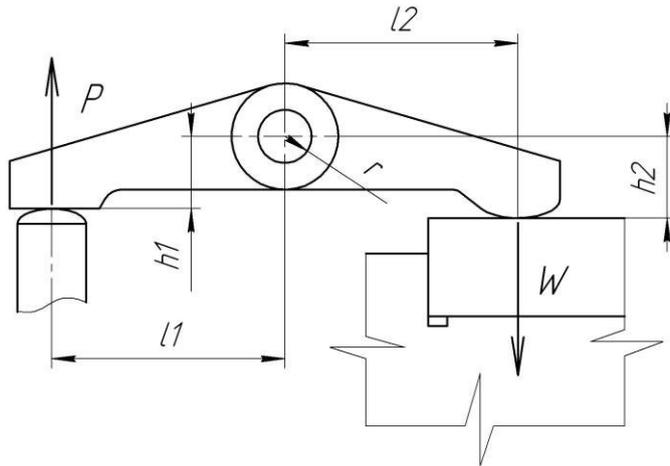


Рисунок. Двухплечевой прямой рычажный зажимной механизм.

## §8. Эксцентриковые зажимные механизмы

Эксцентрик это круглый диск или валик ось вращения, которого смещена относительно геометрического центра на величину эксцентриситета.

В большинстве случаев эксцентриковые зажимы выполняются с ручным приводом.

Преимущества круглых эксцентриков:

1. Простота конструкции и изготовления.
2. Высокое быстродействие сравнимое с быстродействием пневматического привода.

Недостатки круглых эксцентриков:

1. Малая величина рабочего хода (ограничивается величиной эксцентриситета), что затрудняет установку заготовки и накладывает ограничения на точность ее изготовления. На практике используют эксцентрики со срезанным участком рабочей поверхности, что позволяет отвести зажим от заготовки на значительное расстояние (15...40 мм) и облегчить ее установку.
2. Непостоянство сил зажима и самотормозящих свойств (зависят от угла поворота эксцентрика, который в свою очередь непостоянен).
3. Невозможность применения при ударных нагрузках и вибрациях из-за возможности самооткрепления.

Для устранения перечисленных недостатков применяются криволинейные эксцентрики рабочие поверхности, которых выполняются по спирали Архимеда или эвольвенте.

При расчете круглых эксцентриков последовательно определяется:

1. Величина эксцентриситета

$$e = \frac{S_1 + \delta + Q/j}{1 - \cos\beta},$$

где  $S_1$  - зазор для свободной установки заготовки под эксцентрик (равен 0,2...0,4 м),

$\delta$  - допуск на размер заготовки, связывающий базовую поверхность с поверхностью

по которой осуществляется закрепление,

$Q$  - необходимая сила зажима,

$j$  - жесткость зажимного механизма,

$\beta$  - угол поворота эксцентрика от исходного положения.

Найденное значение эксцентриситета округляется в большую сторону до стандартного значения (эти значения кратны 0,5 мм).

2. Диаметр наружной поверхности определяется исходя из обеспечения свойства самоторможения эксцентрика

$$D = (14...20) \cdot e ,$$

На этом этапе расчетов также определяют ширину эксцентрика и радиус его цапфы (оси вращения).

3. Момент необходимый для приведения в действие эксцентрикового зажима ( $M$ ). В качестве исходной при этом используют формулу для определения силы зажима, развиваемой круглым эксцентриком.

$$Q = \frac{M}{R} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2} ,$$

где  $M$  - момент на рукоятке эксцентрикового зажима,

$R$  - радиус, проведенный из точки вращения эксцентрика в точку его касания с заготовкой, при расчетах в качестве величины  $R$  принимается средний радиус эксцентрика,

$\alpha$  - угол подъема профиля эксцентрика в точке его касания с заготовкой,

$\varphi_1$  и  $\varphi_2$  - углы трения между эксцентриком и заготовкой и на оси вращения эксцентрика.

4. Длина рукоятки эксцентрика.

$$L = M/N ,$$

где  $N$  - усилие, развиваемое рабочим (принимается 160...200 Н).

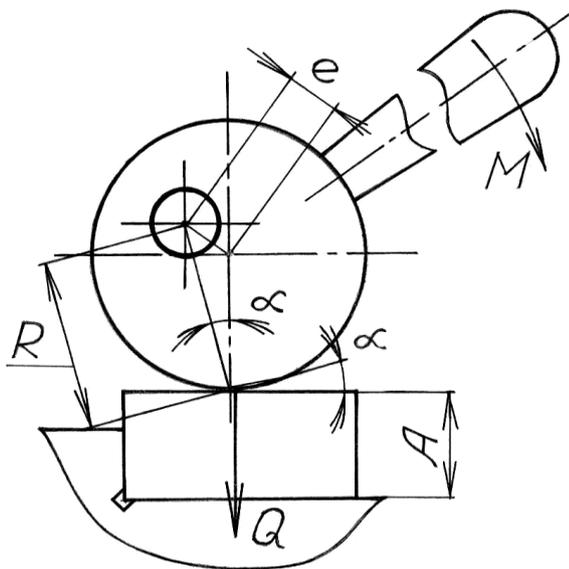


Рисунок. Эксцентриковый зажим.

При закреплении заготовок из-за непостоянства размера, связывающего базовую поверхность с поверхностью по которой осуществляется зажим (размер  $A$  на рисунке), величины  $R$  и  $\alpha$  непостоянны, что приводит к непостоянству силы зажима  $Q$ .

Эксцентрики изготавливают из конструкционной стали 20Х с цементацией на глубину 0,8...1,2 мм и закалкой до твердости 55...60 HRC.

## §9. Комбинированные зажимные механизмы. Зажимные механизмы многоместных приспособлений.

Комбинированные зажимные механизмы представляют собой комбинацию нескольких элементарных зажимов. Их применение позволяет увеличить значение зажимной силы и изменить направление ее действия, изменить величину хода зажимающего элемента, а также закрепить заготовку одновременно в нескольких местах и направлениях.

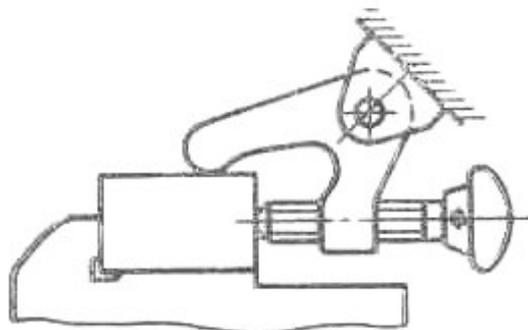


Рисунок. Комбинированный зажим.

Часто используемой разновидностью комбинированных зажимов являются рычажно-шарнирные зажимные механизмы.

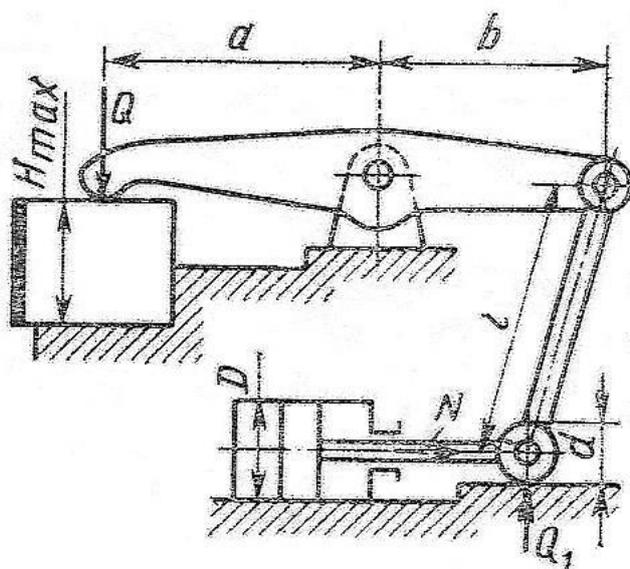


Рисунок. Однорычажный шарнирный зажимной механизм с роликом  
1 - пневмоцилиндр, 2 - ролик, 3 - рычаг, 4 - распорное звено.

При перемещении штока пневмоцилиндра вправо распорное звено занимает положение близкое к вертикальному, в результате чего рычаг закрепляет заготовку.

Если не учитывать силы трения

$$P = N / \operatorname{tg} \alpha ,$$

где  $\alpha$  - угол между распорным звеном и вертикалью в момент закрепления заготовки, конструктивно принимается равным  $10 \dots 15^\circ$ .

При таком значении  $\alpha$  сила  $P$  будет значительно превышать силу  $N$ .

Недостаток таких зажимов - малая величина рабочего хода зажимного элемента, поэтому в конструкцию таких зажимных устройства часто вводят элемент для регулировки хода

Зажимные механизмы многоместных приспособлений должны обеспечивать равномерное и одновременное закрепление всех заготовок, устанавливаемых в приспособление.

Если в многоместных приспособлениях сила зажима передаётся от одной заготовки к другой (последовательная схема передачи зажимной силы), то при достаточном уси-

лии, развиваемом приводом, все заготовки будут надёжно закреплены. Примером такого приспособления может служить оправка, на которую устанавливается пакет заготовок (штулок, колец и подобных), закрепляемых по торцевой поверхности гайкой, или машинные тиски, в которых закрепляется набор пластин.

Если заготовки в приспособлении закрепляются параллельно действующими силами, то необходимы определённые конструктивные решения для обеспечения равенства силы зажима для всех заготовок.

С этой целью в многоместных приспособлениях могут применяться зажимные элементы с гидропластмассой.

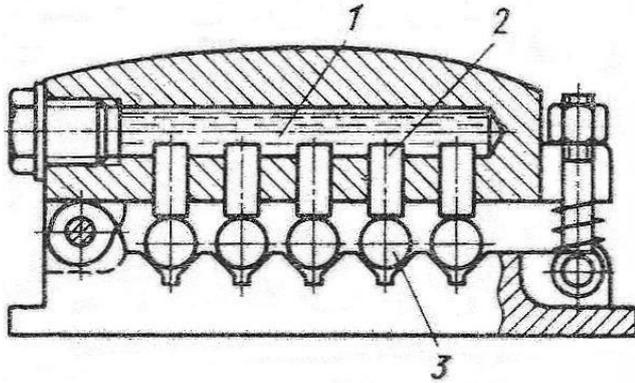


Рисунок. Зажимное устройство с гидропластмассой.

1 - замкнутая полость, заполненная гидропластмассой, 2 - плунжер,  
3 - заготовки.

Гидропластмасса - вещество сочетающее в себе свойства жидкости (передавать давление в любую точку без изменения) и твёрдого тела (не просачиваться в зазоры сопряжений)

При закреплении винтовым зажимом гидропластмасса равномерно давит на плунжеры и обеспечивает постоянство зажимной силы для всех заготовок вне зависимости от их размеров.

## Тема 4. САМОЦЕНТРИРУЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ

В том случае, когда обрабатываемую заготовку необходимо базировать по оси или плоскости симметрии применяют самоцентрирующие механизмы (центрирующие зажимы). Установочные элементы подобных механизмов подвижны в направлении зажима, а их относительное перемещение осуществляется одновременно и с высокой точностью.

К самоцентрирующим механизмам относятся:

1. Патроны различных конструкций.
2. Разжимные оправки различных конструкций.
3. Самоцентрирующие тиски.

Основными характеристиками центрирующих зажимов являются:

1. Точность центрирования, то есть точность совмещения оси приспособления с осью базовой поверхности заготовки.
2. Величина рабочего хода зажимных элементов, определяющая степень универсальности механизма.
3. Точность, которую должна иметь базовая поверхность заготовки.
4. Усилие создаваемое механизмом.

Перечисленные характеристики находятся во взаимосвязи друг с другом, например для обеспечения высокой точности центрирования базовая поверхность заготовки должна иметь высокую точность

### §1. Кулачковые самоцентрирующие патроны и оправки

Самоцентрирующие патроны, как правило, выполняются трехкулачковыми, но бывают двух и четырех кулачковые конструкции.

В условиях единичного и мелкосерийного производства применяются универсальные патроны ключевого типа, приводимые в действие вручную. Точность центрирования 0,1 - 0,2 мм, а при высокой точности изготовления до 0,05 мм.

Патроны таких конструкций позволяют закреплять заготовки диаметром от десятков до сотен миллиметров. Существенным их недостатком являются большие затраты времени на закрепление и открепление заготовки.

В условиях серийного, крупносерийного и массового производства применяются кулачковые патроны механизированного типа. По конструкции они бывают: клиновые, рычажно-клиновые и рычажные.

В качестве силового привода применяются пневмо и гидроцилиндры, расположенные на заднем конце шпинделя (для тяжелых токарных работ, а также на станках с ЧПУ часто используется привод от электродвигателя). С патроном привод соединяется тягой проходящей через отверстие шпинделя.

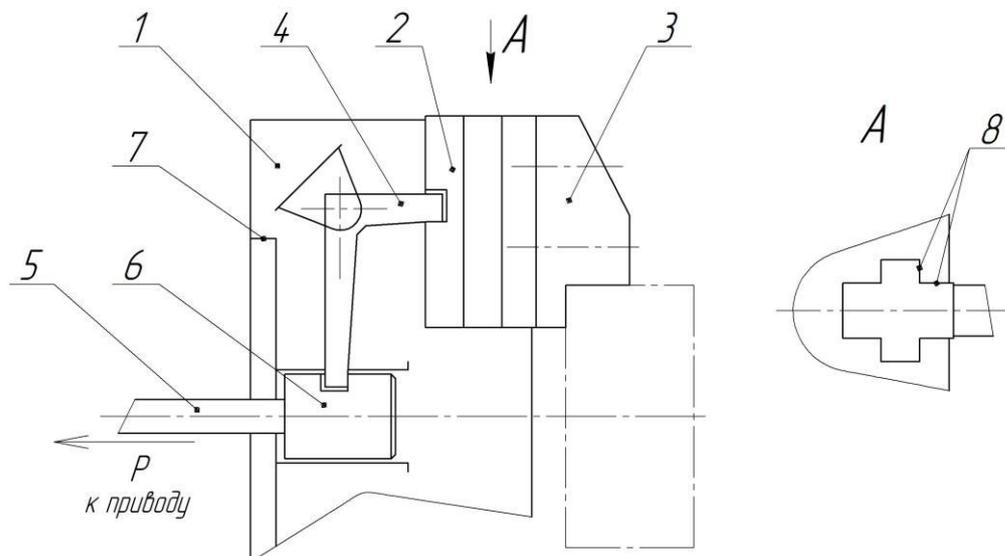


Рисунок. Рычажный самоцентрирующий патрон

- 1 - корпус, 2 - постоянный кулачѐк, 3 - сменный кулачѐк,  
 4 - рычаг, 5 - тяга, 6 - муфта (перемещается по точному центральному отверстию корпуса), 7 - центрирующий поясok для установки на шпиндель,  
 8 - крестообразные направляющие постоянного кулачка.

При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра муфта перемещается влево (к шпинделю) и поворачивает рычаги. В результате кулачки перемещаются к центру патрона, осуществляется центрирование и закрепление заготовки.

Сменные кулачки прикрепляются к постоянным винтами. Для более надежной их фиксации между кулачками предусмотрены рифления или шпонка.

Ход кулачков патрона в зависимости от его размера составляет 6 - 12 мм.

При необходимости обработать другие заготовки патрон переналаживается путѐм перестановки сменных кулачков или установки кулачков другой конструкции, это требует значительных затрат времени, поэтому подобные патроны не применяются в условиях единичного производства.

Точность центрирования 0,1 - 0,2 мм. Для увеличения точности центрирования (до 0,02 мм) применяют сырые (незакаленные) кулачки, растачиваемые на диаметр базовой поверхности непосредственно перед обработкой партии деталей.

Кулачковые оправки

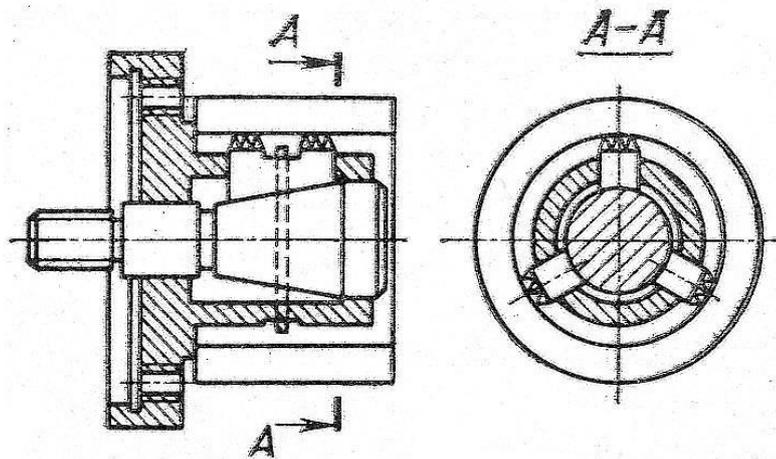


Рисунок. Кулачковая оправка.

- 1 - кулачѐк, 2 - ползун, 3 - кольцевая пружина для возврата кулачков в исходное положение при откреплении заготовки, 4 - корпус.

Ползун перемещается по точному центральному отверстию корпуса. При перемещении ползуна влево за счет взаимодействия его конической поверхности с кулачками, последние получают радиальное перемещение в результате чего центрируют и закрепляют заготовку.

Точность центрирования 0,1 - 0,2мм.

Ход кулачков позволяет закрепить заготовки с широким полем допуска и даже разных номиналов диаметров. Подобные оправки применяют для черновой обработки толстостенных заготовок, при установке по необработанным или предварительно обработанным отверстиям.

Кулачковые патроны и оправки являются стандартными и изготавливаются централизованно по соответствующим ГОСТам. Но применяются и специальные патроны и оправки данного типа.

## §2. Цанговые центрирующие зажимы

Цанга - разрезная пружинящая гильза применяемая для закрепления заготовок по наружной или внутренней цилиндрической поверхности, изготавливаются из инструментальных (У9А, У10А, ХВГ) и пружинных сталей (65Г, 60С2) с закалкой до твердости: губки 58...62 HRC, хвостовик 40...45 HRC.

Чаще всего цанги применяют для закрепления заготовок из проката.

Количество лепестков цанги от 3 до 6 (при большом диаметре).

Обычно применяются цанги с углом  $\alpha = 30...40^\circ$ . При меньших углах цанги выше точность центрирования и надежнее закрепление заготовки, но уменьшается радиальное перемещение лепестков и возможно заклинивание.

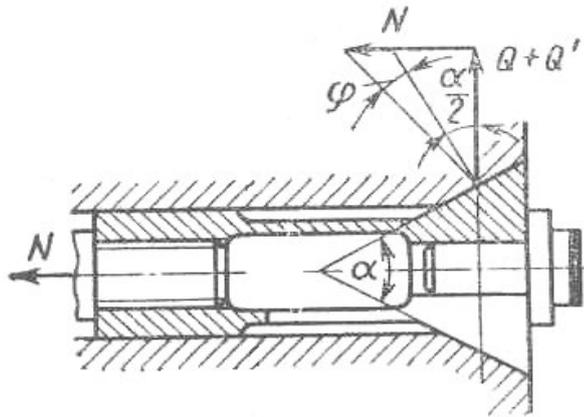


Рисунок. Цанговый центрирующий зажим.

При перемещении цанги влево ее лепестки взаимодействуя с конусом корпуса сходятся, центрируя и закрепляя заготовку.

При закреплении заготовка вместе с лепестками цанги перемещается в осевом направлении на величину

$$y = \frac{S}{2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)},$$

где  $S$  - диаметральный зазор между заготовкой и цангой.

Поскольку величина зазора для различных заготовок из партии непостоянна и зависит от допуска на диаметр базовой поверхности заготовки ( $\delta$ ), при установке в цангу имеет место погрешность закрепления.

$$\varepsilon_3 = \frac{\delta}{2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)},$$

Для точной установки по длине применяют цанги с осевым упором или цанги, у которых при закреплении лепестки имеют только радиальное перемещение.

Силу привода цанги согласно рисунку можно определить по формуле:

$$N = (Q + Q') \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right),$$

где  $Q$  - необходимая сила закрепления заготовки,

$Q'$  - сила необходимая для предварительной деформации лепестков цанги до момента их касания с заготовкой,

$\varphi$  - угол трения в контакте цанги и корпуса,

$\alpha$  - угол цанги.

Точность центрирования в цанговых механизмах 0,02 - 0,05 мм.

Заготовка должна иметь базовую поверхность не грубее 10 качества точности.

### §3. Самоцентрирующие механизмы с гидропластмассой

Гидравлические самоцентрирующие механизмы представляют собой тонкостенную оболочку, разжимаемую или сжимаемую (в зависимости от базовой поверхности) под действием гидропластмассы.

Плунжер, перемещаясь вправо, создает в гидропластмассе давление, в результате чего тонкостенная втулка деформируется (увеличивается в диаметре), центрируя и закрепляя заготовку.

Втулка выполняется из пружинных сталей 65Г, 60С2 и имеет твердость 40...45 HRC.

Точность центрирования 0,005...0,01 мм.

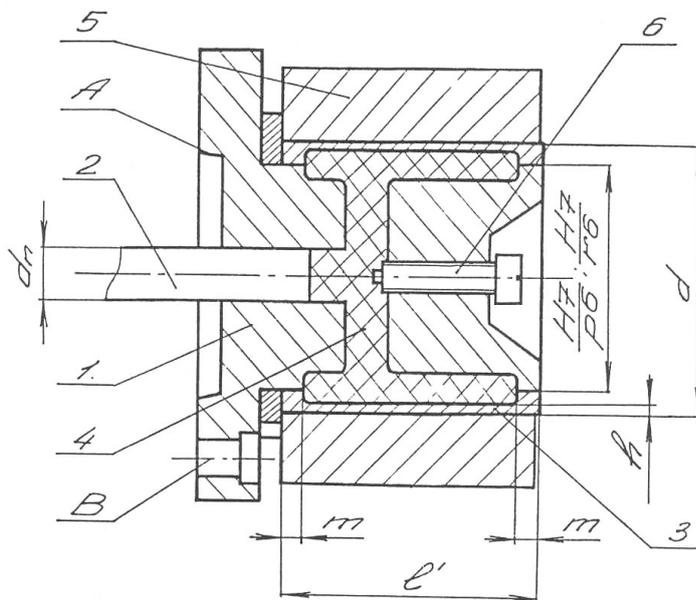


Рисунок. Оправка с гидропластмассой.

1 - корпус, 2 - плунжер, 3 - тонкостенная втулка, 4 - гидропластмасса, 5 - заготовка, 6 - предохранительный винт.

Базовая поверхность заготовки должна быть не грубее 7 - 8 квалитета (для обеспечения высокой точности центрирования, а также потому, что степень деформации тонкостенной втулки незначительна и при более грубых допусках возможно недостаточно точное центрирование и надежное закрепление заготовки, порча тонкостенной втулки).

Гарантированный зазор для установки заготовки 0,01...0,03 мм.

Сила закрепления равномерно распределяется по всей базовой поверхности, поэтому данные механизмы применяются при обработке нежестких тонкостенных заготовок (гильз, втулок и других).

При расчёте механизма последовательно определяют:

1. Необходимое давление в гидропластмассе:

$$p = \frac{Q}{l \cdot \pi \cdot d \cdot \phi} + p_{\text{доп}},$$

где Q - сила закрепления заготовки,

l, d - соответственно длина и диаметр базовой поверхности,

$\phi$  - коэффициент, показывающий какая часть длины l заготовки находится в контакте с тонкостенной втулкой,

$p_{\text{доп}}$  - дополнительное давление необходимое для деформации тонкостенной втулки до момента её касания с заготовкой.

2. Усилие, которое должен развивать привод:

$$N = p \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{пл}}^2}{4},$$

где  $d_{\text{пл}}$  - диаметр плунжера.

3. По найденной величине p определяется напряжение во втулке, выбирается её материал и термообработка.

#### §4. Мембранные самоцентрирующие патроны

В качестве упругого элемента в мембранных патронах применяется мембрана. Это пластина круглой формы с приваренными или механически закреплёнными на её поверхности кулачками.

Мембраны изготавливают из пружинных сталей 65Г, 60С2 закаленных до твердости 40...45 HRC.

Закрепление заготовки осуществляется силами упругости мембраны. Открепление - под действием осевой силы, создаваемой, как правило, пневмоприводом или винтом. При

открепления мембрана прогибается выпуклостью от шпинделя, кулачки патрона расходятся делая возможным снятие обработанной и установку следующей заготовки.

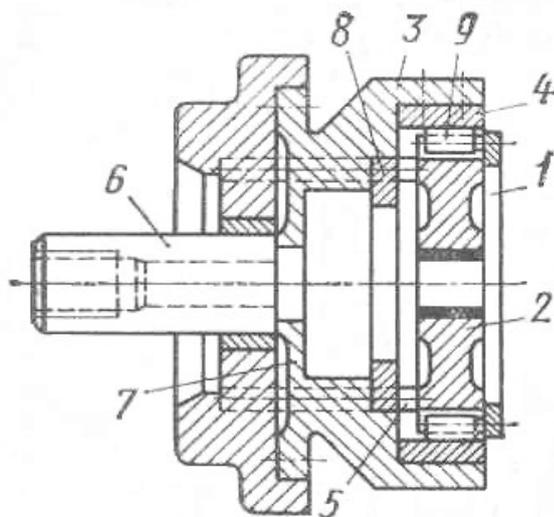


Рисунок. Мембранный патрон.

1 - обойма, 2 - зубчатое колесо, 3 - кулачек с мембраной, 4 - сухарь, прикрепленный к кулачку, 5 - упоры для фиксации осевого положения заготовки, 6 - шток силового привода, 8 - распорное кольцо, 9 - ролики.

Применяются мембранные патроны с числом кулачков 6...12.

При меньшем количестве кулачков надёжнее закрепление, при большем, в результате равномерного распределения силы зажима по базовой поверхности минимальны деформации обрабатываемой заготовки.

При установке заготовок по отверстию используются патроны, работающие в тянущем режиме. В таких патронах при откреплении заготовки под действием штока мембрана прогибается выпуклостью к шпинделю.

Точность центрирования 0,003...0,005 мм. Для увеличения точности кулачки шлифуются в собранном состоянии.

Точность базовой поверхности заготовок, устанавливаемых в приспособление, не грубее 7...8 квалитета точности.

### §5. Центрирующие зажимы с тарельчатыми пружинами и гофрированными втулками

Механизмы с тарельчатыми пружинами предназначены для установки заготовок по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям. Тарельчатая пружина представляет собой коническое кольцо сплошное либо с радиальными прорезями для увеличения эластичности.

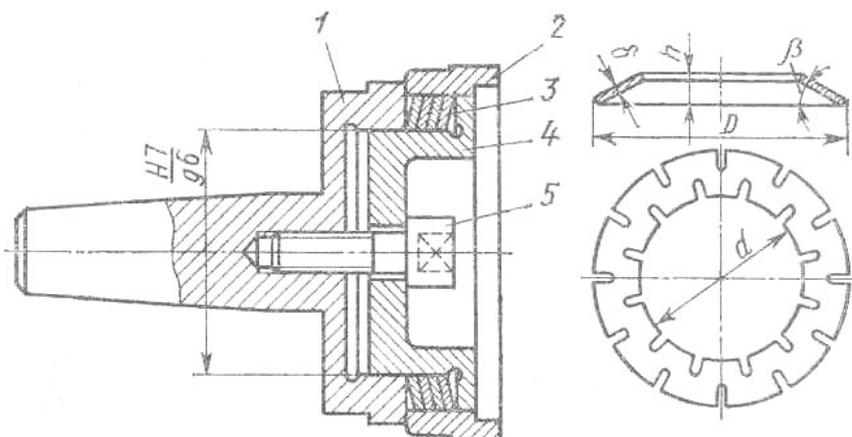


Рисунок. Механизм с тарельчатыми пружинами.

1 - корпус, 2 - заготовка, 3 - набор тарельчатых пружин, 4 - втулка, 5 - зажимной винт.

В результате приложения осевой силы наружный диаметр колец увеличивается, а внутренний уменьшается; происходит центрирование и закрепление заготовки, при этом пружины расположены таким образом, что заготовка поджимается базовым торцом к приспособлению, что обеспечивает постоянство положения всех заготовок из обрабатываемой партии в осевом направлении.

Тарельчатые пружины изготавливаются из инструментальных (У9А, У10А, ХВГ) и пружинных сталей (65Г, 60С2) с закалкой до твердости 40...45 HRC.

Необходимую осевую силу для деформации пружин находят по приближенной формуле:

$$P = Q \cdot 1,33 \cdot \operatorname{tg} \alpha ,$$

где 1,33 - коэффициент, учитывающий потери на трение.

Точность центрирования 0,01...0,02 мм. Для повышения точности наружную поверхность колец шлифуют в деформированном состоянии.

Точность базовой поверхности заготовок не грубее 11 квалитета.

При проектировании подобных приспособлений необходимо учитывать, что наружный диаметр кольца при деформации увеличивается на 0,1...0,4 мм.

Механизмы с гофрированными втулками по конструкции подобны механизмам с тарельчатыми пружинами. В качестве упругого элемента в них используются втулки.

При закреплении наружный диаметр втулок увеличивается, а внутренний – уменьшается, в результате происходит центрирование и закрепление заготовки

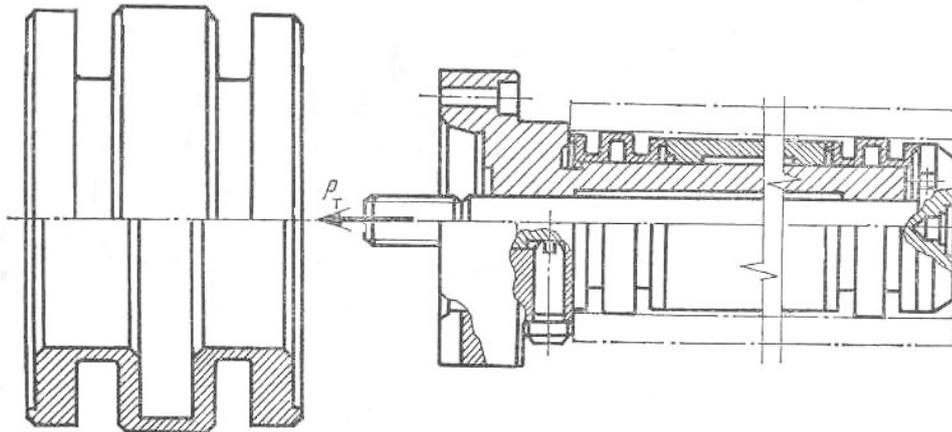


Рисунок. Гофрированная втулка. Оправка с гофрированными втулками.

Точность центрирования 0,005...0,01 мм.

Точность базовой поверхности не грубее 7...8 квалитета.

Гарантированный зазор для установки заготовок составляет 0,02...0,04 мм.

При установке по длинной цилиндрической поверхности применяются самоцентрирующие механизмы с двумя гофрированными втулками или двумя пакетами тарельчатых пружин.

## Тема 5. СИЛОВЫЕ УЗЛЫ И УСТРОЙСТВА ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

### §1. Пневматический привод

В настоящее время пневматические силовые узлы наиболее распространены. Они имеют следующие преимущества:

1. Высокое быстродействие (0,1...0,3 сек.).
2. Постоянство зажимной силы по сравнению с ручными зажимами.
3. Возможность использования пневматической сети предприятия.
4. Относительная простота конструкции (по сравнению с гидроприводом).

К недостаткам привода можно отнести:

1. Для создания большой силы зажима необходимы пневмоцилиндры значительных размеров, что связано с относительно небольшим давлением сжатого воздуха в пневмосети ( $p = 0,4...0,6$  МПа).
2. Невысокая плавность работы.
3. Относительно небольшой КПД  $\approx 0,8...0,85$ .

По конструкции пневматические силовые узлы бывают: встроенные (полость под цилиндр или пневмокамеру создаётся в корпусе приспособления), присоединяемые (крепятся к корпусу винтами, шпильками), агрегатированные (силовой привод выполняется как отдельная конструкция и располагается рядом с приспособлением).

Пневмопривод выполняется в виде пневмоцилиндров и пневмокамер (диафрагменный пневмопривод).

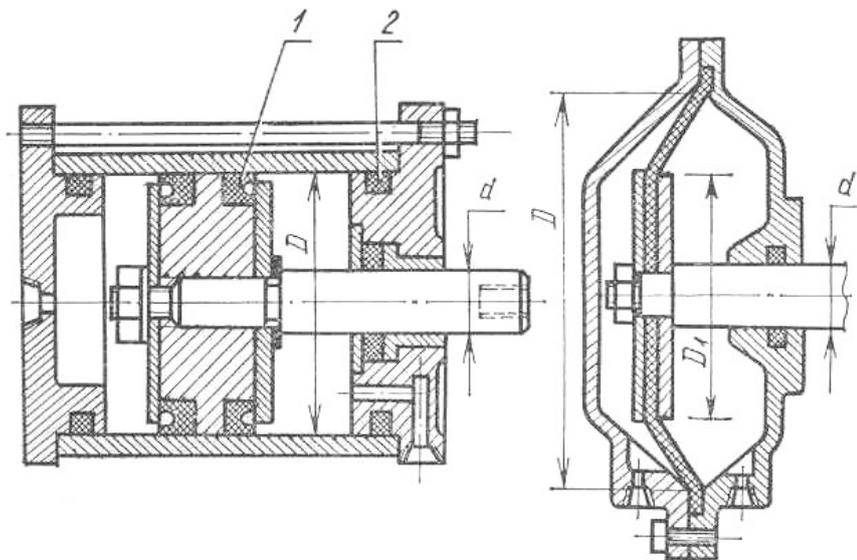


Рисунок. Пневмоцилиндр двухстороннего действия. Пневмокамера.

Пневмокамеры состоят из двух чашек (отлитых или штампованных) и диафрагмы, выполненной из резины или прорезиненной ткани. При подаче воздуха в ту или иную полость пневмокамеры диафрагма прогибается и на штоке возникает усилие.

Пневмокамеры просты по конструкции и в изготовлении, так как в конструкции отсутствуют трущиеся сопрягаемые поверхности, она имеет большой ресурс работы.

К недостаткам пневмокамер можно отнести малую величину рабочего хода, непостоянство силы зажима (она зависит от степени деформации диафрагмы и для разных заготовок разная).

Пневмоцилиндры бывают двухстороннего и одностороннего действия. Первые могут создавать усилие в двух направлениях (то есть могут работать в толкающем или в тянущем режиме), вторые создают усилие лишь в одном направлении.

Цилиндры одностороннего действия имеют меньший расход сжатого воздуха, но большие габариты (за счёт пружины), их нельзя использовать в зажимных механизмах имеющих в своем составе самотормозящие элементы (усилие развиваемого пружиной недостаточно для разжима и возврата зажимного механизма в исходное положение).

При расчёте пневмоцилиндра основным определяемым параметром является его

диаметр  $D$ .

В качестве исходной формулы при расчете используются.

а) для пневмоцилиндров двухстороннего действия:

при подаче воздуха в бесштоковую полость:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p_v \cdot \eta ,$$

при подаче воздуха в штоковую полость:

$$Q = \frac{\pi \cdot (D^2 - d_{шт}^2)}{4} \cdot p_v \cdot \eta ,$$

б) для пневмоцилиндров одностороннего действия:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p_v \cdot \eta - P_{пруж} ,$$

где  $Q$  - усилие которое должен развивать пневмоцилиндр,

$d_{шт}$  - диаметр штока,

$p_v$  - давление воздуха в пневмосети,

$\eta$  - коэффициент полезного действия пневмопривода,

$P_{пруж}$  - сила сжатия возвратной пружины.

Найденную величину  $D$  округляют в большую сторону до стандартного значения.

По диаметру цилиндра и необходимой величине рабочего хода выбирают стандартный пневмоцилиндр.

В конструкцию пневмопривода помимо пневмоцилиндров и трубопроводов входят распределительные краны и клапаны, влагоочистители (воздух обязательно должен быть сухим), маслораспылители, обратные клапаны и реле давления.

## §2. Гидравлические силовые узлы.

По конструкции гидропривод аналогичен пневмоприводу, а именно пневмоцилиндром:

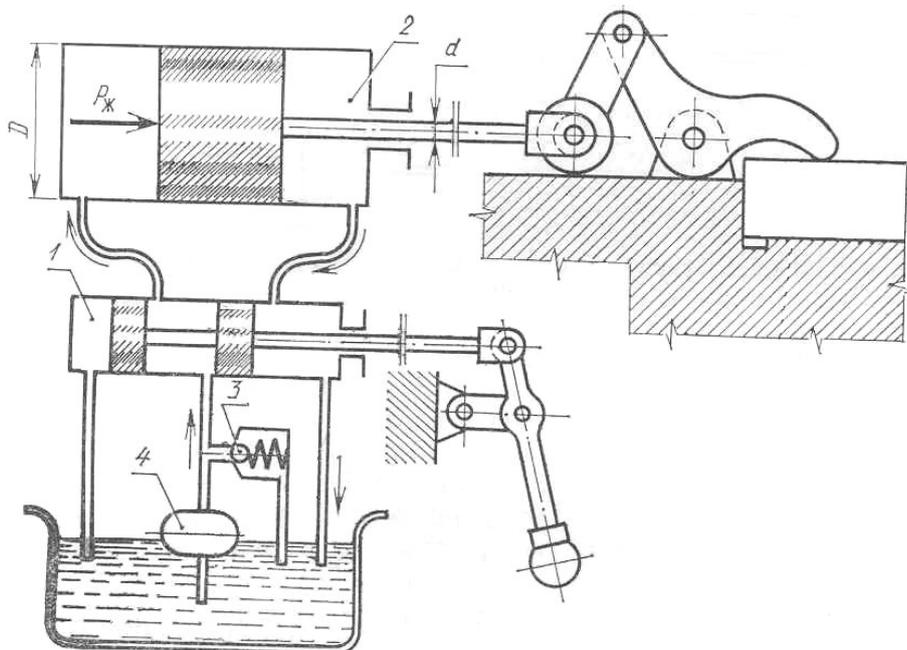


Рисунок. Схема гидропривода.

- 1 - распределитель, 2 - гидроцилиндр, 3 - предохранительный клапан,  
4 - гидронасос (шестерёнчатый или поршневой).

К преимуществам гидравлических приводов относятся:

1. Возможность создать очень большие зажимные силы при незначительных габаритах (давление масла в гидросистеме составляет  $p = 5 \dots 10$  МПа иногда до 20 МПа). Это дает возможность создавать зажимные механизмы без промежуточных усилительных

элементов.

2. Постоянство зажимной силы.
3. Плавность работы.
4. Высокий КПД (0,9...0,95).

К недостаткам привода можно отнести:

1. Относительно невысокое быстродействие.
2. Невозможность использования пневмосети предприятия.
3. Необходимость в индивидуальной или групповой насосной станции.
4. По конструкции гидропривод более сложен чем пневматические силовые узлы.

В качестве рабочей жидкости обычно используются индустриальные масла, при большом давлении и температуре - турбинные масла.

Для того чтобы в процессе обработки, когда заготовка закреплена в приспособлении, можно было отключить гидронасос в гидропривод вводят гидроаккумулятор.

Последовательность расчёта гидропривода:

Определяется диаметр гидроцилиндра. При этом расчет выполняется по тем же формулам, что и для пневматических цилиндров, с той разницей, что

$p$  - давление масла 5...10 МПа,

$\eta$  - коэффициент полезного действия гидропривода.

Найденную величину  $D$  округляют в большую сторону до стандартного значения, и зная необходимую величину рабочего хода выбирают стандартный гидроцилиндр.

При расчёте гидропривода приходится определять некоторые характеристики гидростанции:

а) производительность гидростанции:

$$q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{L}{t \cdot \eta'}, \text{ л/мин,}$$

где  $L$  - рабочий ход штока,

$t$  - время срабатывания,

$\eta'$  - коэффициент учитывающий утечки масла.

б) мощность потребляемую насосом:

$$N = p \cdot \frac{q}{\eta_M}, \text{ кВт,}$$

где  $\eta_M$  - коэффициент полезного действия насоса.

### §3. Пневмогидравлический привод.

Пневмогидравлический привод представляет собой сочетание пневматического и гидравлического приводов.

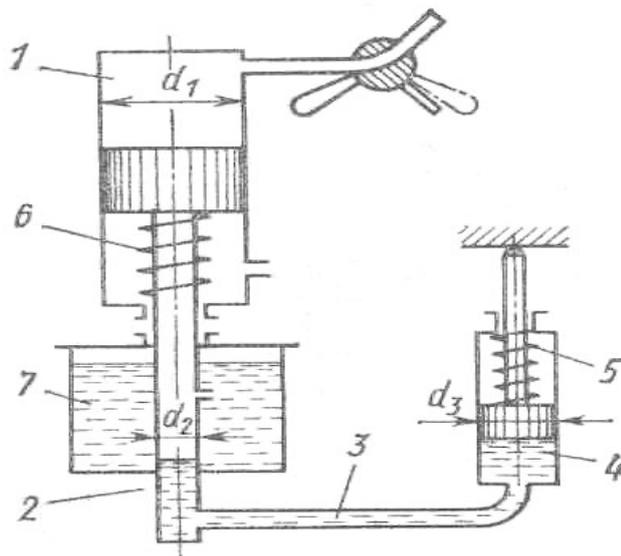


Рисунок. Пневмогидравлический привод

1 - пневмоцилиндр, 2 - гидроцилиндр для создания давления в масле,  
3 - трубопровод, 4 - рабочий гидроцилиндр,  
5 и 6 - возвратные пружины, 7 - резервуар с маслом.

К преимуществам данного привода можно отнести:

1. Возможность создать большие зажимные усилия при относительно небольших габаритах.
2. Возможность использовать пневмосеть предприятия.
3. Достаточное быстродействие.

Недостаток - относительно низкий КПД ( $\approx 0,75...0,8$ ).

Давление масла в гидроцилиндре составляет

$$p_2 = \frac{4 \cdot N}{\pi \cdot d^2},$$

где  $N$  - усилие развиваемое пневмоцилиндром,

$d$  - диаметр плунжера, создающего давление в масле.

Усилие развиваемое гидроцилиндром привода

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p_2 = N \cdot \frac{D^2}{d^2},$$

где  $D$  - диаметр гидроцилиндра.

С учетом суммарного коэффициента полезного действия  $\eta$ , учитывающего потери во всех звеньях механизма получим

$$Q = N \cdot \frac{D^2}{d^2} \cdot \eta,$$

Величина  $D^2/d^2 \approx 16...20$  называется коэффициентом усиления и показывает во сколько раз усилие на выходе силового привода больше силы развиваемой пневмоцилиндром.

Недостаток подобных конструкций малая величина хода гидроцилиндра. Поэтому на практике используют пневмогидравлический привод с блоком низкого давления. Сначала происходит предварительное закрепление заготовки блоком низкого давления (при этом масло находится под давлением равным давлению воздуха в пневмосети), затем окончательное закрепление блоком высокого давления.

Уплотнения пневмо- и гидроцилиндров.

Для пневмоцилиндров с диаметрами свыше 150 мм в качестве уплотнений применяют резиновые и кожаные манжеты. Недостаток таких манжет - большие потери на трение, а преимущество - нет необходимости в точной обработке цилиндрической поверхности поршня и цилиндра (посадка H12/d11).

Для уплотнений гидроцилиндров и пневмоцилиндров небольших диаметров применяют резиновые кольца, которые обеспечивают минимальные потери на трение, но при этом необходима высокая точность сопрягаемых поверхностей (посадки H8/f8 или H8/f7).

#### §4. Магнитный и электромагнитный привод

Принцип действия привода заключается в следующем: магнитный поток, создаваемый постоянным или электромагнитом, замыкается через заготовку, закрепляя ее. При способление с таким приводом выполняются в виде плит, планшайб, иногда патронов.

Преимущества привода

1. Высокое быстродействие.
2. Возможность одновременного закрепления нескольких заготовок.
3. Сила зажима равномерно распределяется по всей установочной поверхности, поэтому закрепление нежестких заготовок происходит с минимальными деформациями.
4. Хороший доступ режущего инструмента к обрабатываемым поверхностям.

Недостатки привода

1. Невозможность закрепления заготовок из немагнитных материалов.
2. Сила зажима, развиваемая магнитными приводами, невелика и позволяет выполнять

операций чистовой и отделочной обработки. На предварительном этапе расчетов можно принять, что давление в стыке заготовка - плита составляет 0,8 МПа.

Для электромагнитного привода к недостаткам также относится возможность аварийной ситуации при отключении тока, а также наличие в обработанных заготовках остаточных магнитных свойств. При работе в собранном узле они притягивают продукты износа стальных и чугунных деталей, вызывая ускоренное изнашивание механизма. Поэтому такие заготовки необходимо размагничивать. Размагничивание осуществляют в переменном магнитном поле, интенсивность которого постепенно уменьшается от максимума до нуля.

Сила закрепления в очень большой степени зависит от величины воздушной прослойки между плитой (планшайбой) и заготовкой, поэтому желательно, чтобы базовая поверхность заготовки была чисто обработанной и имела минимальную шероховатость.

Рабочие поверхности плит и планшайб выполняются с шероховатостью Ra 0,2...0,8.

Питание электромагнитных приводов производится постоянным током от мотор-генераторов или выпрямителей.

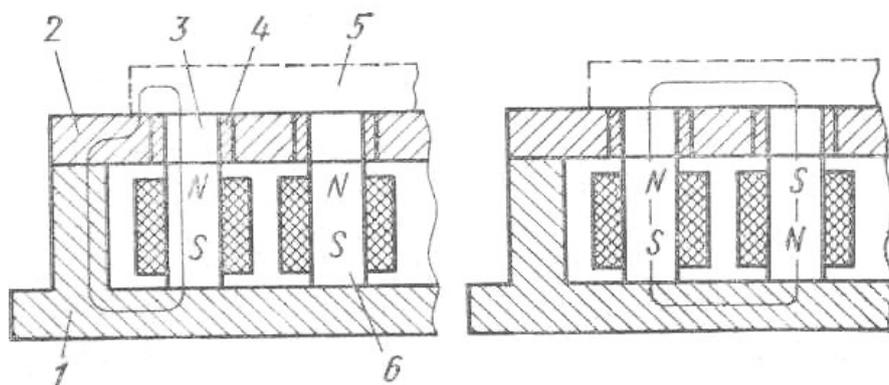


Рисунок. Электромагнитный привод.

1 - сердечник, 2 - обмотка, 3 - изоляция полюса, 4 - крышка, 5 - корпус.

В зависимости от последовательности подключения обмоток электромагнитов возможны две схемы прохождения магнитного потока.

1. Если начала всех обмоток соединены с плюсом (минусом) источника тока, то магнитный поток во всех электромагнитах имеет одно направление и замыкается через заготовку на корпус. При этом корпус для улучшения его магнитных свойств желательно выполнять из стали, что менее технологично, чем изготовление корпуса из чугуна.
2. Если магнитные потоки в соседних электромагнитах разнонаправлены, то они замыкаются через заготовку друг на друга. В этом случае корпус не является магнитопроводом и может быть выполнен из любого материала. Недостаток подобной схемы - невозможность закрепления мелких деталей, размер которых меньше расстояния между полюсами.

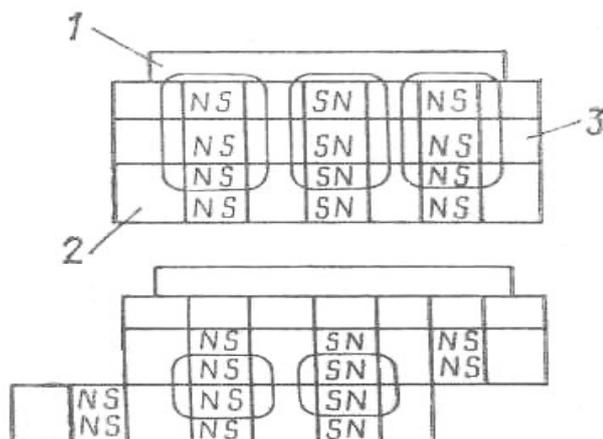


Рисунок. Привод с постоянными магнитами.

1 - заготовка, 2 - неподвижный блок, 3 - подвижный блок.

Основными преимуществами приводов с постоянными магнитами является автономность их действия (будучи однажды намагничены они сохраняют свою работоспособность в течение длительного времени и не требуют дополнительных источников энергии), а также безаварийность в случае отключения тока.

Каждый из блоков состоит из постоянных магнитов.

При смещении подвижного блока на величину шага ( $t$ ) поток замыкается внутри плиты и заготовка открепляется.

Технологические возможности приспособлений с магнитными приводами могут быть расширены:

1. Применением быстросменных наставок, позволяющих установить на магнитную плиту заготовки с неплоской базовой поверхностью, а также придать заготовке разные угловые положения. Наставка состоит из стальных пластин отделенных друг от друга немагнитными прокладками и скрепленных в общий блок медными или латунными заклепками.
2. Применением упоров, воспринимающих тангенциальную составляющую силы резания, что дает возможность использовать такие приспособления и при черновой обработке.
3. Также могут применяться переходные блоки, позволяющие изменять размеры и расположение полюсов плиты (блоки с мелкими и часто расположенными полюсами), что позволяет закреплять нежесткие заготовки и заготовки небольших размеров.

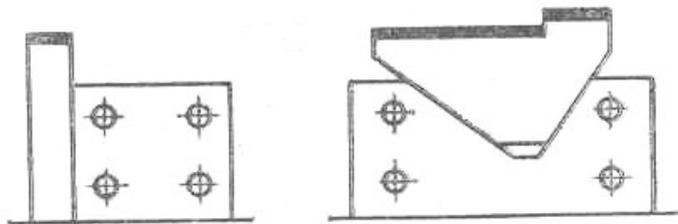


Рисунок. Быстросменные наставки.

### §5. Привод от электродвигателя.

Привод от электродвигателя применяется в станках токарно-револьверной группы (в том числе и станках с ЧПУ), агрегатных станках, в тяжёлом машиностроении для создания больших сил зажима.

Преимущества привода:

1. Достаточное быстродействие.
2. Нет необходимости в подводе к станку дополнительного источника энергии.

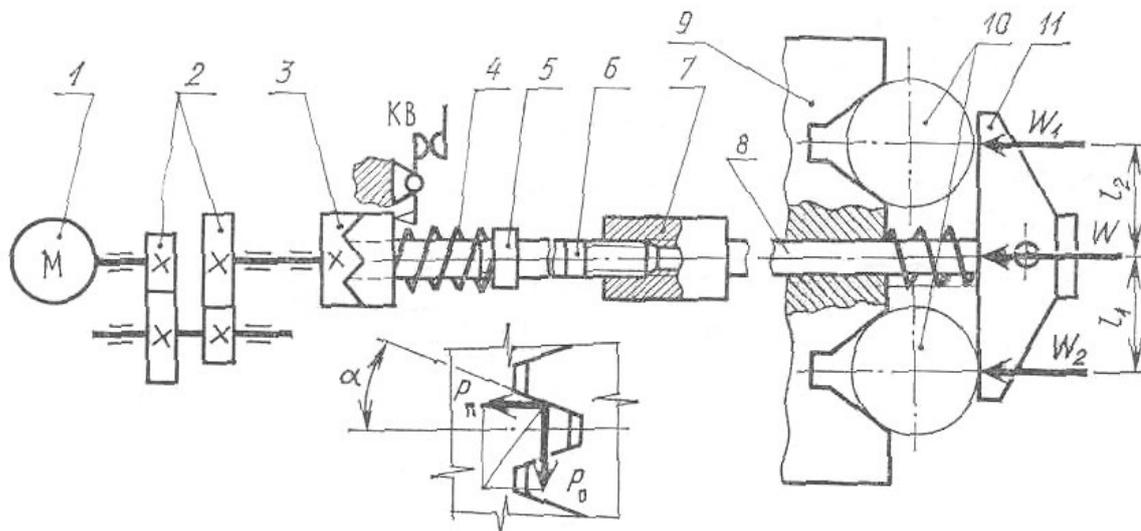


Рисунок. Привод от электродвигателя.

- 1 - электродвигатель, 2 - редуктор, 3 - зубчатая муфта, 4 - пружина,  
 5 - гайка для регулировки степени сжатия пружины,  
 6 и 7 - передача винт-гайка, 8 - тяга зажимного механизма,  
 9 - призмы приспособления, 10 - заготовки, 11 - рычажный зажим/

По достижении требуемой силы зажима подпружиненная часть муфты начинает проскальзывать и перемещаться вправо, замыкает конечный выключатель, который отключает двигатель. Силу зажима можно регулировать, меняя степень сжатия пружины.

При расчете привода по величине силы зажима  $W$  определяют момент на винте  $M$ , который одновременно является моментом передаваемым регулируемой муфтой. Зная момент  $M$  можно определить силу предварительной затяжки пружины.

$$P_{II} = \frac{M}{r_{cp}} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) ,$$

где  $r_{cp}$  - средний радиус расположения зубчатого венца муфты,

$\alpha$  - угол зуба муфты,

$\varphi$  - угол трения на поверхностях контакта зубьев ( $10^\circ$ ).

§6. Привод, использующий силы, возникающие в процессе обработки.

Центробежно-инерционный привод.

Для закрепления заготовки используются инерционные силы вращающихся грузов.

Особенности привода

1. Быстродействие.
2. Автоматизация процесса закрепления и открепления заготовки.
3. Отсутствие необходимости в дополнительном источнике энергии, для приведения зажимного механизма приспособления в действие.

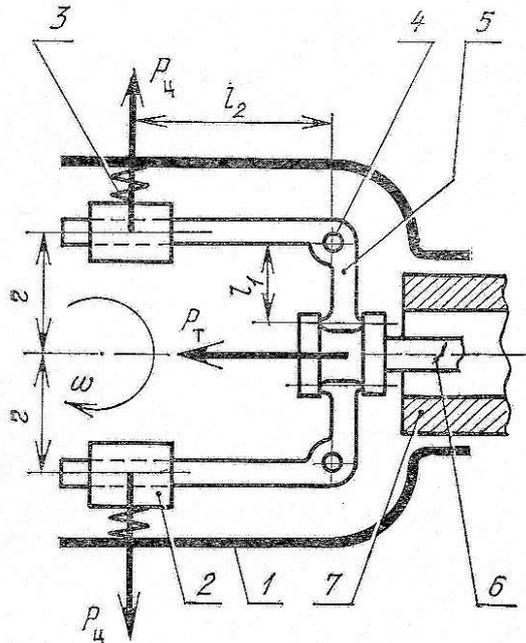


Рисунок. Привод от электродвигателя.

- 1 - кожух, 2 - груз, 3 - пружина, 4 - опора рычага, 5 - рычаг,  
 6 - тяга, 7 - шпиндель станка.

Центробежная сила, развиваемая одним грузом

$$P_{ц} = m \cdot r \cdot \omega^2 ,$$

где  $m$  - масса груза,

$r$  - радиус окружности вращения грузов,

$\omega$  - угловая скорость вращения шпинделя,

Тяговое усилие, развиваемое приводом

$$P_T = (P_{ц} - P_{пр}) \cdot n \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot \eta ,$$

где  $P_{пр}$  - сила сопротивления пружины,

$n$  - число грузов,

$l_1$  и  $l_2$  - плечи рычага,

$\eta$  - коэффициент полезного действия механизмов.

Привод, приводимый в действие механизмом подачи.

Привод данного типа, в основном используется на сверлильных станках.

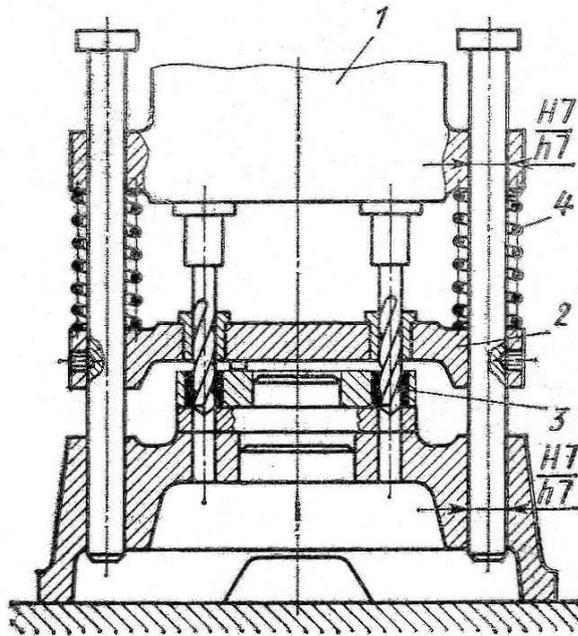


Рисунок. Зажимное устройство, действующее от сил подачи.

1 - многошпиндельная головка, 2 - кондукторная плита с втулками,  
3 - заготовка, 4 - пружина.

При опускании шпиндельной головки кондукторная плита подходит к заготовке. При дальнейшем опускании за счет сжатия пружин заготовка закрепляется.

Преимущества привода - автоматизм действия и отсутствие необходимости в дополнительном источнике энергии, для приведения зажимного механизма в действие

Недостаток подобных устройств - дополнительная нагрузка на механизм подачи станка. Кроме того, невозможна обработка глубоких отверстий.

## Тема 6. КОРПУСНЫЕ ДЕТАЛИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.

### §1. Корпусные детали приспособлений. Способы установки приспособлений на станке.

Корпус - базовая деталь приспособления, объединяющая элементы приспособления в единое целое. На корпус крепятся установочные элементы, зажимные устройства, силовые приводы, детали для направления инструмента, вспомогательные детали и механизмы. Корпус воспринимает силы резания и силы зажима.

Требования к корпусам:

1. Жёсткость и прочность при минимальной массе.
2. Должен обеспечивать быструю и удобную установку и снятие заготовки.
3. Удобство отвода стружки и СОЖ, с этой целью на корпусе часто выполняются наклонные поверхности.
4. Технологичность изготовления.
5. Должен обеспечивать точную установку и закрепление приспособления на станке без выверки.

Последнее особенно важно для условий серийного производства, когда на одном станке выполняется несколько операций обработки и приспособления часто приходится менять.

Способы изготовления корпусов:

1. Литые - наиболее жёсткие корпуса сложной пространственной конфигурации.
2. Сварка из сортового проката, менее жёсткие корпуса, но более технологичны.
3. Корпуса простой конфигурации могут получаться ковкой, а также отрезкой из сортового проката.
4. Сборные корпуса получают соединением путем применения посадок с натягом и резьбой (недостаток - пониженная жёсткость).

Литые корпуса изготавливают из серых чугунов (чаще всего применяют чугун СЧ12). Сварные и сборные корпуса - из конструктивных сталей обыкновенного качества Ст2, Ст3. Корпуса подвижных приспособлений и поворотные части с целью снижения их массы могут изготавливаться из алюминиевых и магниевых сплавов.

Способы установки приспособлений на станок:

А. Приспособления, устанавливаемые на шпиндель станка, могут иметь:

1. Фланцевое крепление. В этом случае приспособление крепится к шпинделю винтами и центрируется по точно выполненной конической или цилиндрической поверхности небольшой длины (пояску).

2. Шпиндельное крепление. Приспособление устанавливается и крепится в коническое отверстие шпинделя с помощью хвостовика с конусом Морзе.

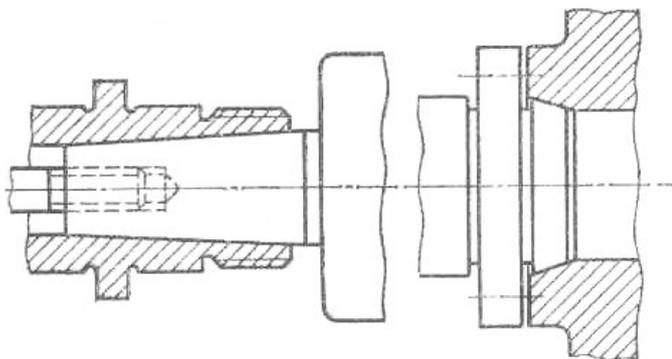


Рисунок. Шпиндельное и фланцевое крепление приспособлений.

При фланцевом креплении возможно крепление через промежуточный фланец. В этом случае фланец устанавливается и центрируется на шпинделе станка по коническому пояску, а приспособление устанавливается на фланец и центрируется на нем по цилиндрическому пояску. В соответствии с этим изготавливаются приспособления, в частности патроны, с непосредственным креплением на фланцевый конец шпинделя и с креплением

через переходный фланец.

Некоторые приспособления, в частности оправки различных конструкций, могут устанавливаться в центра и называются центровыми.

Б. Приспособления, устанавливаемые на стол станка, имеют на своей опорной поверхности направляющие шпонки (призматические или круглые). При установке шпонки контактируют с боковой поверхностью Т - образного паза стола, тем самым без выверки обеспечивается требуемое положение корпуса приспособления в горизонтальной плоскости.

Крепление может осуществляться болтами через проушины в корпусе или прихватами через специальные площадки.

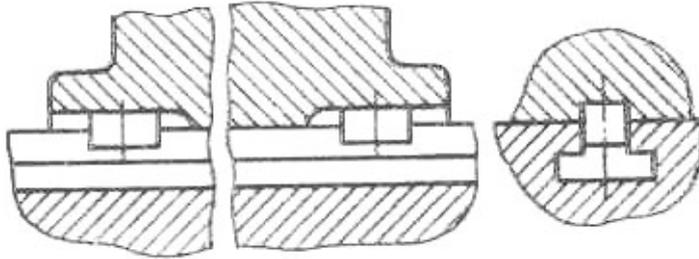


Рисунок. Установка приспособления на стол станка.

Приспособления станков с ЧПУ фрезерно-сверлильно-расточной группы в зависимости от посадочных поверхностей стола станка могут устанавливаться на стол следующими способами:

1. При наличии на столе станка продольных и поперечного Т-образных пазов приспособление базируется шпонками по продольному и поперечному пазу.
2. При наличии на столе продольных пазов и центрального отверстия приспособление устанавливается по центральному отверстию и продольному пазу двумя круглыми шпонками.
3. Если стол станка имеет только продольные пазы, приспособление устанавливается по пазу посредством двух шпонок.

## Тема 7. ДЕТАЛИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ НАПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.

### §1. Кондукторные втулки, их конструкция. Возможное смещение оси отверстия.

При обработке отверстий осевым инструментом (сверлами, зенкерами, развертками) вследствие их недостаточной жесткости точность и производительность обработки невысока.

Использование кондукторных втулок позволяет повысить точность диаметральных размеров обрабатываемых отверстий за счет уменьшения разбивки, повысить точность расположения отверстия относительно технологических баз детали за счет уменьшения увода инструмента, вести обработку на более жестких режимах резания.

По конструкции кондукторные втулки бывают:

1. Постоянные - они запрессовываются в корпус приспособления (посадка H7/n6) и при износе меняются. Такие втулки применяются в единичном и мелкосерийном производстве при незначительном износе.
2. Сменные втулки, применяются в условиях серийного и массового производства. Их устанавливают в постоянные втулки по посадке H7/h6 или H7/g6 и крепят винтом. При износе их легко сменить открутив винт.
3. Быстросменные, применяются если в одном приспособлении отверстие последовательно обрабатывается несколькими инструментами. Их также устанавливают в постоянные втулки, быстрая смена обеспечивается за счет поворота втулки и извлечения ее через прорезь соответствующую по форме головке винта.
4. Специальные, например, кондукторные втулки для обработки отверстий на наклон-

ных поверхностях, или для обработки близко расположенных отверстий (в одной втулке выполняется два отверстия для подвода инструмента).

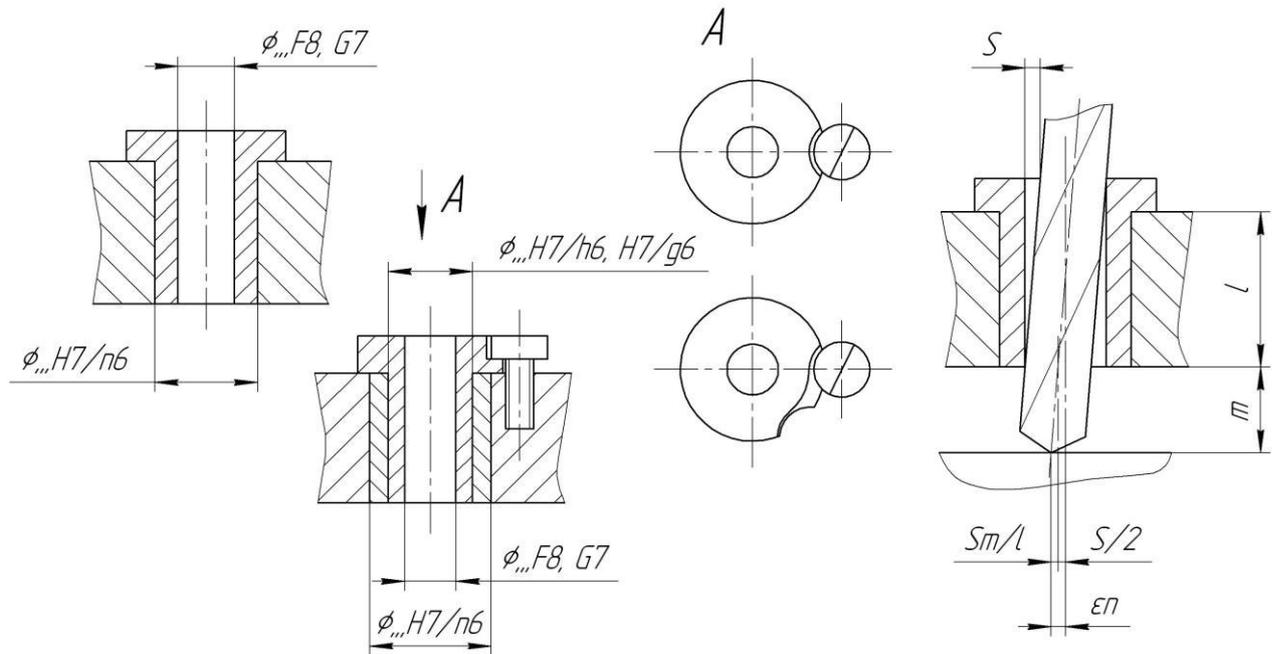


Рисунок. Постоянные, сменные, быстросменные кондукторные втулки.  
Погрешность положения отверстия при обработке с использованием кондукторных втулок

Допуски на диаметр отверстия в кондукторной втулке для прохода сверл и зенкоров устанавливают с полем допуска F8, для прохода разверток - с полем допуска G7.

В процессе эксплуатации втулки интенсивно изнашиваются. При обработке стали и чугуна износ составляет 3...6 мкм на 10 м пути инструмента. На предварительном этапе расчетов приспособления на точность допуск на износ втулки принимают равным допуску на изготовление отверстия во втулке (8 или 7 квалитет точности).

Втулки для отверстий диаметром до 25 мм изготавливают из сталей У10А, У12А с закалкой до HRC 60...65; большего диаметра - из сталей 20, 20Х с последующей цементацией и закалкой до той же твердости.

При расчете на точность приспособлений с кондукторными втулками необходимо учитывать погрешность от перекоса и смещения режущего инструмента. Она показывает, на сколько действительное положение отверстия, полученное при обработке, может отличаться от требуемого. Погрешность определяется по формуле.

$$\varepsilon_{\Pi} = \frac{S}{2} + S \frac{m}{l},$$

где S - максимальный диаметральный зазор между инструментом и втулкой (следует принимать значение зазора соответствующее максимально допустимому износу отверстия во втулке);

l - длина втулки;

m - расстояние между торцом втулки и заготовкой необходимое для выхода стружки, например, при сверлении стали m равно диаметру отверстия.

Вплотную к заготовке втулку не размещают или размещают крайне редко, поскольку в этом случае наблюдается еще более интенсивный ее износ за счет стружки проходящей через отверстие втулки.

Точность отверстий, обрабатываемых с использованием кондукторных втулок, может быть повышена следующими мероприятиями:

1. Использование втулок большой длины.
2. Использованием втулок с отверстием, имеющим поле допуска G7 вместо F8, в этом случае значительно уменьшается зазор между инструментом и отверстием втулки, следовательно, увеличивается точность обработки.
3. Уменьшением износа втулок путем более частой их смены или использованием вту-

лок из твердого сплава или с твердосплавными вставками (износостойкость таких втулок выше в 5...8 раз).

Направляющие втулки расточных приспособлений, используются для направления борштанг с расточными резцами. Они выполняются как неподвижными, так и вращающимися.

Для уменьшения износа и увеличения точности обработки предпочтительно применение вращающихся втулок. Они монтируются на подшипниках скольжения или качения. В последнем случае втулки имеют большой диаметр, поэтому лучше использовать игольчатые подшипники с небольшими радиальными размерами.

Для принудительного вращения втулки имеют на внутренней поверхности шпоночный паз, соответственно на борштанге устанавливается шпонка.

## §2. Установы их конструкция и назначение. Копиры

Установы применяются для точной установки инструмента относительно установочных элементов (опор) приспособления. Используются на фрезерных, строгальных, иногда токарных станках.

Настройка с помощью установов называется статической и позволяет обеспечить обработку с точностью до 8...9 качества. С установом часто используется щуп, он предотвращает касание инструмента и установа в процессе обработки.

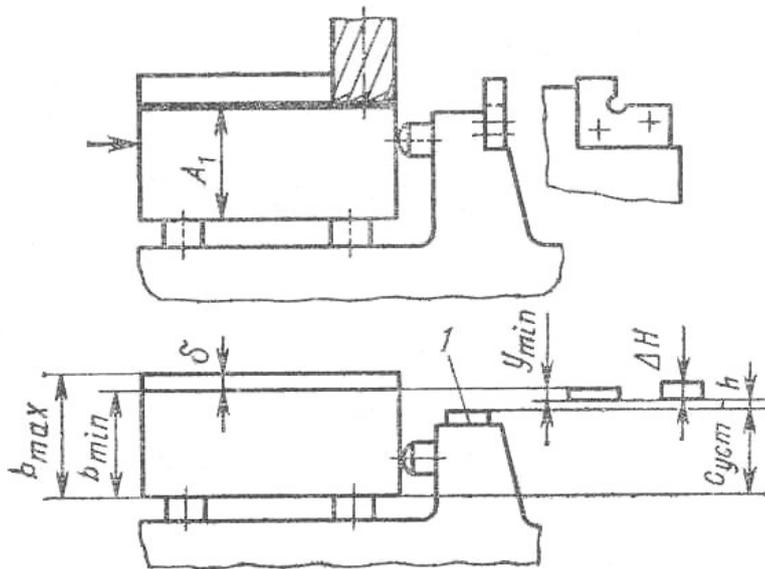


Рисунок. Применение установов в приспособлениях.

1 - установ,  $\delta$  - допуск выполняемого размера,  $b_{min}$  и  $b_{max}$  - наименьший и наибольший выполняемые размеры,  $y_{min}$  - минимальное упругое отжатие,  $h$  - высота щупа,  $\Delta H$  - погрешность настройки.

Максимальная и минимальная высота положения установа в приспособлении определяется по формуле

$$C_{уст. min} = b_{min} - y_{min} - h$$

$$C_{уст. max} = b_{min} - y_{min} - h + \Delta H$$

Погрешность настройки включает погрешность изготовления установа и погрешность установки инструмента на размер.

Установы изготавливаются из сталей У10А, У12А, цементируемых сталей и закаляются до HRC 60...65. По конструкции установы делятся на высотные и угловые. Угловые позволяют координировать при настройке два размера.

Копиры используются при обработке фасонных и сложнопрофильных поверхностей для придания инструменту требуемой траектории движения относительно заготовки.

Обработку с копирами производят на фрезерных, токарных, шлифовальных и других станках.

Наиболее общим случаем обработки по копиру является фрезерование замкнутого контура методом круговой подачи. В этом случае скрепленные заготовка и копир вращаются со столом фрезерного станка вокруг общей оси. Расстояние между осью заготовки и осью фрезы изменяется в соответствии с профилем копира, что и обеспечивает за один оборот стола получение детали требуемого профиля.

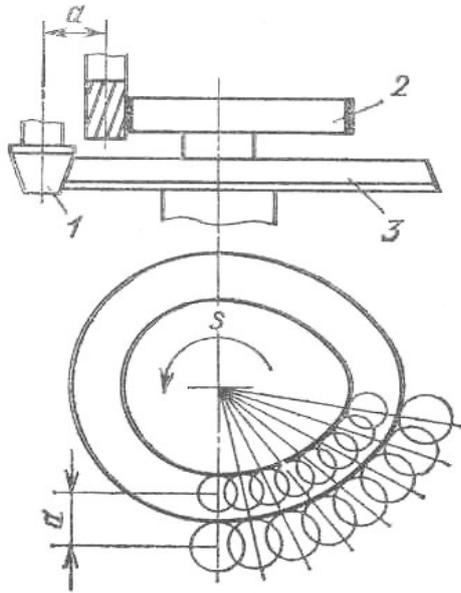


Рисунок. Фрезерование методом круговой подачи  
1 - ролик, 2 - заготовка, 3 - копир,

Для компенсации изменения диаметра фрезы при ее заточке ролик целесообразно делать коническим, а на копире выполнять соответствующий скос. Угол скоса принимают равным  $10...15^\circ$ . После заточки фрезы ролик перемещают вдоль оси и размер детали остается постоянным.

При профилировании копира большое внимание следует уделять определению его центра вращения, последний выбирается не произвольно, а таким образом, чтобы обеспечить минимальные углы давления при обходе роликом профиля копира.

Угол давления ( $\theta$ ) показан на рисунке и образуется между радиальным лучом, проведенным в точку касания, и нормалью к профилю копира в данной точке. На рисунке также показаны последовательные положения фрезы и ролика в процессе обработки.

Копиры и обкатные ролики изготовляют из высокоуглеродистой или цементированной стали, термообработанной до твердости HRC 58...62.

## Тема 8. ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ И ПОВОРОТНЫЕ УСТРОЙСТВА

### §1. Делительные и поворотные устройства приспособлений.

Подобные устройства применяются в многопозиционных приспособлениях для придания обрабатываемой заготовке различных положений относительно режущего инструмента, например, при последовательной обработке отверстий или пазов расположенных по окружности, при фрезеровании зубчатых колес методом копирования с периодическим делением (поворотом) обрабатываемой заготовки и в других случаях.

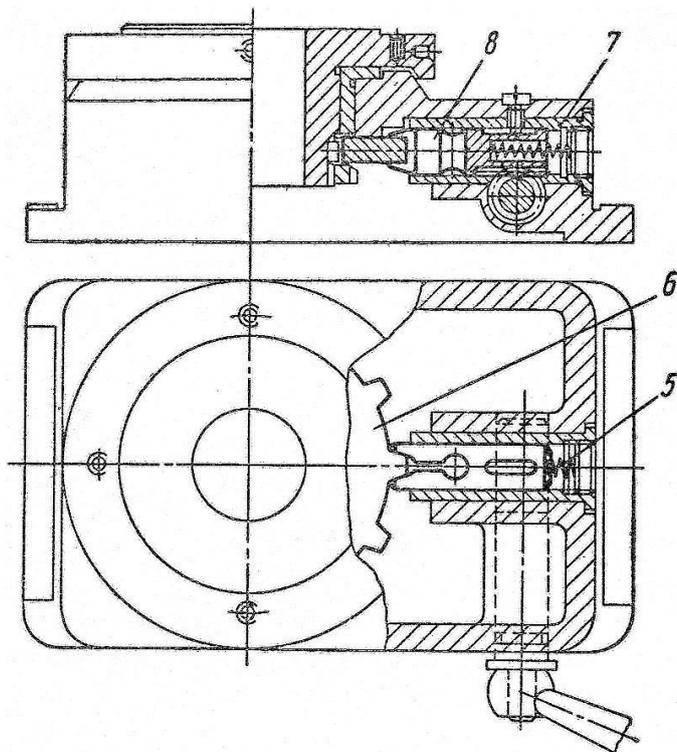


Рисунок. Делительный механизм и его основные элементы.

5 - пружина, 6 - делительный диск, 7 - направляющая втулка, 8 - фиксатор.

Делительное устройство состоит из диска, закрепленного на поворотной части приспособления и фиксатора. Могут использоваться шариковые фиксаторы, фиксаторы с цилиндрической и конической рабочими частями, а также фиксаторы кнопочного и реечного типов.

Чтобы фиксатор не воспринимал усилий возникающих в процессе обработки заготовки резанием, его разгружают, прижимая поворотную часть приспособления к корпусу.

Вследствие конструктивных особенностей и неточности изготовления делительных устройств приспособления элементы заготовки, обрабатываемые с их помощью (отверстия, пазы и другие) имеют дополнительную погрешность взаимного расположения.

При использовании цилиндрических фиксаторов дополнительная погрешность шага составит

$$\Delta = S_1 + S_2 + \delta + e, \text{ мкм,}$$

где  $S_1$  и  $S_2$  - максимальные диаметральные зазоры между фиксатором и направляющей втулкой, фиксатором и втулкой делительного диска,

$\delta$  - погрешность шага между соседними отверстиями делительного диска,

$e$  - эксцентриситет наружной поверхности и отверстия втулки делительного диска.

Для уменьшения данной погрешности все элементы поворотного механизма должны выполняться с большей точностью.

Также предпочтительно использование фиксатора с конической рабочей частью (при этом  $S_2 = 0$ ), а также использование в качестве втулки фиксатора втулки с гидропластмассой, в этом случае зазор  $S_1$  также равен нулю.

## Тема 9. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.

### §1. Исходные данные при конструировании приспособлений. Последовательность конструирования.

В качестве исходных данных конструктор должен иметь:

1. Чертежи заготовки и детали с техническими требованиями.
2. Операционные эскизы на предшествующую и выполняемую операции.
3. Операционные карты технологического процесса обработки данной детали.

Из них выявляют:

1. Содержание операции (обрабатываемые поверхности, точность и шероховатость которые необходимо получить при обработке).
2. Принятое базирование.
3. Используемые инструменты и оборудование (сведения о станке, на котором предполагается проводить обработку: размеры стола станка, размеры и расположение Т-образных пазов, наименьшее и наибольшее расстояние от стола до шпинделя, размеры конуса шпинделя и т. д.).
4. Режимы резания.
5. Запроектированную производительность с учетом времени на установку, закрепление и снятие обрабатываемой детали.

Конструктору также необходимы стандарты на детали и узлы станочных приспособлений, а также альбомы нормализованных конструкций. Полезно ознакомиться с аналогичными приспособлениями по литературным источникам и патентным материалам.

Все эти сведения нужно иметь при конструировании каждого специального приспособления. При конструировании переналаживаемых и групповых приспособлений нужно, кроме того, определить детали, обрабатываемые с использованием данного приспособления и иметь по каждой детали перечисленные выше сведения.

Последовательность конструирования приспособления.

На первом этапе конструирования получают и анализируют исходные данные.

Второй этап заключается в уточнении схемы установки. Зная принятую в технологическом процессе схему базирования заготовки, точность и шероховатость базовых поверхностей, определяют тип и размеры установочных элементов, их число и взаимное положение. Решение этого вопроса увязывается с требуемой точностью обработки на данной операции.

На третьем этапе конструирования, зная величины сил резания, устанавливают место приложения сил закрепления и определяют их величину. Исходя из регламентированного времени на закрепление и открепление заготовки, типа приспособления (одно- или многоместное), конфигурации и точности заготовки, а также силы закрепления, выбирают тип зажимного устройства и определяют его основные размеры.

На четвертом этапе устанавливают тип и размер деталей для направления и контроля положения режущего инструмента.

На пятом - выявляют необходимые вспомогательные устройства, выбирают их конструкции и размеры, исходя из массы заготовки, выполняемой операции и необходимой точности обработки. При выборе конструкции и размеров указанных элементов максимально используют имеющиеся стандарты.

Разработку общего вида приспособлений (шестой этап конструирования) начинают с нанесения на лист контуров заготовки.

### §2. Допуски на детали приспособлений. Расчет приспособлений на прочность и жесткость.

При проектировании приспособления назначаются допуски на размеры его деталей. По точности исполнения размеры приспособления можно разделить на три группы:

1. Размеры, от которых зависит точность выполняемой обработки.
2. Размеры, от которых точность обработки не зависит (размеры сопряжений зажимных

устройств, выталкивателей, и других вспомогательных механизмов).

### 3. Свободные размеры обработанных и необработанных поверхностей.

Допуски на размеры первой группы, обычно определяются в результате расчета приспособления на точность, либо назначаются в 2...3 раза меньше чем допуск размера, выдерживаемого при обработке.

Допуски на размеры второй группы определяют в зависимости от назначения механизма, а также условий работы рассматриваемого сопряжения. В этом случае допуски берутся по 7...9 качеству точности.

Свободные размеры выполняются по 14 качеству точности для обработанных и по 16 качеству для необработанных поверхностей.

При проектировании приспособления выполняется его расчет на прочность. Для расчета следует выбирать наиболее нагруженную деталь или соединение деталей приспособления, размеры которого конструктивно ограничены. При этом определяются силы, действующие на эту деталь, и с учетом вида возможного ее разрушения (разрыв, смятие, срез и другие) рассчитываются размеры детали.

Для получения требуемой точности обработки приспособление должно обладать достаточной жесткостью, в первую очередь в направлении действия сил закрепления и сил резания.

Для обеспечения достаточной жесткости приспособления необходимо чтобы детали приспособления были массивными, с большими площадями поперечного сечения и незначительными вылетами.

Жесткость приспособления в значительной степени определяется контактной жесткостью в стыках его деталей. Для обеспечения высокой контактной жесткости сопрягаемые поверхности должны иметь минимальную шероховатость и волнистость, по возможности высокую твердость. С этой целью контактирующие поверхности подвергаются шабрению, притирке, шлифованию.

Высокая жесткость приспособления оказывает положительное влияние на виброустойчивость технологической системы. При повышенной жесткости вибрации системы, включая автоколебаниями, смещаются в высокочастотную область с минимальной амплитудой, что положительно сказывается на точности обработки, шероховатости и волнистости обрабатываемой поверхности.

### §3. Экономическое обоснование эффективности применения приспособления.

Задача определения экономической эффективности чаще всего возникает при сравнении нескольких вариантов приспособлений (в данном случае рассматриваются специальные приспособления) для оснащения одной и той же операции технологического процесса. В этом случае расходы на режущий инструмент, амортизацию оборудования, электроэнергию меняются незначительно.

В расчетах их не учитываем и сравниваем приспособления по технологической себестоимости обработки детали.

$$C_T = L_3 \cdot \left(1 + \frac{z}{100}\right) + \frac{A}{N} \cdot \left(\frac{1 + q_n}{i_c} + q_э\right),$$

где  $L_3$  - заработная плата станочника

$$L_3 = T_{шк} \cdot S_T,$$

$T_{шк}$  - штучно-калькуляционное время на выполнение операции

$S_T$  - тарифная ставка рабочего

$z$  - процент цеховых расходов

$A$  - себестоимость изготовления приспособления

$$A = n \cdot C_{п},$$

$n$  - количество деталей в приспособлении

$C_{п}$  - удельная себестоимость руб/дет.

$q_n, q_э$  - коэффициенты, учитывающие затраты на проектирование (0,5) и эксплуатацию (0,2...0,3) приспособления

$i_c$  - срок службы приспособления (2...3 года для простых, 4...5 лет - для сложных).

$N$  - годовой объем выпуска деталей.

Если для двух сравниваемых приспособлений

$$C_{T1} < C_{T2} \text{ и } A_1 < A_2 ,$$

то выбираем 1-ое, поскольку при меньшей стоимости приспособление обеспечивает меньшую себестоимость обработки детали

$$C_{T1} < C_{T2} \text{ но } A_1 > A_2 ,$$

необходимы дополнительные расчеты:

- определяется годовой экономический эффект от применения более дорогого приспособления:

$$\Delta_r = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N ,$$

- определяется срок окупаемости дополнительных капиталовложений на более дорогое приспособление:

$$i = \frac{(A_1 - A_2) \cdot \left( \frac{1 + q_n}{i_c} + q_3 \right)}{\Delta_r}$$

если  $i < 1$ , то применяется дорогое приспособление, если  $i > 1$ , то дешевое.

Данная методика применяется для расчета эффективности применения специальных приспособлений.

В случае сравнения обратимых (УСП, СРП) и переналаживаемых (УНС, СНП) приспособлений расчеты имеют ряд особенностей.

Например, для переналаживаемых приспособлений при расчете себестоимости их изготовления стоимость базового агрегата приспособления берется в виде амортизации, а стоимость сменной наладки учитывается полностью.

Для обратимых приспособлений стоимость комплекта деталей, из которых оно собирается, также принимается в виде амортизации, а стоимость сборки учитывается полностью.

## Тема 10. НОРМАЛИЗАЦИЯ И УНИВЕРСАЛИЗАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.

### §1. Нормализация приспособлений. Этапы нормализации.

Современное машиностроение характеризуется частой сменой объекта производства при этом оснастка, применяемая ранее, часто становится непригодной.

Для подготовки производства нового изделия приходится конструировать и изготавливать новую многочисленную и сложную технологическую оснастку. Сроки ее подготовки должны быть короткими, иначе к моменту полного развертывания выпуска изделие начинает морально стареть.

В то же время необходимо усиливать оснащенность технологических процессов для повышения производительности труда и снижения себестоимости продукции.

Это противоречие вызвало необходимость ускорения и удешевления изготовления всей технологической оснастки и специальных приспособлений в частности. Последнюю задачу решают нормализацией и стандартизацией деталей и узлов приспособлений, что позволяет:

1. На этапе конструирования уменьшаются объем, сроки, трудоемкость и себестоимость выполнения конструкторских работ.
2. На этапе изготовления появляется возможность производства деталей приспособлений партиями, централизованным порядком и в запас, что значительно снижает трудоемкость, себестоимость и сроки изготовления приспособлений.
3. На этапе эксплуатации сокращаются затраты времени и издержки на ремонт приспособлений в результате использования деталей и узлов из запаса.

После использования приспособления нормальные и стандартные элементы могут быть сняты и после частичного ремонта (если нужно) переданы на склад для повторного использования при сборке новых приспособлений.

Уровень использования нормальных и стандартных деталей при конструировании специальных приспособлений достигает 70%.

Этапы нормализации приспособлений.

К первому этапу нормализации относится нормализация общих конструктивных и размерных элементов приспособлений. Целью нормализации являются установление размерных рядов на элементы и узлы приспособлений, определение габаритных и присоединительных размеров, нормализация конструктивных элементов (резьб, деталей крепления, штифтов, шпоночных соединений и т. п.), установление посадок для применяемых сопряжений и допусков на основные детали.

На втором этапе подвергают нормализации детали приспособлений (установочные элементы, детали зажимных устройств, корпуса приспособлений и их элементы, установки для проверки положения инструментов, детали вспомогательных устройств), а также их заготовки (отливки, поковки).

Третий этап нормализации охватывает части приспособлений различного функционального назначения: узлы зажимных систем (пневмоцилиндры, пневмокамеры, гидроцилиндры, замки реечно-рычажных зажимов и др.), узлы вспомогательных устройств (делительные и поворотные механизмы, фиксаторы, выталкиватели) и другие механизмы.

## §2. Стандартные системы станочных приспособлений.

Станочные приспособления применяют для установки заготовок на металлорежущие станки. В соответствии с классификацией ЕС ТПП различают три вида СП.

1. Специальные (одноцелевые, переналаживаемые).
2. Специализированные (узкоцелевые, ограниченно переналаживаемые).
3. Универсальные (многоцелевые, широкопереналаживаемые).

Эти три вида СП согласно ГОСТ 14.305-73 подразделяются на шесть стандартных систем: неразборные специальные (НСП), универсальные безналадочные (УБП), универсально-сборные (УСП), сборно-разборные (СРП), универсальные наладочные (УНП), специализированные наладочные (СНП).

В условиях стабильного крупносерийного и массового производства применяются неразборные специальные приспособления (НСП), они являются непереналаживаемыми и служат для обработки только одной детали.

Универсально-безналадочные приспособления (УБП) применяются в мелкосерийном и единичном производстве. Они обеспечивают установку и фиксацию обрабатываемых заготовок в широком диапазоне габаритных размеров со сравнительно простыми схемами базирования (универсальные патроны, тиски, центры и другие). Имеют законченную конструкцию с постоянными (иногда регулируемые) установочными и зажимными элементами.

Универсально-сборные приспособления (УСП) применяются в опытно-единичном и мелкосерийном производстве. Эта система состоит из набора нормализованных деталей, из которых по принципу универсальной собираемости и взаимозаменяемости компонуются различные приспособления одноцелевого назначения. После использования собранных приспособлений они разбираются, детали возвращаются на склад и применяются при сборке новых приспособлений.

В базовых элементах УСП (плиты, планшайбы, угольники и т. д.) предусмотрены взаимно перпендикулярные Т-образные пазы. При сборке к шпонкам, размещенным в пазах базовых деталей посредством винтов, шпилек, гаек, и т. д. крепятся остальные элементы приспособления (опорные, корпусные детали, планки, стойки, прихваты) для чего в последних предусмотрены отверстия и прорези. Применяются системы УСП с шириной паза 8, 12, 16 мм.

Число деталей в УСП может достигать 25...30 тысяч. Из этого набора можно одновременно собрать до 300 приспособлений.

Основным преимуществом системы УСП является возможность быстро и с минимальными затратами труда и средств на проектирование и изготовление собирать приспособления для различных операций. Недостатки:

- Пониженная жесткость приспособления из-за наличия большого количества стыков.
- Низкий уровень механизации вследствие отсутствия в комплекте пневматических, гидравлических и других приводов.
- Значительные начальные затраты на приобретение комплекта УСП. (Поэтому в начальный период эксплуатации часто используют сокращенный набор элементов УСП из 1500...2000 деталей).

Сборно-разборные приспособления (СРП) применяются в серийном, крупносерийном производстве и также комплектуются из стандартных деталей и сборочных единиц. В базовых элементах СРП предусмотрены сетка точных координатно-фиксирующих отверстий, предназначенных для фиксации элементов и узлов приспособления (фиксация осуществляется способом “цилиндрический палец - точное отверстие”), и параллельные Т-образные пазы для их крепления.

В отличие от системы УСП в компоновках СРП число сборочных единиц (установочных, корпусных, зажимных) преобладает над деталями. Система СРП имеет более высокую точность и жесткость, часто оснащается силовыми приводами (обычно гидроприводом), позволяет делать доработку деталей и узлов (изготовление дополнительных базовых и крепежных отверстий и пазов, дополнительная обработка базовых и рабочих поверхностей).

В отличие от УСП сборно-разборные приспособления разбираются не сразу после обработки партии заготовок, а хранятся и используются в течении всего периода выпуска детали (обычно 1...2 года), после чего приспособление разбирается и его узлы используются повторно.

Система универсально-наладочных приспособлений (УНП) основана на использовании сменных установочных, зажимных и направляющих элементов (наладок), закрепляемых на базовом агрегате: Последний представляет собой на 80...90 % готовое приспособление и изготавливается на специализированных заводах технологической оснастки. В базовый агрегат входят: корпус с элементами для базирования и закрепления сменных наладок, зажимной механизм с ручным или механизированным приводом. Каждая наладка предназначена для установки и закрепления конкретной по форме и размерам заготовки и изготавливается, как правило, в инструментальных цехах предприятий.

При смене, объекта производства утилизируются (заменяются) только сменные наладки, а базовая часть с новыми наладками используется для обработки других деталей. В качестве базового агрегата УНП могут использоваться тиски с одной или двумя подвижными губками, скальчатые кондукторы, самоцентрирующие патроны со сменными кулачками и другие.

УНП применяются в серийном и мелкосерийном производстве при необходимости обрабатывать детали различных классов.

Специализированные наладочные приспособления (СНП) так же, как и приспособления системы УНП состоят из двух частей: базовой стандартизированной части и сменных наладок. Они характеризуются большим (по сравнению с УНП) уровнем механизации и предназначены для установки и закрепления деталей характеризующихся общностью базовых поверхностей и характера обработки, то есть деталей близких по конструкторско-технологическим признакам.

Система СНП применяется в серийном и крупносерийном производстве.

Выбор наиболее эффективной в данных условиях системы осуществляется путем сопоставления затрат на оснащение технологической операции приспособлением и экономии возникающей при его использовании.

Ориентировочно выбор системы станочного приспособления может быть осуществлен в зависимости от коэффициента загрузки единицы приспособления и планируемого периода производства изделия (детали).

## Тема 11. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА (ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ).

### §1. Вспомогательный инструмент для сверлильных станков. Многошпиндельные сверлильные головки.

На вертикально- и радиально-сверлильных станках применяются револьверные головки, которые позволяют выполнять обработку одного или нескольких отверстий последовательно несколькими сменяемыми инструментами.

Использование многошпиндельных головок на сверлильных станках позволяет за один рабочий ход одновременно обработать несколько отверстий заготовки.

Многошпиндельные головки могут быть специальными и регулируемыми.

Специальные кривошипно-шатунные головки позволяют обрабатывать отверстия с очень малым межцентровым расстоянием (отверстия диаметром 6 мм при межцентровом расстоянием 12 мм). Преимуществом подобных головок является то, что вне зависимости от расстояния от оси шпинделя станка все инструментальные шпиндели вращаются в одном направлении и с одинаковой угловой скоростью.

Шестеренчатыми специальными многошпиндельными головками возможна обработка отверстий с расстоянием между осями не менее 70 мм. На практике часто применяются головки с внутренним зубчатым зацеплением и головки с двухъярусным расположением шестерен, что позволяет сделать конструкцию головки более компактной.

Переналаживаемые многошпиндельные головки позволяют в определенных пределах регулировать положение осей обрабатываемых отверстий.

Одной из распространенных конструкция подобных головок являются головки с нижними поворотными частями.

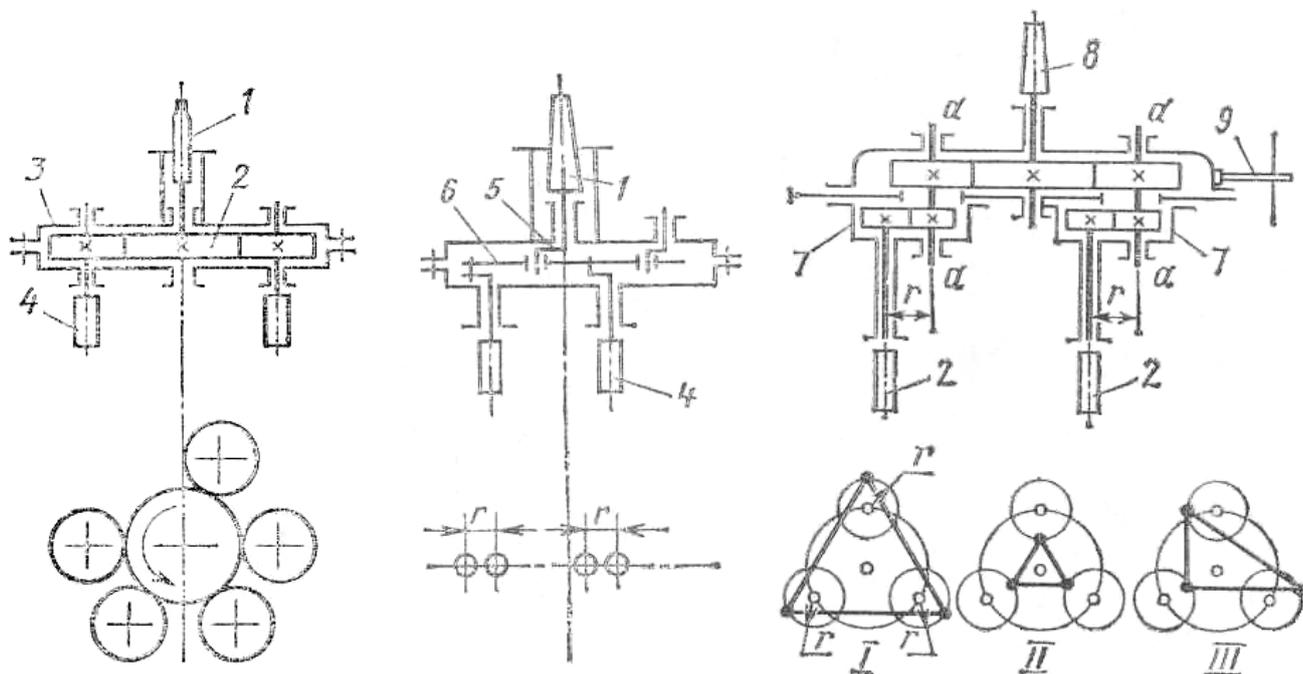


Рисунок. Шестеренчатая многошпиндельная головка.

- 1 - конус, 2 - центральное зубчатое колесо,
- 3 - зубчатые колеса, 4 - инструментальные шпиндели.

Кривошипно-шатунная головка.

- 1 - конус, 5 - кривошип, 6 - поводковая плита,
- 4 - инструментальные шпиндели.

Головка с переставными шпинделями.

- 2 - инструментальные шпиндели, 7 - нижние (поворотные) части головки,
- 8 - конический хвостовик, 9 - стержень для предотвращения поворота головки, I, II, и III - варианты расположения инструментальных шпинделей.

## §2. Вспомогательный инструмент фрезерных станков.

Для расширения технологических возможностей горизонтально-фрезерных станков в единичном и мелкосерийном производстве применяются поворотные головки.

Корпус головки I закреплен в вертикальных направляющих станины с помощью клина и винтов. Вращение от шпинделя станка через конический хвостовик и конические зубчатые колеса передается на инструментальный шпиндель. Поворотную часть II головки можно установить под любым углом к горизонтальной плоскости, пользуясь градуировкой, нанесенной на цилиндрический поясok a.

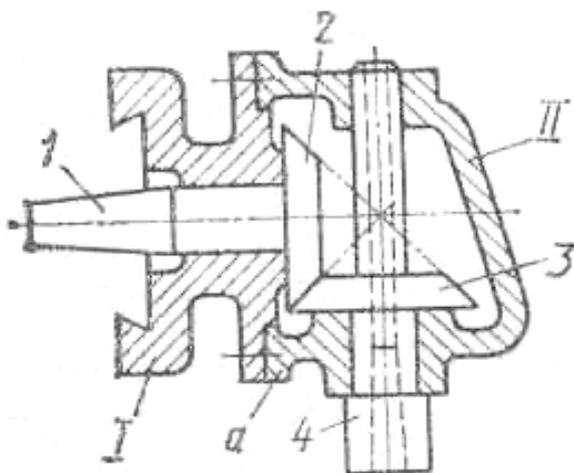


Рисунок. Поворотная головка

1 - конический хвостовик, 2 и 3 - конические зубчатые колеса,  
4 - инструментальный шпиндель.

На горизонтально-фрезерных и вертикально-фрезерных станках применяются многошпиндельные головки.

Корпус головки крепится к станку таким же образом, как и у поворотной головки. Момент от шпинделя станка через хвостовик передается на инструментальные шпиндели цилиндрическими зубчатыми колесами.

В сочетании с многоместными приспособлениями такие головки позволяют в несколько раз повысить производительность фрезерования.

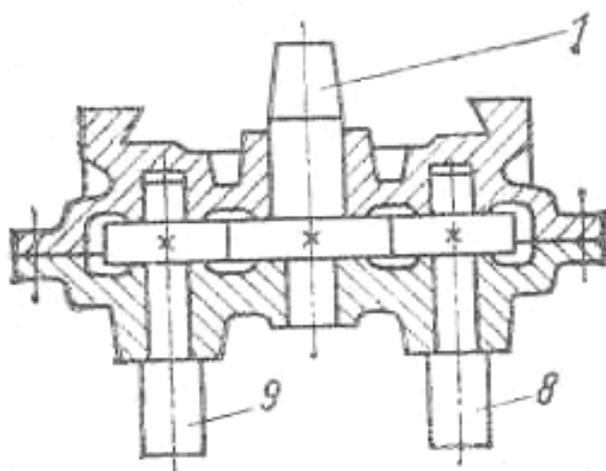


Рисунок. Двухшпиндельная фрезерная головка.

1 - конический хвостовик, 8 и 9 - инструментальные шпиндели.

## §3. Вспомогательный инструмент станков с ЧПУ токарной и сверлильно-фрезерно-расточной групп.

Из подсистем вспомогательного инструмента для токарных станков с ЧПУ наиболее распространенной является подсистема с цилиндрическим хвостовиком.

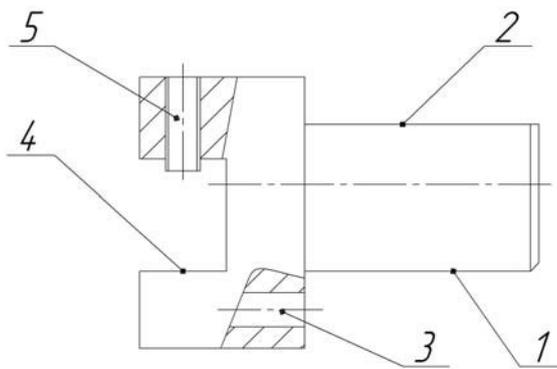


Рисунок. Вспомогательный инструмент с цилиндрическим хвостовиком.

- 1 - цилиндрический хвостовик, 2 - лыска для крепления,
- 3 - отверстие для фиксации углового положения,
- 4 - паз для установки резца, 5 - винт для крепления резца.

Для более надежного крепления вспомогательного инструмента в позиции револьверной головки на лыске выполняются рифления.

Для установки разнообразных резцов в конструкции предусмотрены продольные, поперечные и наклонные пазы. Для установки осевого инструмента (сверл, зенкеров, расточных оправок и других) данная система вспомогательного инструмента выполняется в виде переходных втулок с цилиндрическим хвостовиком и цилиндрическим или коническим отверстием.

Для подачи СОЖ в зону резания в корпусе выполнены соответствующие каналы.

Вспомогательный инструмент сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ имеет стандартный хвостовик конусностью 7:24.

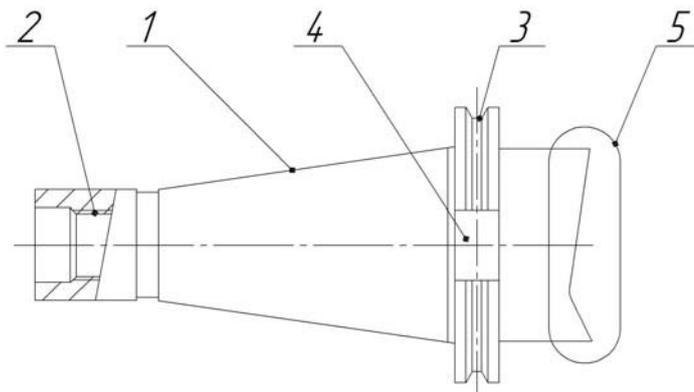


Рисунок. Хвостовик вспомогательного инструмента.

- 1 - конический хвостовик, 2 - резьба для крепления в шпинделе,
- 3 - воротник для захвата манипулятором, меняющим инструмент,
- 5 - элементы для установки режущего инструмента.

В зависимости от устанавливаемого режущего инструмента вспомогательный инструмент выполняется в виде:

1. Оправок с продольной или поперечной шпонкой для установки торцовых, цилиндрических и дисковых фрез.
2. Цанговых патронов для закрепления инструментов с цилиндрическим хвостовиком (сверла, зенкера, концевые фрезы и другие).
3. Переходные втулки, имеющие отверстие с конусом Морзе для закрепления сверл, зенкеров, фрез с коническим хвостовиком.
4. Оправки для расточных резцов.

С целью расширения технологических возможностей сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ используются:

1. Многошпиндельные (шестеренчатые) сверлильные головки.
2. Поворотные (угловые) фрезерные головки.
3. Ускорительные головки (мультипликаторы), используемые для увеличения частоты вращения при работе инструментом небольшого диаметра (до 10 мм).

## Тема 12. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА И СТАНКОВ С ЧПУ.

§1. Автоматизация приспособлений. Их классификация по степени автоматизации.

В зависимости от серийности производства доля вспомогательного времени в штучном (штучно-калькуляционном) времени составляет 25...65 % . Поэтому необходимо стремиться к автоматизации приспособлений, что обеспечивает сокращение затрат вспомогательного времени. Кроме повешения производительности труда автоматизация облегчает условия труда и высвобождает обслуживающий персонал.

Автоматизации подвергаются следующие вспомогательные операции:

1. Установки и снятие заготовок в приспособление.
2. Базирование заготовок, то есть доведение их базовых поверхностей до контакта с соответствующими установочными элементами приспособления.
3. Закрепление и открепление заготовок в приспособлении.
4. Поворот, фиксация и закрепление поворотных частей приспособления.
5. Очистка приспособления от стружки.
6. Измерение заготовки в процессе механической обработки с целью управления технологическим процессом.

В зависимости от количества рабочих приемов охваченных механизацией приспособления бывают:

1. Полностью автоматизированные, обычно используются со станками, имеющими автоматизированный цикл работы. Технологическая операция при этом выполняется без участия рабочего.
2. Частично автоматизированные - часть переходов выполняется без участия рабочего, остальные переходы механизированы или выполняются вручную.

§2. Приспособления к станкам с программным управлением.

Станки с ЧПУ широко применяются в средне- и мелкосерийном производстве и позволяют обрабатывать детали широкой номенклатуры небольшими партиями.

Дополнительные требования с приспособлениям:

1. Повышенная размерная точность, поскольку обработка на станках с ЧПУ характеризуется высокой точностью (достигается 7...8, иногда 6 квалитет точности).
2. Высокая жесткость, так как в одном приспособлении выполняются как чистовые, так и черновые переходы обработки.
3. Возможность быстрой переналадки приспособления, поскольку объект производства часто меняется.
4. Должны обеспечивать доступ режущему инструменту к возможно большему количеству поверхностей, так как на станках с ЧПУ за одну установку обрабатывается максимальное число поверхностей и конструктивных элементов заготовки.

В частности, широко используемые в серийном и крупносерийном производстве кулачковые патроны с переставными кулачками и механизированным приводом, при использовании на станках с ЧПУ имеют существенный недостаток - большие потери времени на смену кулачков, поэтому применяются патроны аналогичной конструкции, обеспечивающие быструю смену кулачков иногда даже в автоматическом режиме.

Современные токарные станки с ЧПУ имеют высокие скорости вращения шпинделя, что приводит в увеличению центробежных сил, действующих на кулачки патрона, и к уменьшению сил закрепления заготовки. Поэтому патроны для скоростной обработки оснащают грузами-противовесами компенсирующими этот недостаток.

При обработке на фрезерных, сверлильных и расточных станках с ЧПУ, как правило, используются приспособления систем УСП, СРП, УНП, СНП.

Применение этих приспособлений на станках с ЧПУ имеет ряд особенностей, главная из которых - высокий уровень механизации. В частности используемая система УСП ЧПУ в отличие от базовой оснащается механизированным приводом и имеет большую точность и жесткость.

## Тема 13. ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.

### §1. Приспособления для токарных и круглошлифовальных станков.

При обработке на таких станках заготовок деталей типа вал, труба, иногда втулка их устанавливают на фаски центровых отверстий или фаски сквозных отверстий детали. Для установки используются центра различных конструкций.

Для передачи крутящего момента от шпинделя станка к заготовке используются различные поводковые устройства:

1. Поводковые хомутики, просты по конструкции, но требуют дополнительных затрат времени на установку хомутика на каждую из заготовок.
2. Большой производительностью характеризуются поводковые патроны различных конструкций. Используются патроны с пневматическим приводом, инерционные и само-зажимные патроны.

В отличие от самоцентрирующих патронов кулачки поводковых патронов имеют независимое перемещение и самоустанавливаются по закрепляемой поверхности. В результате такой особенности не происходит изменения положения заготовки, достигнутого установкой в центах.

Если в качестве технологических баз при обработке используются наружная цилиндрическая поверхность и торец или короткое отверстие и торец для установки заготовки используют различные самоцентрирующие патроны (кулачковые, цанговые, мембранные и другие).

Если в качестве баз используется центральное отверстие заготовки, для установки применяют жесткие и разжимные оправки (кулачковые, цанговые, с гидропластмассой и другие).

При выборе самоцентрирующего патрона или оправки обязательно учитывается точность центрирования, которую должно обеспечить приспособление, а также точность, которую имеет технологическая база заготовки.

Если базовая поверхность заготовки имеет недостаточную длину (менее 10...12 мм для деталей средних размеров) или низкую жесткость (тонкостенная), то используют патроны с жесткими установочными элементами (пальцем или втулкой) и осевым поджимом заготовки.

Обработка на токарных станках характеризуется высокой производительностью, низкой себестоимостью, простотой и девизной используемого инструмента, поэтому на токарных станках часто обрабатывают детали типа корпусов, рычагов.

### §2. Приспособления фрезерных станков.

Процесс фрезерования характеризуется большими силами резания и прерывистостью процесса резания, что может привести к возникновению вибраций. Поэтому фрезерные приспособления, как правило, имеют массивный корпус и мощные зажимные механизмы, приводимые в действие пневматическими, гидравлическими приводами, электродвигателями.

Фрезерные приспособления характеризуются большим разнообразием конструкций. Наиболее широко применяются.

Тиски, среди которых можно выделить тиски с ручным приводом и механизированные тиски. И те и другие могут быть:

- с одной подвижной губкой,
- с двумя подвижными губками (самоцентрирующие),
- с плавающими губками,
- с губками перемещающимися взаимно перпендикулярно.

Тиски часто используются в качестве базового агрегата для наладочных приспособлений, то есть для УНП. Наладка состоит из сменных губок и опорных элементов, закрепляемых на корпусе тисков. Наладки проектируются и изготавливаются в соответствии с формой и размерами обрабатываемой детали.

При обработке на фрезерных станках мелких деталей значительно увеличиваются

затраты времени на их установку в приспособление и снятие. В этом случае применяются фрезерные приспособления, в которых детали устанавливаются не индивидуально, а сразу несколько штук в кассете. Приспособление снабжают несколькими кассетами и пока одни заготовки обрабатываются, другие устанавливаются в кассету.

Универсальные делительные головки с делительными дисками и набором сменных зубчатых колес являются высокоточными, но дорогими делительными устройствами. Поэтому часто используются упрощенные механизмы, являющиеся менее универсальными, но более дешевыми и простыми в изготовлении, при соблюдении достаточной точности.

По сравнению с подобными приспособлениями для сверлильных станков делительные устройства для фрезерования имеют повышенную жесткость и обязательно предусматривают крепление поворотной части к корпусу.

Делительные головки могут иметь как вертикальную, так и горизонтальную ось вращения. Их основное отличие - установка заготовки производится в самоцентрирующий механизм (патроны, цанги) или в центра при наличии задней бабки. Назначение - обработка пазов, скосов, уступов, расположенных по окружности с определенным шагом в деталях типа диск, втулка, фланец, вали других.

Делительные столы используются для обработки крупных массивных деталей, для чего на поверхности стола монтируются специальные приспособления (наладки). Стол дает возможность фрезеровать поверхности и какие-либо элементы обрабатываемой заготовки с различных ее сторон.

### §3. Приспособления сверлильных станков.

Сверлильные станки используются для обработки в заготовках отверстий осевым режущим инструментом (сверлами, зенкерами, развертками).

Применяемый при обработке инструмент при значительной длине имеет небольшой диаметр и, как следствие, характеризуется низкой жесткостью. Поэтому обрабатываемые отверстия имеют невысокую точность диаметров (из-за разбивки) и низкую точность положения оси отверстия (из-за увода оси инструмента).

Чтобы устранить указанные недостатки в конструкциях сверлильных приспособлений часто используются кондукторные втулки.

Применение кондукторных втулок не только повышает точность обрабатываемых отверстий, но и позволяет вести обработку на более жестких режимах резания, тем самым, повышая производительность.

Точность обработки отверстий в приспособлениях, оснащенных кондукторными втулками, в значительной степени определяется способом установки кондукторной втулки.

Наибольшая точность достигается, когда кондукторная втулка помещается непосредственно в корпусе приспособления или в постоянной кондукторной плите неподвижно прикрепляемой к корпусу винтами. В последнем случае для обеспечения точного положения кондукторной плиты в дополнение к винтам применяются контрольные штифты.

Вместе с тем широко применяются приспособления, у которых кондукторная плита не имеет жесткой связи с корпусом, а выполняется откидной, съемной, подъемной.

Такие кондукторы обеспечивают более удобную установку и закрепление заготовки, но точность обрабатываемых отверстий несколько ниже. Поскольку на точность дополнительно оказывают влияние смещения и перекосы в направляющих и фиксирующих элементах, соединяющих кондукторную плиту с корпусом приспособления.

Для сверления отверстий, расположенных с разных сторон детали или по окружности, применяют поворотные приспособления. В зависимости от обрабатываемых отверстий они имеют горизонтальную, вертикальную или наклонную ось вращения.

Если необходимо обработать отверстия, расположенные с разных сторон заготовки также используются кантовующие приспособления. Втулки в них располагаются с разных сторон детали. При обработке приспособление приходится опрокидывать и последовательно совмещать с инструментом каждую кондукторную втулку.

Широко используемыми приспособлениями для обработки на сверлильных станках являются скальчатые кондукторы.

Это нормализованные приспособления состоящее из корпуса, подъемной кондукторной плиты с кондукторными втулками и зажимного устройства.

Кондукторная плита в таких приспособлениях устанавливается на двух колонках (скалках). При установке заготовки она поднимается, при зажиме опускается и закрепляет заготовку. Скальчатые кондукторы изготавливаются с ручным креплением заготовки и с механизированным приводом.

## Тема 14. СБОРОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.

### §1. Универсальные приспособления. Специальные сборочные приспособления, их разновидности.

По степени специализации сборочные приспособления подразделяются на универсальные и специальные.

Универсальные приспособления применяются в условиях единичного и мелкосерийного производства. Среди них можно выделить:

1. Приспособления для установки и закрепления базовых деталей и узлов собираемых изделий (призмы, балки, плиты). Для присоединения базовых деталей на рабочей поверхности подобных приспособлений выполняются Т-образные пазы, продолговатые отверстия и окна для крепежных болтов.
2. Приспособления для временного скрепления соединяемых деталей (винтовые прихваты, струбцины)
3. Приспособления для выверки и поддержки в требуемом положении громоздких и тяжелых деталей и узлов (домкраты, клинья, подкладки).

Специальные приспособления применяются в условиях крупносерийного и массового производства для выполнения определенных сборочных операций. По назначению можно выделить три основных группы специальных приспособлений.

1. Приспособления для установки и закрепления базовых деталей и узлов собираемых изделий.

К приспособлениям данного типа не предъявляется требований точной установки деталей. Сила зажима должна быть достаточной для предотвращения смещения деталей от действия сил и моментов, возникающих при сборке. Для удобства и повышения производительности труда такие приспособления часто выполняются поворотными.

2. Приспособления для точной и быстрой установки соединяемых деталей или частей изделия.

При использовании подобных приспособлений сборщик освобождается от выверки взаимного положения соединяемых деталей, так как оно обеспечивается автоматически доведением базовых поверхностей деталей до контакта с опорами приспособления. Такие приспособления применяют для сварки, пайки, клепки, развальцовки, посадки с натягом и других сборочных соединений.

Они обеспечивают значительное повышение производительности сборочных операций, необходимы при автоматизации сборочного процесса.

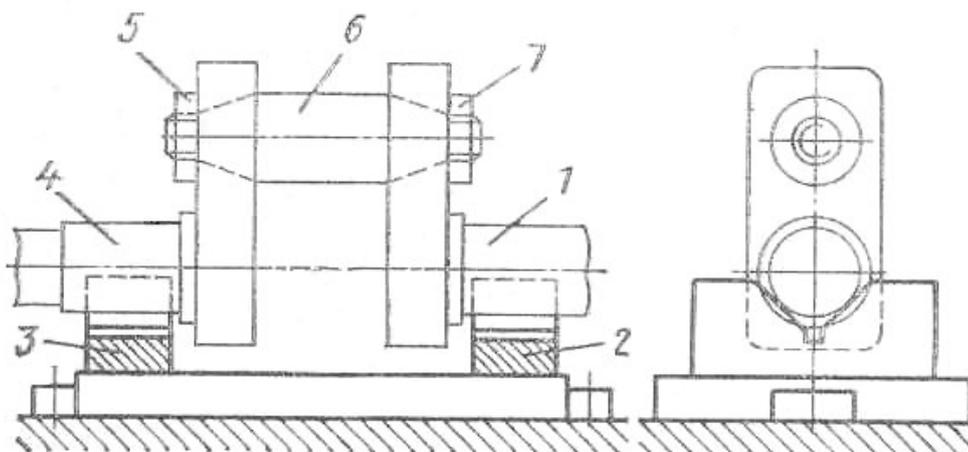


Рисунок. Приспособление для сборки составного коленчатого вала

1 и 4 - коренные шейки вала, 2 и 3 - установочные призмы приспособления, 6 - мотылевая шейка, 5 и 7 - гайки.

3. Приспособления для предварительного деформирования собираемых упругих элементов (пружин, рессор, разрезных колец и т. д.), а также для выполнения соединений с натягом, когда при сборке необходимо приложение больших сил.

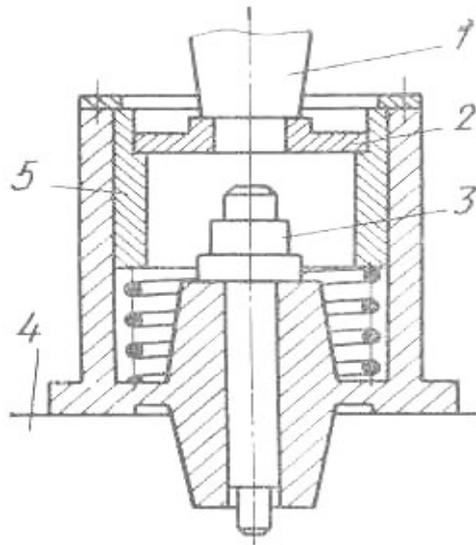


Рисунок. Приспособление для запрессовки дисков на вал  
 1 - ползун прессы, 2, 3 - соединяемые диск и вал, 4 - стол прессы,  
 5 - направляющая гильза.

Гильза обеспечивает диску точное перемещение в процессе запрессовки и предотвращает его перекося. После выполнения сборки валик и диск выталкиваются из приспособления под действием пружины.

## §2. Достижение требуемой точности при сборке.

Точность сборки зависит от вида сопряжения деталей, точности их изготовления, метода базирования при сборке, а также точности сборочного приспособления.

Наибольшая точность обеспечивается при сборке сопрягаемых деталей по центрирующим поверхностям без зазора. В этом случае точность приспособления не оказывает влияния на точность сборки.

При неподвижном соединении деталей по центрирующим поверхностям с зазором, наибольшее смещение в боковом направлении равно половине максимального диаметального зазора. Применяя сборочные приспособления с коническими или разжимными центрирующими элементами, можно это смещение перед окончательным скреплением деталей свести к минимуму.

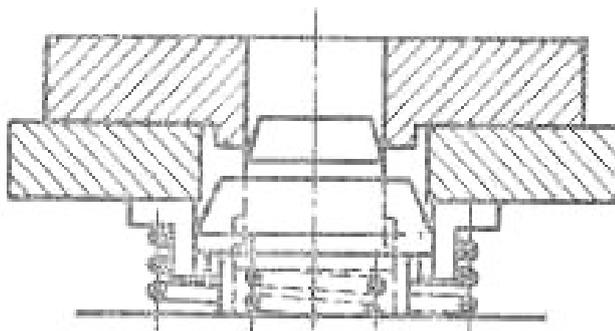


Рисунок. Приспособление с коническими центрирующими элементами.

При подвижном соединении по центрирующим элементам с зазором точность сопряжения деталей определяется точностью их изготовления (максимальным зазором в сопряжении) и не зависит от точности приспособления.

При отсутствии в конструкции соединяемых деталей центрирующих элементов для обеспечения высокой точности сборки необходимо соблюдать принцип единства баз, то есть совмещать технологические базы деталей с измерительными базами (поверхностями по которым производится измерение размера, получаемого при сборке).

В этом случае для указанного размера отсутствует погрешность базирования и при равенстве прочих условий точность сборки выше.

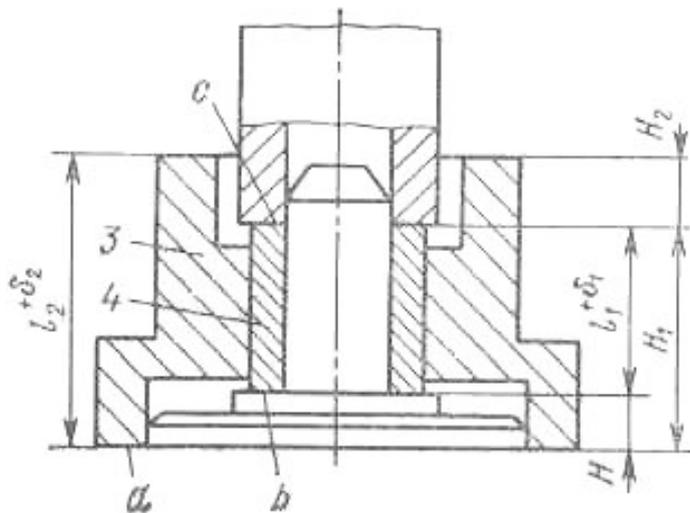


Рисунок. Схема к расчету точности при сборке.  
3 и 4 - соединяемые детали.

При сборке для размера  $H$  отсутствует погрешность базирования (технологические базы совпадают с измерительными базами  $a$  и  $b$  данного размера).

Для размера  $H_1$  технологическая и измерительная база не совпадают у детали 4, погрешность базирования равна допуску на размер  $l_1$  (размер соединяющий технологическую и измерительную базу данной детали).

Для размера  $H_2$  принцип единства баз не соблюдается у обеих соединяемых деталей, погрешность базирования равна сумме допусков на размеры  $l_1$  и  $l_2$ . Точность сборки в этом случае невысокая.

Применив ступенчатый наконечник прессующего устройства можно привести к нулю погрешность базирования для размера  $H_2$  (при условии, что по нижнему торцу втулки 4 предусмотрен зазор).

Из рассмотренных примеров видно, что погрешность базирования в сборочных приспособлениях может достигать больших значений, чем при механической обработке (при сборке она зависит от точности обоих сопрягаемых деталей).

## Тема 15. КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

### §1. Назначение контрольных приспособлений. Расчет приспособлений на точность.

В современном машиностроении контроль - один из самых ответственных этапов изготовления деталей. Для деталей повышенной точности трудоемкость контроля достигает до 50% от общей трудоемкости изготовления.

Применение контрольных приспособлений позволяет повысить производительность и точность контроля. Используются многоместные контрольные приспособления, в которых у контролируемой детали одновременно изменяется несколько параметров.

Применяются приспособления для контроля:

1. Точности размеров.
2. Точности формы поверхностей (отклонение от круглости, цилиндричности, плоскостности и т. д.).
3. Точности взаимного расположения поверхностей (отклонение от параллельности, перпендикулярности, соосности, радиальное и торцевое биения, позиционный допуск).

Помимо приспособлений для пассивного контроля (применяются после выполнения технологической операции), применяются приспособления для активного контроля. Они позволяют измерять деталь в процессе обработки и по результатам измерений вносить коррективы в процесс обработки, либо прекращать ее.

Приспособления активного контроля чаще всего используются при обработке абразивным инструментом. Такой инструмент интенсивно изнашивается в процессе резания,

что оказывает непосредственное влияние на точность обработки, поэтому возникает необходимость в постоянном контроле изготавливаемой детали.

Наиболее важной характеристикой любого контрольного приспособления является погрешность измерения. Для того чтобы результаты измерений считались действительными необходимо, чтобы погрешность измерения, характеризующая данное приспособление, не превышала допустимую погрешность измерения контролируемого параметра точности, т. е. должно соблюдаться условие:

$$\Delta_{\text{изм. доп}} \geq \sum \varepsilon_i ,$$

где  $\Delta_{\text{изм. доп}}$  - допустимая погрешность измерения, составляющая 20...30% от допуска на измеряемый параметр точности;

$\varepsilon_i$  - элементарные погрешности, возникающие в процессе измерения.

При этом обязательному учету подлежат:

1.  $\varepsilon_b$  - погрешность базирования;
2.  $\varepsilon_z$  - погрешность закрепления. Зажимные элементы в контрольных приспособлениях применяются относительно редко. При наличии в конструкции приспособления зажимных механизмов погрешность закрепления не должна превышать 5% от допустимой величины погрешности измерения;
3.  $\varepsilon_{и}$  - погрешность в результате износа установочных элементов приспособления за период между настройками приспособления ;
4.  $\varepsilon_{ср. изм}$  - погрешность используемого средства измерения, определяется по паспорту средства измерения;
5.  $\varepsilon_{пр}$  - погрешность изготовления контрольного приспособления;
6.  $\varepsilon_{мех}$  - погрешность передаточных механизмов (рычагов, толкателей, шупов и других), передающих измерительное перемещение от измеряемой поверхности к средству измерения, при их наличии в конструкции приспособления;
7.  $\varepsilon_o$  - погрешность отсчета показаний, учитываемая для шкальных средств измерения;
8.  $\varepsilon_n$  - погрешность настройки, учитывается в том случае, когда при подготовке к измерениям приспособление настраивают на контролируемый размер.

В случае несоблюдения нормальных условий измерения (уровень вибрации, температура, влажность, и других) в расчетную формулу вводятся дополнительные составляющие погрешности измерения  $\varepsilon_i$ .

## §2. Элементы контрольных приспособлений.

Контрольное приспособление состоит из установочных, зажимных, измерительных и вспомогательных элементов, смонтированных в корпусе.

Для установки измеряемых деталей в контрольных приспособлениях, как и в станочных приспособлениях, применяются: штыри (точечные опоры) с различным оформлением головки, установочные пластины и шайбы, призмы, оправки, пальцы и другие.

Особенности установочных элементов контрольных приспособлений:

1. Повышенные требования к износостойкости опор.

С этой целью на рабочую поверхность опор напаивают пластины твердого сплава, используются опоры со сменными или вращающимися элементами.

2. Повышенными требованиями к точности опор, поскольку контрольные приспособления, как правило, характеризуются высокой точностью.

В наибольшей степени это требование относится к установочным элементам, на которые детали устанавливаются по внутренним или наружным цилиндрическим поверхностям с зазором (пальцы, оправки, втулки).

Чтобы избежать погрешности базирования, связанной с возможным зазором, подобные опоры обычно выполняются разжимными (цанговыми, с гидропластмассой, с гофрированными втулками и другие) или коническими.

Использование жестких установочных элементов допустимо в том случае, если схема измерения компенсирует погрешность, связанную с зазором.

В приспособлении не рисунке под действием силы тяжести зазор между отверстием и пальцем выбирается вниз и не оказывает влияния на точность измерений.

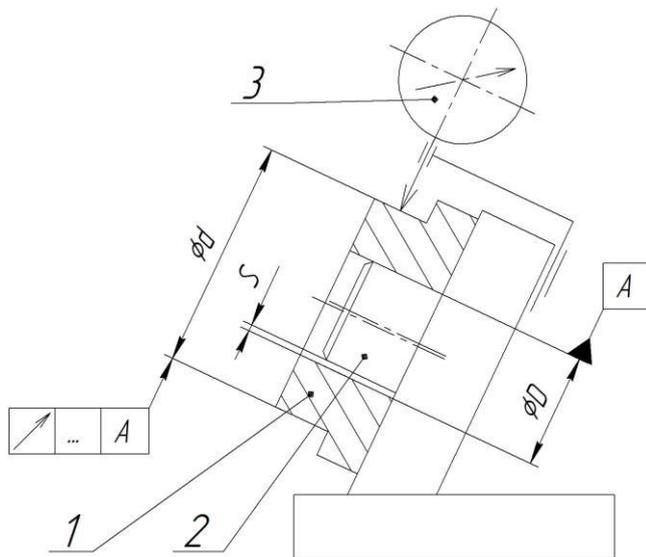


Рисунок. Контрольное приспособление.

1 - контролируемая деталь, 2 - установочный палец, 3 - индикатор.

В процессе контроля, как правило, не возникает значительных измерительных усилий, поэтому нет необходимости в обеспечении больших сил зажима.

В тех случаях, когда измеряемая деталь имеет развитые базовые поверхности и занимает при контроле определенное положение, необходимость в закреплении детали отпадает. Если закрепление необходимо, то чаще всего применяются: пружинные, винтовые, эксцентриковые зажимы и пневмопривод.

Основное требование к зажимным механизмам – обеспечение минимальной величины погрешности закрепления. Данная погрешность должна составлять не более 5 % от допустимой погрешности измерения.

Вспомогательные устройства контрольных приспособлений (делительные, фиксирующие) аналогичны устройствам станочных приспособлений.

К вспомогательным устройствам присущим только контрольным приспособлениям относятся передаточные механизмы между контролируемой поверхностью детали и средством измерения.

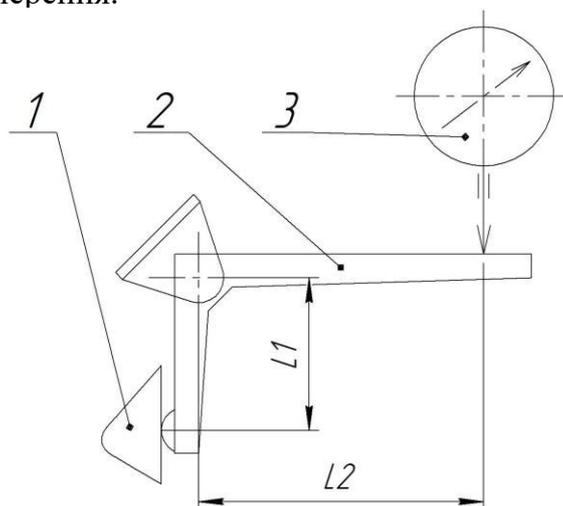


Рисунок. Передаточный механизм.

1 - контролируемая деталь, 2 - передаточный механизм, 3 - индикатор.

Их применение позволяет:

1. Вынести средство измерения в удобное для считывания показаний место, а также предохранить его от случайных повреждений.
2. Изменить направление измерительного перемещения и повысить точность контроля, посредством изменения передаточного отношения.

Передаточное отношение

$$u = L_2 / L_1 ,$$

## Тема 16. СПЕЦИФИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.

### §1. Специфика изготовления приспособлений. Контроль приспособлений

Универсальные приспособления (трех- и четырехкулачковые патроны, тиски, поворотные столы, магнитные плиты) выпускаются в значительных объемах. Как правило, они изготавливаются в условиях массового, крупносерийного и серийного производства на специализированных предприятиях. Аналогичным образом изготавливаются стандартные и нормализованные элементы приспособлений (установочные элементы, кондукторные втулки, силовые приводы и другие).

Специальные приспособления изготавливаются индивидуально или малыми партиями в инструментальных цехах заводов.

Определенной спецификой характеризуется изготовление деталей с точно координированными отверстиями (корпусов сверлильных и расточных приспособлений, кондукторных плит, делительных дисков и других). При жестких допусках на межцентровое расстояние отверстий обычные методы разметки и растачивания не обеспечивают требуемую точность.

При большом объеме работ в этом случае применяются координатно-расточные станки обычного типа или оснащенные системами ЧПУ.

При малой загрузке такие станки не окупаются, поэтому на небольших заводах применяют упрощенные методы получения точно расположенных отверстий. Например, растачивание по эталонным втулкам на точных токарных, горизонтально-расточных или вертикально-фрезерных станках.

Большие возможности в части сокращения сроков и себестоимости изготовления приспособлений для серийного производства дает применение пластмасс (обычно используются эпоксидные компаунды, как наиболее прочные).

При изготовлении деталей приспособления такие пластмассы заливают в разовые формы (гипсовые, бумажные, из пластилина). Основные свойства эпоксидных компаундов: твердость НВ 20, предел прочности при растяжении 60 МПа, при сжатии 130 МПа, износостойкость близка к износостойкости алюминиевых сплавов.

Из эпоксидного компаунда изготавливают ложементы (негативные опечатки) для установки обрабатываемых деталей по наружным сложнопрофильным поверхностям, кондукторные плиты.

При сборке приспособлений возникает необходимость обеспечить высокую точность взаимного расположения деталей и узлов приспособления. В этом случае, как правило, выполняют выверку, а необходимое положение фиксируется контрольными штифтами.

Для повышения точности сборки часто используют совместную обработку нескольких деталей после их сборки. Например, рабочие поверхности установочных элементов шлифуют за один проход после их окончательной фиксации на корпусе приспособления.

Контроль точности изготовления станочных и сборочных приспособлений осуществляется одним из трех методов:

1. Непосредственным измерением тех размеров приспособления, от которых зависит точность его работы.
2. Пробной обработкой нескольких заготовок с последующим контролем полученных параметров точности.
3. Использование для контроля эталонных деталей.

В процессе эксплуатации приспособления периодически осматривают и проверяют.

На крупных заводах проверку приспособлений осуществляют работники ОТК. Результаты проверки фиксируются в паспорте приспособления.

На основе периодических осмотров и проверок выявляется необходимость ремонта, а также замены изношенных элементов и узлов приспособления.

## ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

“РАСЧЕТ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ”

Для выполнения курсового и дипломного проектирования

для студентов специальности 1-36 01 01  
«Технология машиностроения»

Методические указания предназначены для выполнения соответствующих разделов курсового проекта по «Технологии машиностроения» и дипломного проекта по специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения».

В указаниях приводится методика расчета сил закрепления заготовки в приспособлении и методика расчета зажимных механизмов приспособлений.

Составитель: Ялковский Н.С, старший преподаватель  
Парфиевич А.Н, ассистент

Рецензент: Андросюк И.В. Главный инженер УП «Гефест-техника»

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет», 2011

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

В конструкции большинства станочных приспособлений предусмотрены зажимные механизмы. Их назначение - обеспечить постоянство контакта заготовки с установочными элементами (опорами) приспособления и предотвратить смещение и вибрации заготовки в процессе обработки.

Зажимные устройства приспособлений могут приводиться в действие вручную (это, как правило, винтовые и эксцентриковые зажимы), так и иметь механизированный привод (пневматический, гидравлический, магнитный, привод от электродвигателя и т. д.). Применение механизированных зажимов предпочтительно, так как они обеспечивают постоянство силы зажима и сокращают затраты сил и времени на закрепление и открепление заготовки.

В приспособлениях оснащенных механизированным приводом часто применяются промежуточные зажимные механизмы (механизмы-усилители) в качестве которых используются клиновые и рычажные зажимные устройства, прихваты различных конструкций и т. д. Их применение позволяет:

1. Увеличить значение и изменить направление действия силы зажима.
2. Сделать конструкцию приспособления более компактной, облегчить процесс установки и закрепления заготовки в приспособлении.

При проектировании приспособления обязательно проводится расчет силы зажима, зажимного механизма и силового привода приспособления.

## 2. РАСЧЕТ НЕОБХОДИМОЙ СИЛЫ ЗАЖИМА

Расчет сил закрепления заготовки проводят при конструировании новых приспособлений и при использовании имеющихся универсальных и переналаживаемых приспособлений, в последнем случае расчет носит проверочный характер.

В первом приближении расчет сил зажима заготовки сводится к задаче статики на равновесие заготовки под действием приложенных к ней внешних сил и проводится в следующей последовательности:

1. На схеме установки заготовки указываются силы, действующие на нее в процессе обработки, при этом обязательно учту подлежат силы резания, силы зажима, реакции опор и силы трения. При необходимости также указывают объемные силы (сила тяжести, инерционные и центробежные силы) и второстепенные силы, возникающие, например, при отводе режущего инструмента (сверла, метчика, развертки).
2. Из шести уравнений статики выбираются приемлемые для данной схемы нагружения и, исходя из условия равновесия сил и моментов, действующих на заготовку, определяется необходимая сила зажима.
3. На этапе расчетов в уравнение водится поправочный коэффициент  $k$  (коэффициент запаса зажимной силы), характеризующий неточность расчетов, непостоянство условий обработки и закрепления заготовки.

В качестве примера рассмотрим схему закрепления заготовки, приведенную на рисунке 1. На схеме приняты следующие обозначения:

$P_1$  и  $P_2$  - силы резания, возникающие при обработке;

$W$  - сила закрепления заготовки, величину которой необходимо определить;

$f_1$  и  $f_2$  - коэффициенты трения заготовки соответственно с зажимными и установочными элементами приспособления, их значения приведены в приложении;

$j_1$  и  $j_2$  - жесткость соответственно зажимных и установочных элементов.

Предполагается, что силы  $P_1$  и  $P_2$  определены на начальном этапе расчетов по формулам, известным из курса дисциплины "Теория резания".

Сила  $P_1$  направлена против зажимного устройства и может привести к отрыву заготовки от опор приспособления, чтобы этого не произошло должно выполняться условие (условие равновесия сил действующих на заготовку).

$$W = P_1 \cdot k \quad (2.1)$$

где  $k$  - коэффициент запаса зажимной силы.

Методика определения коэффициента  $k$  изложена в приложении.

По этой же формуле определяется требуемая величина силы зажима  $W$  (ее минимальное значение).

Сила  $P_2$  стремится сдвинуть заготовку с опор приспособления, чему противодействуют силы трения, возникающие в местах контакта заготовки с опорами и зажимными элементами приспособления. Условие равновесия сил действующих на заготовку выразится формулой.

$$(W - P_1) \cdot f_2 + W \cdot f_1 = P_2 \cdot k \quad (2.2)$$

В данном выражение учтено, что составляющая  $P_1$  силы резания противодействует зажимному устройству приспособления и поэтому в контакте заготовка - установочные элементы приспособления действует сила (реакция опор) равная  $W - P_1$ .

Расчетная формула для определения силы зажима

$$W = \frac{P_2 \cdot k + P_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2} \quad (2.3)$$

Для дальнейших расчетов приспособления из двух значений  $W$ , определенных по формулам 2.1 и 2.3, выбирается наибольшее.

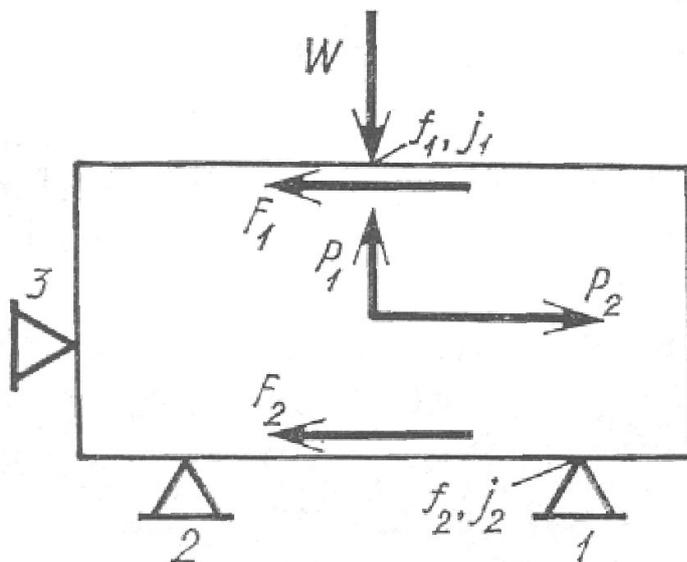


Рисунок 1. Схема установки заготовки и схема действующих на нее сил

Вышеприведенные формулы получены с учетом предположения, что сила зажима создается зажимными устройствами второй группы (пневматическими, гидравлическими и пневмогидравлическими механизмами прямого действия), не имеющими в своем составе самотормозящих элементов.

В том случае если зажимной механизм приспособления имеет в своей конструкции самотормозящие элементы (винтовые, эксцентриковые, клиновые безроликвые), сила  $P_1$  приводит к перераспределению реакций опор и зажимных элементов приспособления.

В качестве примера рассмотрим ту же схему закрепления заготовки.

Так же как и в предыдущем случае сила  $P_1$  может привести к отрыву заготовки от опор приспособления, чтобы этого не произошло должно выполняться условие.

$$W = P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot k \quad (2.4)$$

Сила  $P_2$  стремится сдвинуть заготовку с опор приспособления, чему противодействуют силы трения, в местах контакта заготовки с опорами и зажимными элементами приспособления. Условие равновесия действующих на заготовку сил и расчетная формула примут вид.

$$(W + P_1 \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2}) \cdot f_1 + (W - P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2}) \cdot f_2 = P_2 \cdot k \quad (2.5)$$

$$W = (P_2 \cdot k - P_1 \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2} \cdot f_1 + P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot f_2) / (f_1 + f_2) \quad (2.6)$$

В данных выражениях учтено, что составляющая  $P_1$  приводит к перераспределению реакций опор и зажимного элемента, которые могут быть выражены формулами.

Реакция установочных элементов (опор) приспособления

$$W - P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \quad (2.7)$$

Реакция зажимных элементов

$$W + P_1 \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2} \quad (2.8)$$

Жесткость  $j_1$ , как правило, больше  $j_2$  поэтому

$$\frac{j_1}{j_1 + j_2} = 0,3...0,4 \quad \frac{j_2}{j_1 + j_2} = 0,6...0,7 \quad (2.9)$$

Меньшие значения в первом соотношении и большие во втором следует принимать в случае использования зажимных механизмов пониженной жесткости.

Для дальнейших расчетов приспособления из двух значений  $W$ , определенных по формулам 2.4 и 2.6, выбирается наибольшее.

Следует отметить, что расчет по приведенным формулам проводится не только при установке заготовки на плоскость, но и при установке на плоскость и два пальца, а также при установке на плоскость и палец или во втулку, когда сдвигающая сила проходит через ось установочного элемента и может привести к смещению заготовки. Во всех перечисленных случаях силам резания (в частности силе  $P_2$ ) должны противодействовать силы трения в контакте заготовки с элементами приспособления. Боковые поверхности пальцев и втулок не должны воспринимать силы резания, в противном случае:

1. В процессе обработки возможно смещение заготовки в пределах зазора между базовой поверхностью (отверстием, цилиндрическим буртиком) и установочным элементом, что изменяет первоначальное положение заготовки, достигнутое базированием.
2. Имеет место значительный износ установочных элементов (боковой поверхности пальца, втулки) быстро приводящий к потере точности приспособления.

По аналогичной методике могут быть рассчитаны силы зажима и для других случаев установки заготовки и действующих на нее сил.

Рассмотрим уравнения равновесия и формулы для расчета зажимных сил, предупреждающих смещение заготовки.

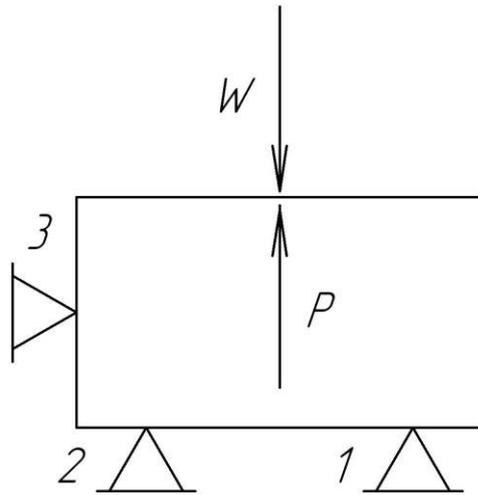


Рисунок 2. Схема установки, при которой силы резания стремятся оторвать заготовку от опор

На заготовку действует сила, стремящаяся оторвать ее от опор. Зажимное устройство должно обеспечить надежный контакт заготовки с установочными элементами 1 и 2.

Условие равновесия сил и расчетная формула.

Для зажимов второй группы

$$W = P_1 \cdot k \quad (2.10)$$

Для зажимов первой группы

$$W = P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot k \quad (2.11)$$

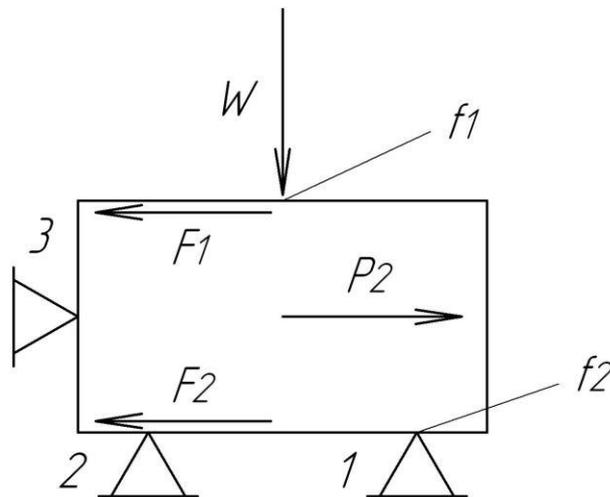


Рисунок 3. Схема установки, при которой силы резания стремятся сдвинуть заготовку

На заготовку действует сила, стремящаяся сдвинуть ее с опор. Зажимное устройство должно предупредить смещение заготовки на опорах 1 и 2 в сторону от установочного элемента 3. Возможному смещению заготовки препятствуют силы трения в местах контакта заготовки с опорами и зажимными элементами приспособления.

Условие равновесия сил и расчетная формула

Для зажимов первой и второй группы

$$W \cdot f_2 + W \cdot f_1 = P_2 \cdot k \quad (2.12)$$

$$W = \frac{P_2 \cdot k}{f_1 + f_2} \quad (2.13)$$

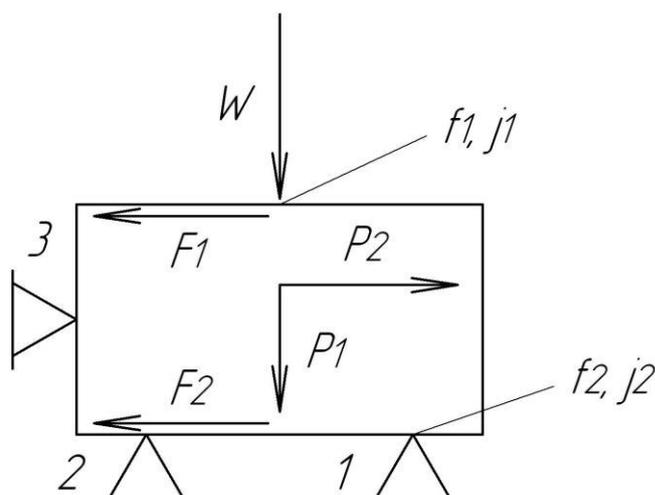


Рисунок 4. Схема установки, при которой силы резания стремятся сдвинуть заготовку и прижимают ее к опорам

На заготовку действует сила, стремящаяся сдвинуть ее и прижимающая заготовку к опорам приспособления. Зажимное устройство должно предупредить смещение заготовки на опорах 1 и 2 в сторону от установочного элемента 3. Возможному смещению препятствуют силы трения в контакте заготовки с установочными и зажимными элементами приспособления.

Условие равновесия сил и расчетная формула

Для зажимов второй группы

$$(W + P_1) \cdot f_2 + W \cdot f_1 = P_2 \cdot k \quad (2.14)$$

$$W = \frac{P_2 \cdot k - P_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2} \quad (2.15)$$

Для зажимов первой группы

$$(W - P_1 \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2}) \cdot f_1 + (W + P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2}) \cdot f_2 = P_2 \cdot k \quad (2.16)$$

$$W = (P_2 \cdot k + P_1 \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2} \cdot f_1 - P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot f_2) / (f_1 + f_2) \quad (2.17)$$

Рассмотрим уравнения равновесия и формулы для расчета зажимных сил, предупреждающих поворот заготовки под действием момента сил.

Цилиндрическая заготовка радиусом  $r$  установлена в трехкулачковом патроне и находится под действием момента сил обработки  $M_p$  и осевой силы  $P$ . Возможному повороту заготовки под действием момента  $M_p$  противодействуют создаваемые силами  $W$  и  $P$  моменты трения в контакте кулачков с наружной цилиндрической поверхностью заготовки и в контакте уступов кулачков радиусом  $r_{cp}$  с торцевой поверхностью заготовки.

Условие равновесия моментов и расчетная формула для случая когда сила  $P$  направлена в сторону патрона.

Для зажимов первой и второй группы

$$3W \cdot f_1 \cdot r = M_p \cdot k \quad (2.18)$$



$$W = \frac{M_p \cdot k - P \cdot f_2 \cdot r_2}{f_1 \cdot r_1 + f_2 \cdot r_2} \quad (2.26)$$

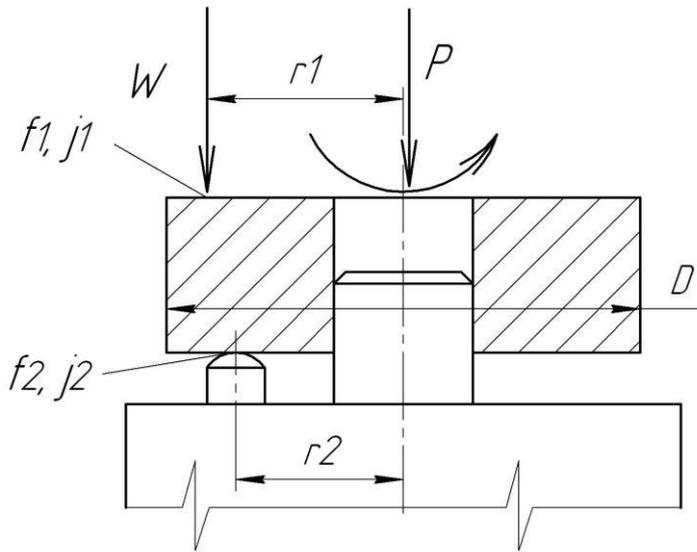


Рисунок 6. Схема сил действующих на заготовку при ее установке по отверстию

Для зажимов первой группы

$$\left(W - P \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2}\right) \cdot f_1 \cdot r_1 + \left(W + P \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2}\right) \cdot f_2 \cdot r_2 = M_p \cdot k \quad (2.27)$$

$$W = \left(M_p \cdot k + P \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2} \cdot f_1 \cdot r_1 - P \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot f_2 \cdot r_2\right) / (f_1 \cdot r_1 + f_2 \cdot r_2) \quad (2.28)$$

Выражения, стоящие в скобках в формуле 2.27, являются реакциями соответственно зажимного механизма и установочных элементов приспособления.

Приведенные выше расчетные формулы получены из предположения, что зажимное устройство приспособления обладает достаточной жесткостью в тангенциальном направлении и воспринимает момент сил резания  $M_p$ .

В том случае если жесткость зажима незначительна, моменту  $M_p$  будет противодействовать только момент сил трения в местах контакта заготовки с опорами приспособления. Момент трения между заготовкой и зажимом в этом случае не учитывается.

Расчетные формулы примут вид.

Для зажимов второй группы

$$W = \frac{M_p \cdot k - P \cdot f_2 \cdot r_2}{f_2 \cdot r_2} \quad (2.29)$$

Для зажимов первой группы

$$W = \left(M_p \cdot k - P \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot f_2 \cdot r_2\right) / (f_2 \cdot r_2) \quad (2.30)$$

Цилиндрическая заготовка устанавливается во втулку поверхностью диаметром  $D_1$  и равномерно поджимается силой  $W$  к кольцевой поверхности диаметрами  $D$  и  $d$ . На заготовку действуют момент  $M_p$  и осевая сила  $P$ . Повороту заготовки препятствуют создаваемые силами  $W$  и  $P$  моменты трения в контакте зажимного элемента и заготовки и в контакте заготовки и установочного элемента.

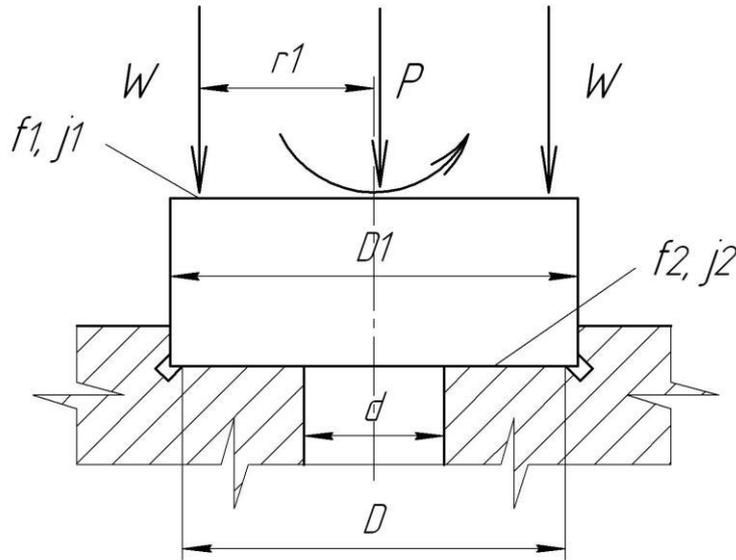


Рисунок 7. Схема сил действующих на заготовку при ее установке по наружной поверхности

Поскольку контакт между заготовкой и опорами приспособления происходит по кольцевой поверхности, в расчетах учитывается приведенный ее радиус, определяемый по формуле

$$r_{np} = \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \quad (2.31)$$

Условие равновесия моментов и расчетная формула.

Для зажимов второй группы

$$W \cdot f_1 \cdot r_1 + (W + P) \cdot f_2 \cdot r_{np} = M_p \cdot k \quad (2.32)$$

$$W = \frac{M_p \cdot k - P \cdot f_2 \cdot r_{np}}{f_1 \cdot r_1 + f_2 \cdot r_{np}} \quad (2.33)$$

Для зажимов первой группы

$$(W - P \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2}) \cdot f_1 \cdot r_1 + (W + P \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2}) \cdot f_2 \cdot r_{np} = M_p \cdot k \quad (2.34)$$

$$W = (M_p \cdot k + P \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2} \cdot f_1 \cdot r_1 - P \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot f_2 \cdot r_{np}) / (f_1 \cdot r_1 + f_2 \cdot r_{np}) \quad (2.35)$$

Приведенные расчетные формулы получены для зажимного устройства обладающего достаточной жесткостью в тангенциальном направлении и воспринимающего момент сил резания  $M_p$ .

В том случае если жесткость зажима незначительна моменту  $M_p$  будет противодействовать только момент сил трения в местах контакта заготовки с опорами приспособления. Момент трения между заготовкой и зажимом в этом случае не учитывается.

Расчетные формулы примут вид.

Для зажимов второй группы

$$W = \frac{M_p \cdot k - P \cdot f_2 \cdot r_{np}}{f_2 \cdot r_{np}} \quad (2.36)$$

Для зажимов первой группы

$$W = (M_p \cdot k - P \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot f_2 \cdot r_{np}) / (f_2 \cdot r_{np}) \quad (2.37)$$

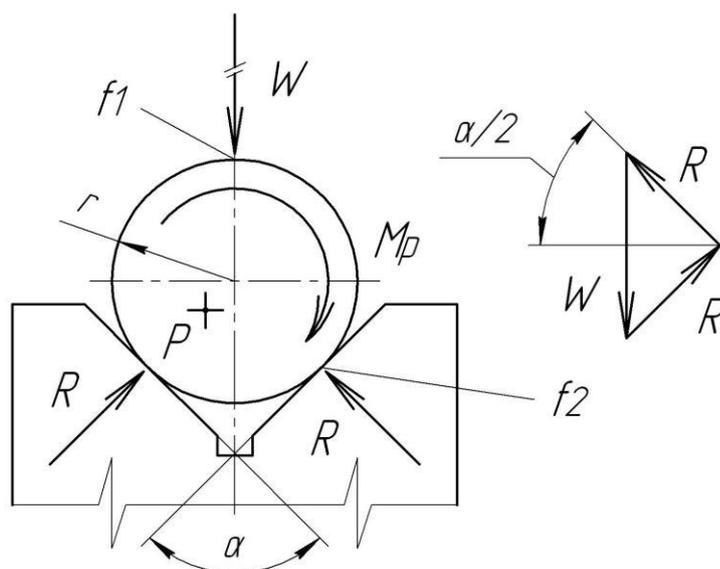


Рисунок 8. Схема сил действующих на заготовку при ее установке в призму

Цилиндрическая заготовка радиусом  $r$  установлена в призме с углом  $\alpha$  и находится под действием момента обработки  $M_p$  и осевой силы  $P$ . Возможному сдвигу вдоль оси и повороту заготовки противодействуют силы и моменты трения создаваемые в контакте заготовки с установочными и зажимными элементами приспособления.

Условие равновесия моментов и расчетная формула.

Для зажимов первой и второй группы

$$W \cdot f_1 \cdot r + \frac{W}{\sin(\alpha/2)} \cdot f_2 \cdot r = M_p \cdot k \quad (2.38)$$

$$W = M_p \cdot k / (f_1 \cdot r + \frac{1}{\sin(\alpha/2)} \cdot f_2 \cdot r) \quad (2.39)$$

Условие равновесия сил и расчетная формула исходя из действия силы  $P$ .

Для зажимов первой и второй группы

$$W \cdot f_1 + \frac{W}{\sin(\alpha/2)} \cdot f_2 = P \cdot k \quad (2.40)$$

$$W = P \cdot k / (f_1 + \frac{1}{\sin(\alpha/2)} \cdot f_2) \quad (2.41)$$

В качестве необходимой силы зажима для дальнейших расчетов из двух значений  $W$  выбирается наибольшее.

После определения необходимых сил зажима заготовки выполняется расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

Силы зажима заготовок также могут быть определены по формулам, приведенным в [1, 2, 3].

### 3. ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Ниже рассмотрены наиболее распространенные зажимные механизмы, используемые в станочных приспособлениях. Приведенные формулы определяют зависимости для нахождения силы  $P$ , необходимой для приведения в действие зажимного механизма, исходя из усилия  $W$  этим механизмом развиваемого.

#### 3.1 Рычажные зажимы

Угловой рычажный механизм с равными плечами  $l_1 = l_2 = l$

$$P = W \cdot \frac{l + h_2 \cdot f_2 + 1,41 \cdot \rho}{l - h_1 \cdot f_1} \quad (3.1)$$

Угловой рычаг  $l_1 > l_2$ , где  $l_1$  - плечо действия силы  $P$

$$P = W \cdot \frac{l_2 + h_2 \cdot f_2 + 0,96 \cdot \rho}{l_1 - h_1 \cdot f_1 - 0,4 \cdot \rho} \quad (3.2)$$

Угловой рычаг  $l_1 < l_2$ , где  $l_1$  - плечо действия силы  $P$

$$P = W \cdot \frac{l_2 + h_2 \cdot f_2 + 0,4 \cdot \rho}{l_1 - h_1 \cdot f_1 - 0,96 \cdot \rho} \quad (3.3)$$

где  $h_1$  - расстояние от оси вращения рычага до точки приложения силы зажима, измеренное в направлении действия этой силы;

$h_2$  - расстояние от оси вращения рычага до точки приложения приводной силы, в направлении действия силы;

$f_1$  и  $f_2$  - коэффициенты трения соответственно на поверхности контакта рычага и закрепляемой заготовки и на поверхности воспринимающей усилие от привода, для практических расчетов можно принимать оба коэффициента равными 0,1

$\rho$  - радиус круга трения.

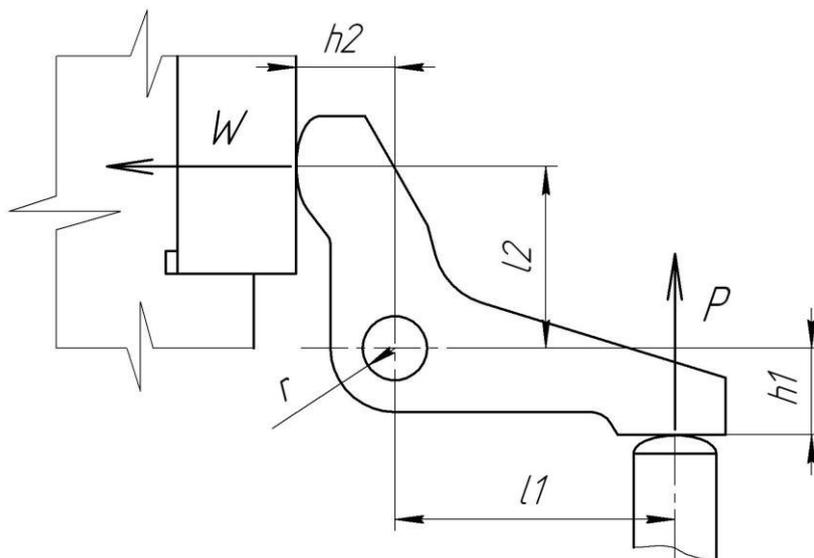


Рисунок 9. Двухплечевой угловой рычажный зажимной механизм

Величина  $\rho$  определяется по формуле

$$\rho = r \cdot f \quad (3.4)$$

где  $f$  - коэффициент трения на оси рычага, равен 0,18...0,20;

$r$  - радиус оси рычага.

Для прямого рычага расчет ведется по формуле

$$P = W \cdot \frac{l_2 + h_2 \cdot f_2 + \rho / \cos \varphi}{l_1 - h_1 \cdot f_1 - \rho / \cos \varphi} \quad (3.5)$$

где  $\varphi$  - угол трения в контакте рычага с заготовкой, принимается равным  $6^\circ$ .

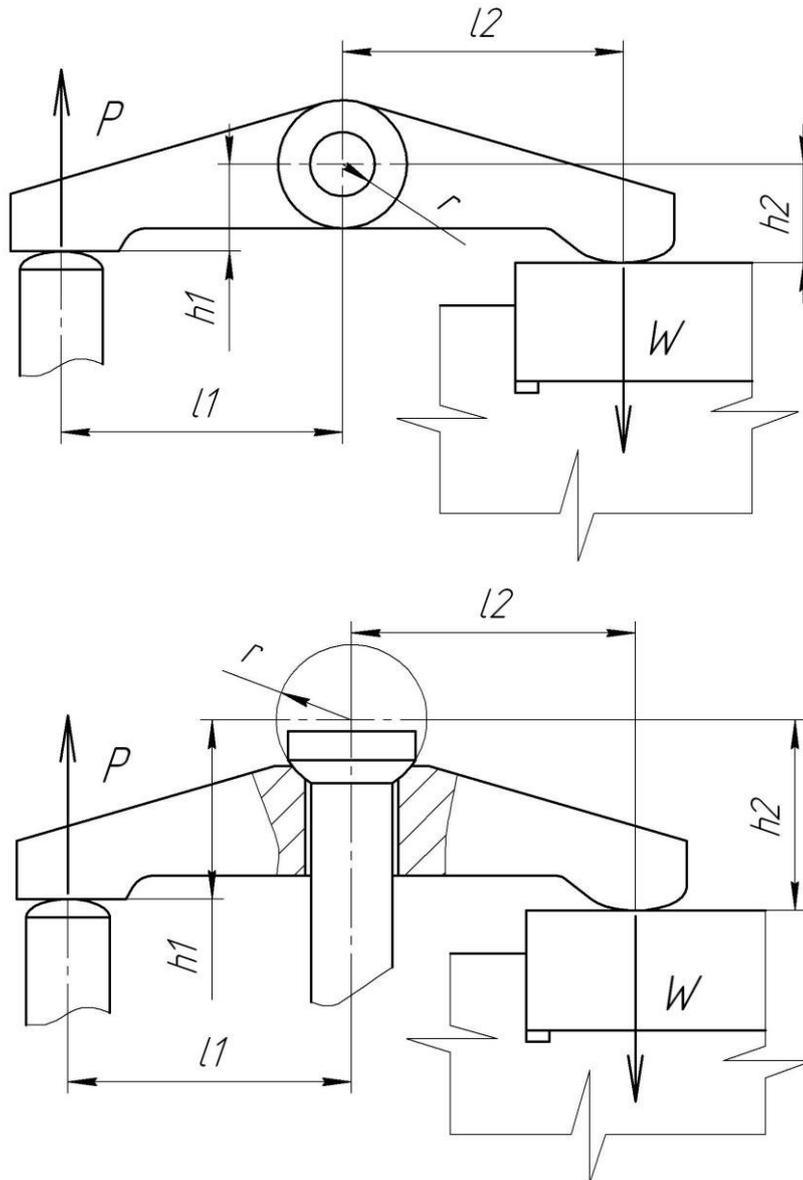


Рисунок 10. Двухплечевые прямые рычажные зажимные механизмы

### 3.2 Клиновые зажимы

Сила  $P$  необходимая для приведения в действие клинового механизма определяется исходя из развиваемого им усилия  $W$  по формуле

$$P = W \cdot (tg(\alpha + \varphi) + tg\varphi_1) \quad (3.6)$$

где  $\alpha$  - угол клина;

$\varphi$  - угол трения на наклонной поверхности клина;

$\varphi_1$  - угол трения в направляющих клина.

В случае если на всех перечисленных поверхностях имеет место трение скольжения при практических расчетах можно принимать

$$\varphi = \varphi_1 \approx 6^\circ \quad \text{и} \quad \operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,1$$

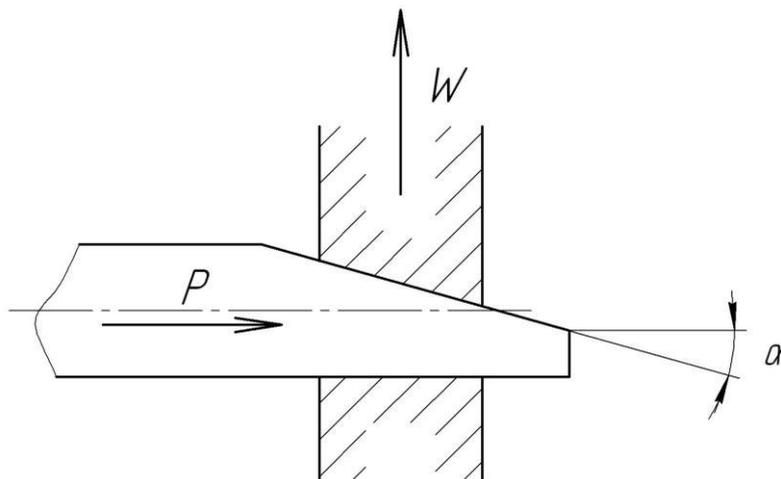


Рисунок 11. Клиновой зажимной механизм с трением скольжения на обеих поверхностях клина

Из приведенной выше формулы легко могут быть получены расчетные зависимости для других разновидностей клиновых механизмов.

Клиновой механизм с роликом на наклонной поверхности клина.

$$P = W \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1) \quad (3.7)$$

где  $\varphi_{np}$  - приведенный коэффициент трения на наклонной поверхности клина.

Тангенс угла  $\varphi_{np}$  рассчитывается по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi_{np} = \frac{d}{D} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (3.8)$$

где  $d$  - диаметр оси ролика;

$D$  - наружный диаметр ролика.

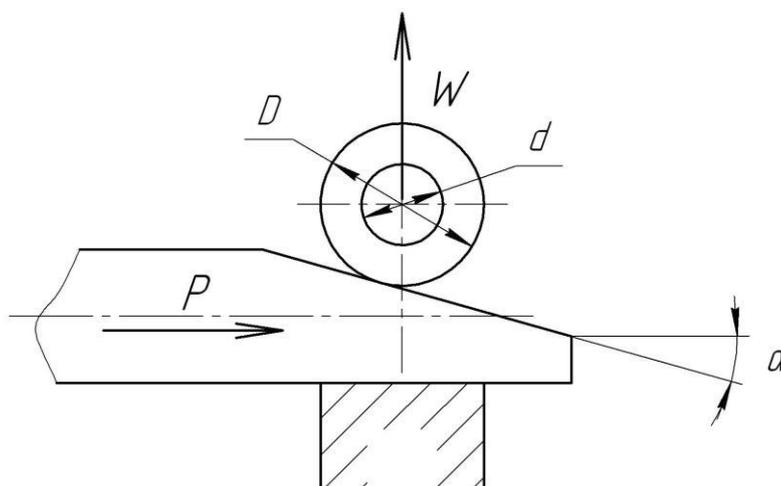


Рисунок 12. Клиновой зажимной механизм с роликом на наклонной поверхности клина

Клиновой механизм с роликом в направляющих клина

$$P = W \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_{np1}) \quad (3.9)$$

Клиновой механизм с роликами на наклонной поверхности и в направляющих клина

$$P = W \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_{np1}) \quad (3.10)$$

В любом случае тангенс приведенного угла трения определяется по формуле 3.8.

### 3.3 Клиноплунжерные зажимы

Распространенной разновидностью клиновых зажимов являются клиноплунжерные механизмы.

Исходной формулой для расчета силы, необходимой для приведения в действие подобных механизмов, является формула для клиноплунжерного механизма с двухопорным плунжером без роликов.

$$P = W \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \operatorname{tg}\varphi_2} \quad (3.11)$$

где  $\alpha$  - угол клина;

$\varphi$  - угол трения на наклонной поверхности клина;

$\varphi_1$  - угол трения в направляющих клина;

$\varphi_2$  - угол трения в направляющих плунжера.

В случае если на всех перечисленных поверхностях имеет место трение скольжения при практических расчетах можно принимать

$$\varphi = \varphi_1 = \varphi_2 \approx 6^\circ \quad \text{и} \quad \operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\varphi_1 = \operatorname{tg}\varphi_2 = 0,1$$

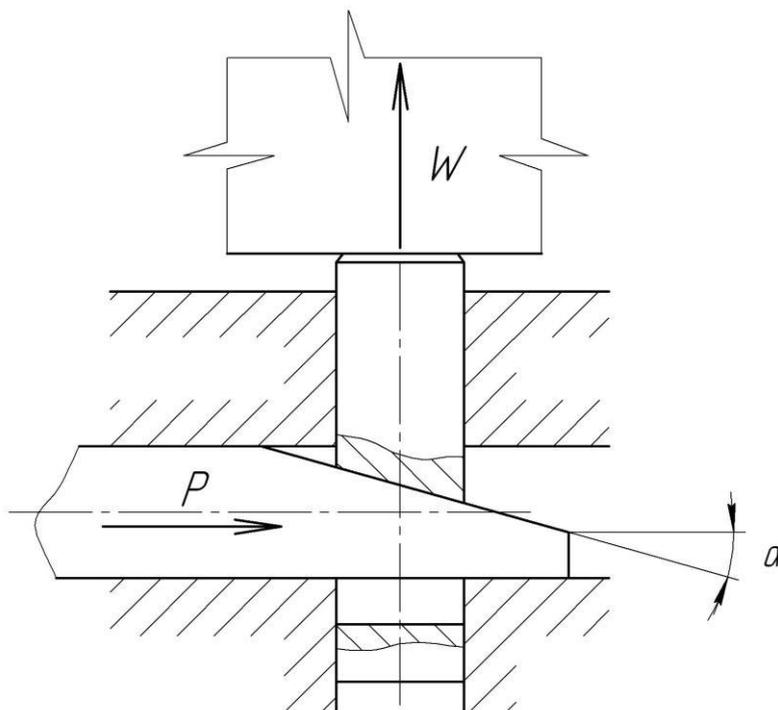


Рисунок 13. Двухопорный клиноплунжерный зажимной механизм

Из приведенной выше формулы могут быть получены расчетные зависимости для всех разновидностей клиноплунжерных механизмов.

Клиноплунжерный механизм с одноопорным плунжером без роликов

$$P = W \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \operatorname{tg}\varphi_{2np}} \quad (3.12)$$

где  $\varphi_{2np}$  - приведенный коэффициент трения в направляющих плунжера

Тангенс этого угла рассчитывается по формуле

$$\operatorname{tg}\varphi_{2np} = \frac{3 \cdot l}{a} \cdot \operatorname{tg}\varphi_2 \quad (3.13)$$

где  $l$  - расстояние от средней точки контакта консольного плунжера с клином до середины направляющей плунжера;

$a$  - длина направляющей плунжера.

На этапе проектирования зажимного механизма приспособления конкретные значения  $a$  и  $l$  могут быть неизвестны, поэтому может использоваться приближенное соотношение

$$l/a = 0,7$$

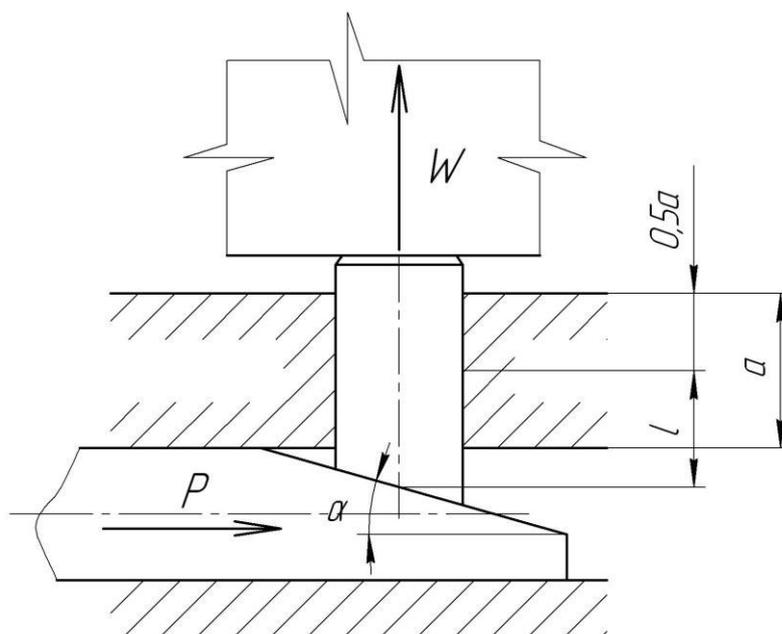


Рисунок 14. Одноопорный клиноплунжерный зажимной механизм

Клиноплунжерный механизм с двухопорным плунжером и роликом на наклонной поверхности клина

$$P = W \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg}\varphi_1}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \cdot \operatorname{tg}\varphi_2} \quad (3.14)$$

где  $\varphi_{np}$  - приведенный коэффициент трения на наклонной поверхности клина.

Тангенс угла  $\varphi_{np}$  рассчитывается по формуле 3.8.

$$\operatorname{tg}\varphi_{np} = \frac{d}{D} \cdot \operatorname{tg}\varphi$$

где  $d$  - диаметр оси ролика;

$D$  - наружный диаметр ролика;

$\varphi$  - угол трения скольжения, равен  $6^\circ$ .

Клиноплунжерный механизмы с одноопорным плунжером и роликом на наклонной поверхности клина

$$P = W \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg}\varphi_1}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \cdot \operatorname{tg}\varphi_{2np}} \quad (3.15)$$

Величина  $\varphi_{np}$  определяется так же как и для двухопорного механизма с роликом.

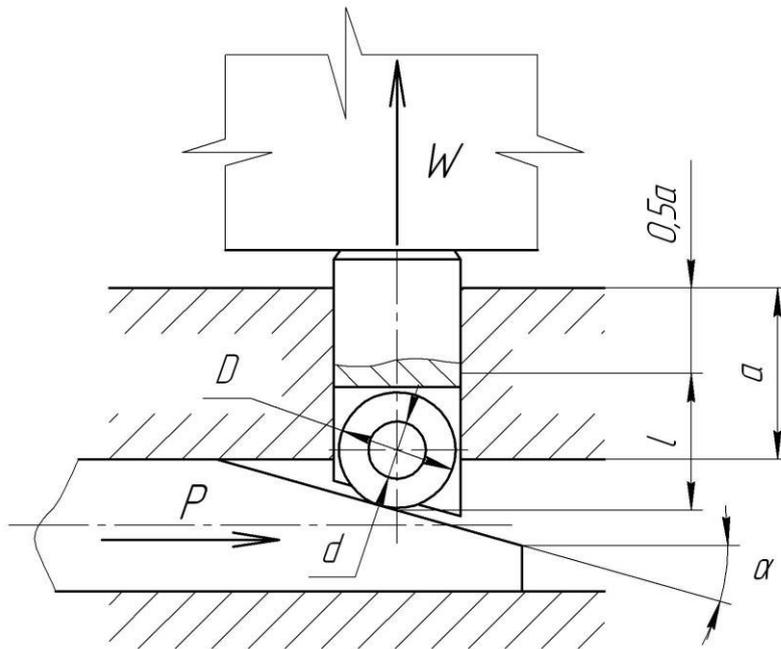


Рисунок 15. Одноопорный клиноплунжерный механизм с роликом на наклонной поверхности

Аналогичным образом могут быть получены расчетные формулы для определения силы  $P$  для клиноплунжерных механизмов с роликом в направляющих клина, для этого достаточно  $tg\varphi_1$  заменить тангенсом приведенного угла трения, определяемого по формуле 3.8.

Многоплунжерные клиновые механизмы чаще всего применяются в самоцентрирующих зажимах (патроны, оправки), а также в многоместных приспособлениях.

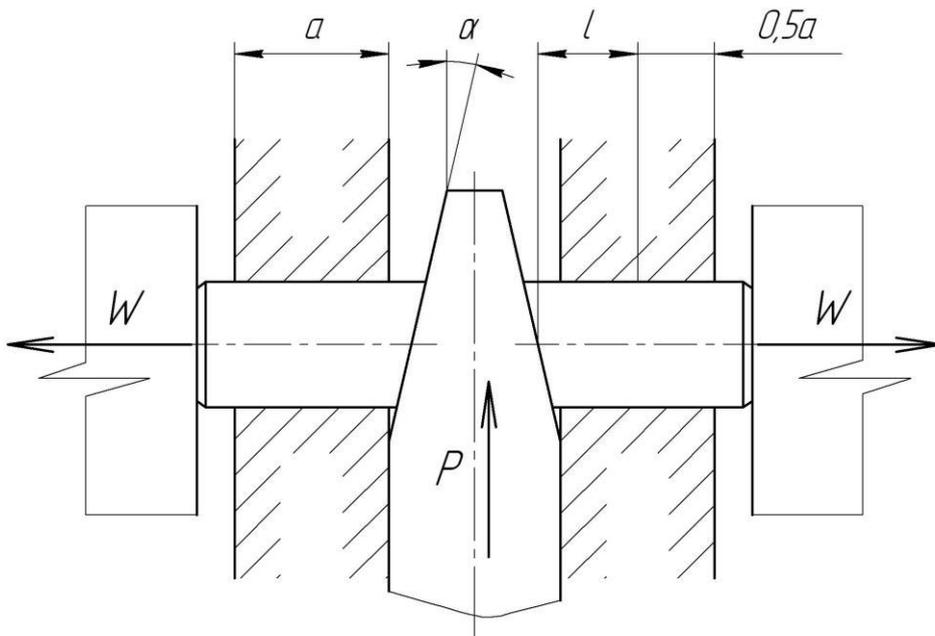


Рисунок 16. Многоплунжерный зажимной механизм

При использовании многоплунжерного механизма без роликов расчетная формула имеет вид

$$P = W \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \operatorname{tg}\varphi_{2np}} \quad (3.16)$$

Под величиной  $W$  в данном случае следует понимать суммарную силу, развиваемую всеми плунжерами клинового механизма.

В случае использования многоплунжерного механизма с роликами на наклонной поверхности клина формула примет вид

$$P = W \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \cdot \operatorname{tg}\varphi_{2np}} \quad (3.17)$$

Тангенсы приведенных углов трения определяются по формулам 3.8 и 3.13.

### 3.4 Г-образные прихваты

Для Г-образных прихватов расчет приводной силы выполняется по формуле.

$$P = W \cdot \frac{1}{1 - 3 \cdot f \cdot l / h} \quad (3.18)$$

где  $l$  - расстояние между осью прихвата и точкой приложения силы  $W$ ;

$f$  - коэффициент трения в направляющих прихвата, равен 0,05...0,1;

$h$  - длина опорной поверхности направляющей прихвата.

Если для возврата прихвата в исходное положение в его конструкцию введена пружина, то расчет ведется по формуле.

$$P = W \cdot \frac{1}{1 - 3 \cdot f \cdot l / h} - P_{пруж} \quad (3.19)$$

где  $P_{пруж}$  - усилие возвратной пружины.

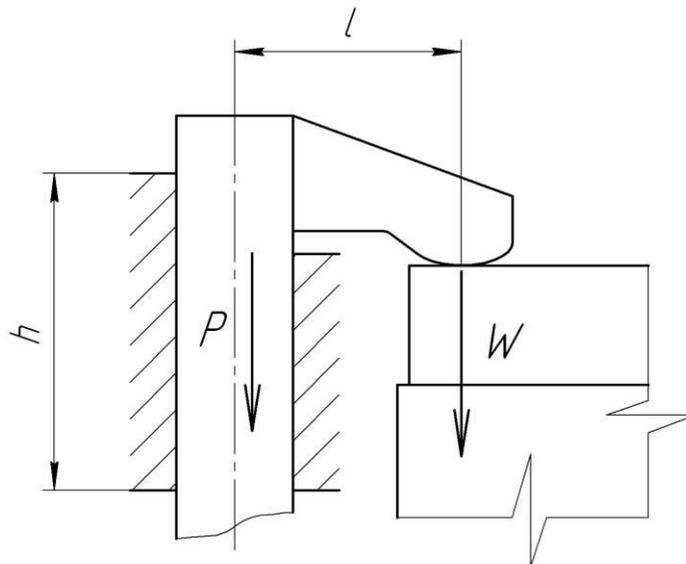


Рисунок 17. Г-образный прихват

### 3.5 Рычажно-шарнирные зажимы

Однорычажные шарнирные механизмы.

При расчете усилия привода подобных механизмов в качестве исходных данных используется необходимое усилие  $N$  на рычаге. В этом случае расчету рычажно-шарнирного зажима предшествует расчет рычажного зажимного механизма.

Однорычажный шарнирный механизм с ползуном

$$P = N \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg}\varphi) \quad (3.20)$$

где  $\alpha$  - угол, при котором осуществляется закрепление заготовки, принимается равным  $8 \dots 10^\circ$ , хотя может иметь и другие, как правило, большие значения;

$\beta$  - угол, учитывающий дополнительные потери на трение в шарнирах механизма, равен  $1,10^\circ$ ;

$\varphi$  - угол трения в направляющей ползуна, равен  $6^\circ$ .

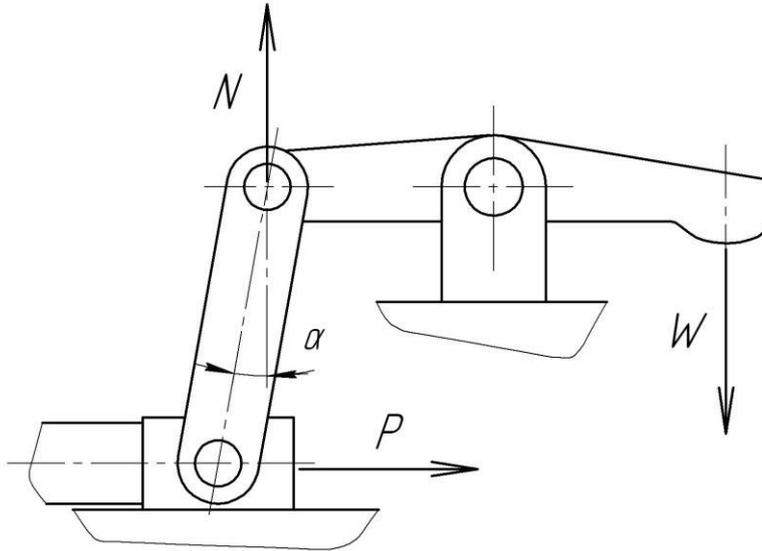


Рисунок 18. Однорычажный шарнирный зажимной механизм с ползуном

Однорычажный шарнирный механизм с роликом

$$P = N \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg}\varphi_{np}) \quad (3.21)$$

Тангенс угла  $\varphi_{np}$  рассчитывается по формуле 3.8.

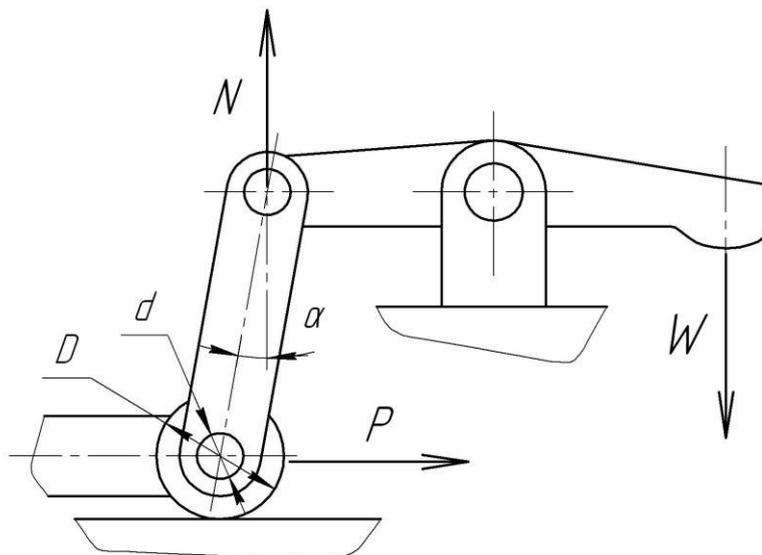


Рисунок 19. Однорычажный шарнирный зажимной механизм с роликом

Двухрычажный шарнирный механизм одностороннего действия с плунжером.

$$P = W \cdot 2 \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)}{1 - \operatorname{tg}\varphi_{2np} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta)} \quad (3.22)$$

где  $\varphi_{2np}$  - приведенный коэффициент трения в направляющих плунжера.

Тангенс этого угла рассчитывается по формуле 2.13.

$$\operatorname{tg}\varphi_{2np} = \frac{3 \cdot l}{a} \cdot \operatorname{tg}\varphi_2$$

где  $l$  - расстояние от шарнира плунжера до середины направляющей плунжера;

$a$  - длина направляющей плунжера;

$\varphi_2$  - угол трения в направляющих плунжера, равен  $6^\circ$ .

На этапе проектирования принимается приближенное соотношение

$$l/a = 0,7$$

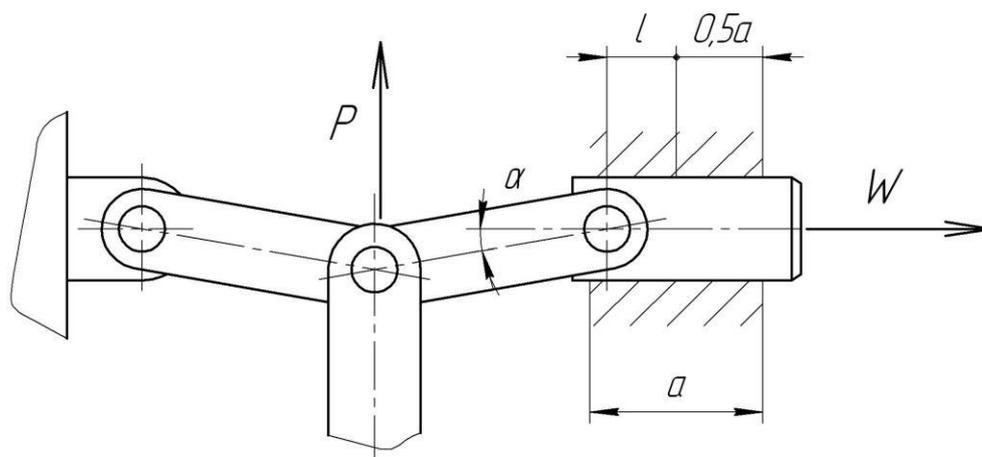


Рисунок 20. Двухрычажный шарнирный зажимной механизм одностороннего действия с плунжером

Двухрычажный шарнирный механизм двухстороннего действия с плунжерами

$$P = W \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)}{1 - \operatorname{tg}\varphi_{2np} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta)} \quad (3.23)$$

В данном случае под величиной  $W$  следует понимать суммарное усилие, развиваемое обоими плунжерами механизма.

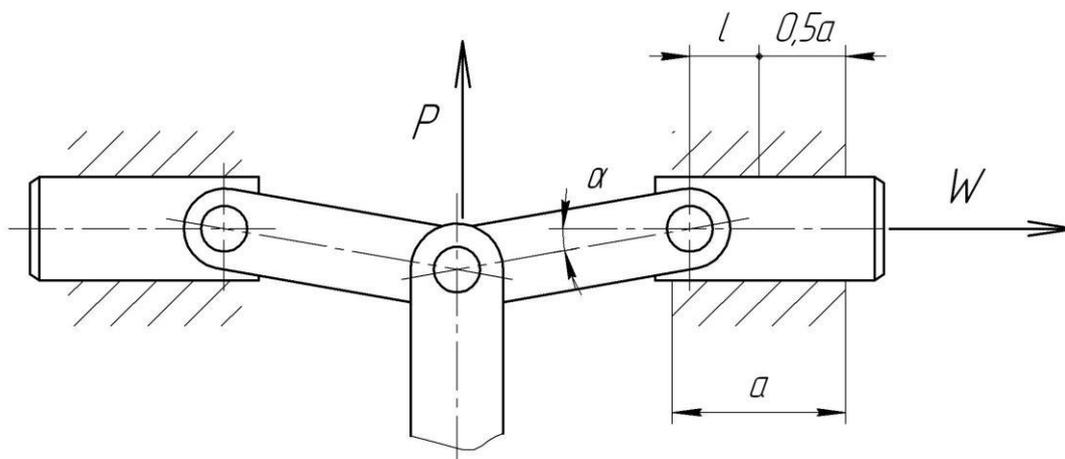


Рисунок 21. Двухрычажный шарнирный зажимной механизм двухстороннего действия с плунжерами

Двухрычажный шарнирный механизм одностороннего действия.

По конструкции зажим аналогичен механизму, представленному на рисунке 20, с той лишь разницей, что закрепление заготовки осуществляется не плунжером, а рычагом.

$$P = N \cdot 2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta) \quad (3.24)$$

Двухрычажный шарнирный механизм двухстороннего действия.

По конструкции зажим аналогичен механизму, представленному на рисунке 21, с той лишь разницей, что закрепление заготовки осуществляется не плунжерами, а рычагами.

$$P = N \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta) \quad (3.25)$$

Под величиной  $N$  в данном случае следует понимать суммарное усилие, необходимое для приведения в действие обоих рычагов зажимного механизма.

#### 4. РАСЧЕТ СИЛОВЫХ ПРИВОДОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

В данном разделе рассматривается методика расчет пневматических и гидравлических цилиндров, как наиболее часто используемых в качестве силовых узлов станочных приспособлений.

При расчёте пневмо- и гидроцилиндров основным определяемым параметром является их диаметр  $D$ .

В качестве исходной формулы при расчете используются.

а) для пневмо- и гидроцилиндров двухстороннего действия при подаче воздуха или масла в бесштоковую полость (толкающее усилие):

$$P = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta, \text{ Н}, \quad (4.1)$$

при подаче воздуха или масла в штоковую полость (тянущее усилие):

$$P = \frac{\pi \cdot (D^2 - d_{шт}^2)}{4} \cdot p \cdot \eta, \text{ Н}, \quad (4.2)$$

б) для пневмо- и гидроцилиндров одностороннего действия:

$$P = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta - P_{пруж}, \text{ Н}, \quad (4.3)$$

где  $P$  - усилие, которое должен развивать цилиндр, Н;

$D$  - диаметр цилиндра, мм;

$d_{шт}$  - диаметр штока, мм;

$p$  - рабочее давление воздуха или масла, МПа;

$\eta$  - коэффициент полезного действия привода;

$P_{пруж}$  - сила сжатия возвратной пружины, Н.

Рабочее давление сжатого воздуха равно 0,4...0,6 МПа. Давление жидкости (масла) принимается равным 6...10 МПа.

Коэффициент полезного действия  $\eta$  для пневмоцилиндров принимается равным 0,85...0,95 (меньшие значения для цилиндров малых диаметров), для гидравлических цилиндров коэффициент равен 0,90...0,95.

Используя вышеприведенные формулы можно получить расчетные зависимости для определения диаметра цилиндра по известной силе  $P$ , необходимой для закрепления заготовки (в случае, если закрепление осуществляется непосредственно) или для приведения в действие промежуточных зажимных механизмов приспособления.

Для цилиндров двухстороннего действия расчет ведется по формулам:

при подаче воздуха или масла в бесштоковую полость

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}, \text{ мм}, \quad (4.4)$$

при подаче воздуха или масла в штоковую полость

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot \rho \cdot \eta} - d_{шт}^2}, \text{ мм}, \quad (4.5)$$

Для пневматических цилиндров соотношение диаметров штока и цилиндра ( $d_{шт}/D$ ) изменяется от 0,20 - для цилиндров большого диаметра до 0,35 - для цилиндров малых диаметров. С учетом соотношения  $d_{шт}/D$  расчетная формула примет вид

$$D = (1,96... 1,87) \sqrt{\frac{P}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}, \text{ мм}, \quad (4.6)$$

Значение 1,96 принимают для цилиндров больших диаметров, 1,87 - для малых.

Для гидравлических цилиндров соотношение диаметров штока и цилиндра примерно составляет 0,50. С учетом этого расчетная формула примет вид

$$D = 2,31 \sqrt{\frac{P}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}, \text{ мм}, \quad (4.7)$$

Для пневмо- и гидроцилиндров одностороннего действия расчет ведется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4(P - P_{пруж})}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}, \text{ мм}, \quad (4.8)$$

Найденную величину  $D$  округляют в большую сторону до стандартного значения. По принятому диаметру цилиндра и необходимой величине рабочего хода выбирают стандартный цилиндр.

Основные характеристики пневматических и гидравлических цилиндров приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Основные параметры стационарных пневмоцилиндров, мм.

$D$	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320
$d_{шт}$	12	14	18	18	25	25	32	40	40	63	80

Таблица 2 - Основные параметры гидроцилиндров, мм.

$D$	40	50	63	80	100
$d_{шт}$	22	25	32	36	45

После выбора стандартного пневмо- или гидроцилиндра определяют действительное значение силы развиваемой приводом и силы закрепления заготовки. Найденные значения используют при расчете приспособления на прочность.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Коэффициент запаса зажимной силы ( $k$ ) определяется как произведение ряда первичных коэффициентов характеризующих условия установки, закрепления и обработки заготовки, а также особенности конструкции приспособления. Коэффициент рассчитывается по формуле.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$$

где  $k_0$  - гарантированный коэффициент запаса, для всех случаев равен 1,5;

$k_1$  - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прогрессирующем затуплении режущего инструмента, значения приведены в таблице 1;

$k_2$  - коэффициент, учитывающий неравномерность сил резания из-за непостоянства снимаемого при обработке припуска

для черновой обработки коэффициент равен 1,2

для чистовой обработки - 1,0;

$k_3$  - коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании, при прерывистом точении и торцевом фрезеровании равен 1,2;

$k_4$  - коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима, развиваемых силовым приводом приспособления,

для пневматических и гидравлических цилиндров, электромеханических и магнитных зажимных устройств коэффициент равен 1,0

для ручных зажимов - 1,3

если на силу развиваемую приводом оказывает влияние отклонение размеров заготовки, что имеет место при использовании пневмокамер, рычажно-шарнирных зажимов, приспособлений с упругими элементами (мембранных патронов, оправок с гидропластмассой и гофрированными втулками), коэффициент равен 1,2

$k_5$  - коэффициент, характеризующий удобство расположения рукояток ручных зажимов

при удобном расположении рукояток и малом диапазоне их поворота (менее  $90^\circ$ ) коэффициент равен 1,0

при неудобном расположении и большом диапазоне поворота - 1,2;

$k_6$  - коэффициент, учитываемый при наличии крутящих моментов, стремящихся повернуть обрабатываемую деталь на базовой плоскости,

при установке заготовки на точечные опоры коэффициент равен 1,0

при установке на опорные элементы с большой поверхностью контакта макронеровности базовой поверхности вызывают неопределенность мест контакта заготовки с опорами приспособления относительно центра поворота, в этом случае коэффициент равен 1,5

Таблица 1 - Значения коэффициента  $k_1$

Метод обработки	Силовые компоненты резания	Материал обрабатываемой заготовки	Коэффициент $k_2$
Сверление	$M_p$ $P_o$	Сталь и чугун	1,2 1,1
Предварительное зенкерование	$M_p$ $P_o$	Сталь и чугун	1,3 1,2
Чистовое зенкерование	$M_p$ $P_o$	Сталь и чугун	1,2 1,2
Предварительное точение и растачивание	$P_z$ $P_y$ $P_x$	Сталь и чугун Сталь (чугун) Сталь (чугун)	1,0 1,4 (1,2) 1,6 (1,25)
Чистовое точение и растачивание	$P_z$ $P_y$ $P_x$	Сталь (чугун) Сталь (чугун) Сталь (чугун)	1,0 (1,05) 1,05 (1,4) 1,0 (1,3)
Фрезерование цилиндрической фрезой предварительное и чистовое	$P_z$	Сталь Чугун	1,6...1,8 1,2 1,4
Фрезерование торцовой фрезой предварительное и чистовое	$P_z$	Сталь Чугун	1,6...1,8 1,2 1,4
Шлифование	$P_z$	Сталь и чугун	1,1...1,2
Протягивание	$P_z$	Сталь и чугун	1,5

Таблица 2 - Значения коэффициента трения

Условия трения	$f$
Заготовка контактирует с опорами или зажимными механизмами приспособления: - обработанными поверхностями - необработанными поверхностями	0,15 0,2...0,25
Заготовка контактирует с опорами или зажимными механизмами приспособления, имеющими рифления.	0,7

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского. - М.: Машиностроение, 2003.- Т.2.
2. Горохов В.А. Проектирование технологической оснастки. - Мн.: Бервита, 1997.
3. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений. Справочное пособие. - Мн.: Беларусь, 1991.
4. Технологическая оснастка. М.Ф. Пашкевич, Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожуро, В.М. Пашкевич. - Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002.

Учебное издание

Составители: Ялковский Николай Степанович  
Парфиевич Андрей Николаевич

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

“РАСЧЕТ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ”

Для выполнения курсового и дипломного проектирования

для студентов специальности 1-36 01 01  
«Технология машиностроения»

Ответственный за выпуск: Ялковский Н.С.

Редактор: Строкач Т.В.

Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано к печати 2011 г. Формат 60×84 1/16. Бумага «Снегурочка».  
Гарнитура Arial Narrow. Усл. п. л. 1,4. Уч. изд. л. 1,5. Заказ № . Тираж 50 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет»  
224017 г. Брест, ул. Московская, 267.

### Задача А1

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку детали типа втулка при ее обработке на фрезерном станке (выполняется фрезерование уступа на наружной поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$D = 87 \text{ мм}, l_1 = 68 \text{ мм}, l_2 = 82 \text{ мм}.$$

Диаметр зажимного элемента

$$d = 102 \text{ мм}.$$

Диаметр установочного элемента

$$d_1 = 154 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 1600 \text{ Н}, P_2 = 1200 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

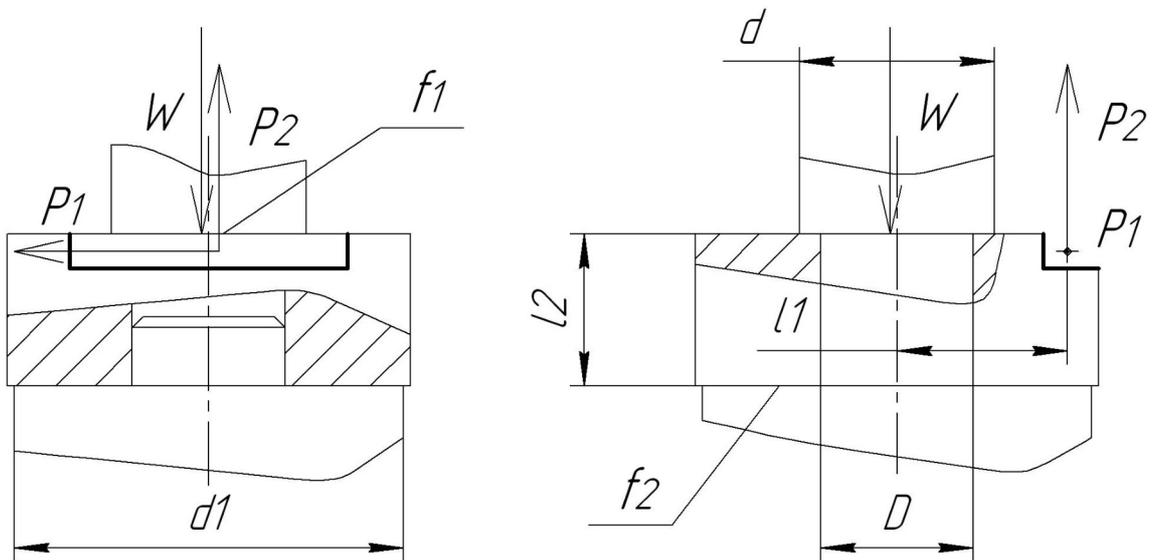


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при фрезеровании

Определить характеристики силового привода (диаметр пневмоцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается промежуточным клино-плунжерным зажимным механизмом с одноопорным плунжером и роликом в направляющих клина.

Основные характеристики механизма:

$$\text{Угол клина } \alpha = 15^\circ$$

Диаметр ролика и оси ролика, соответственно 20 и 12 мм

Длина направляющей плунжера  $a = 85$  мм.

Остальные конструктивные размеры механизма (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра пневмоцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче воздуха в бесштоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр пневмоцилиндра.

## Задача А2

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку детали типа втулка при ее обработке на фрезерном станке (выполняется фрезерование уступа на наружной поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$D = 42 \text{ мм}, l_1 = 40 \text{ мм}, l_2 = 34 \text{ мм}.$$

Диаметр зажимного элемента

$$d = 56 \text{ мм}.$$

Диаметр установочного элемента

$$d_1 = 60 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 800 \text{ Н}, P_2 = 600 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

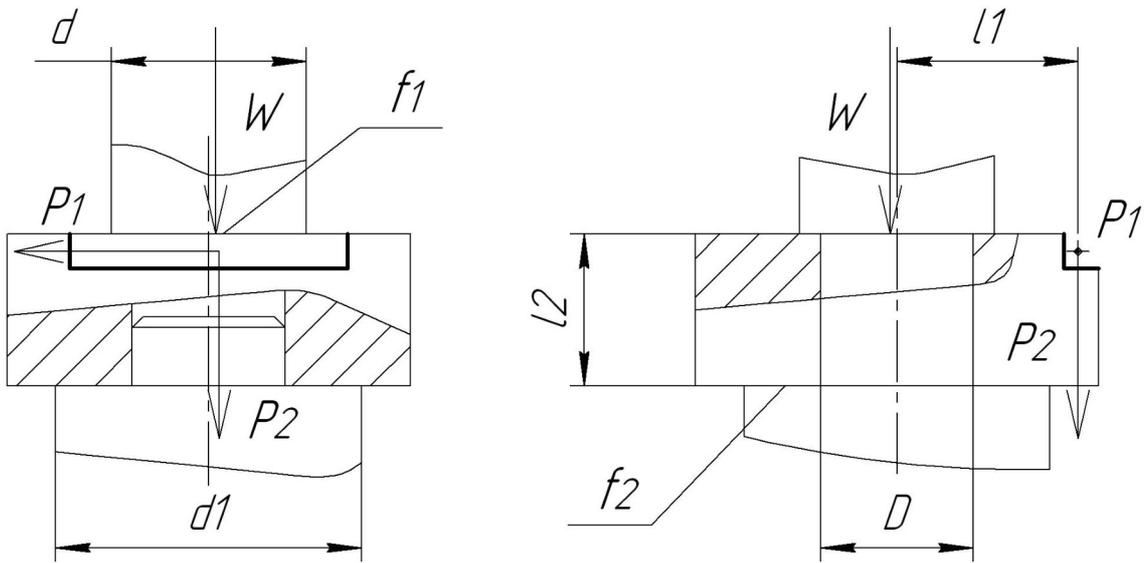


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при фрезеровании

Определить характеристики силового привода (диаметр пневмоцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается промежуточным клино-плунжерным зажимным механизмом с двухпорным плунжером и роликами на наклонной поверхности клина.

Основные характеристики механизма:

$$\text{Угол клина } \alpha = 15^\circ$$

Диаметр ролика и оси ролика, соответственно 20 и 12 мм

Остальные конструктивные размеры механизма (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра пневмоцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче воздуха в бесштоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр пневмоцилиндра.

### Задача А3

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку детали типа диск при ее обработке на фрезерном станке (выполняется фрезерование уступа на наружной поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$D = 38 \text{ мм}, l_1 = 46 \text{ мм}, l_2 = 28 \text{ мм}.$$

Диаметр зажимного элемента

$$d = 50 \text{ мм}.$$

Диаметр установочного элемента

$$d_1 = 76 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 700 \text{ Н}, P_2 = 450 \text{ Н}, P_3 = 600 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

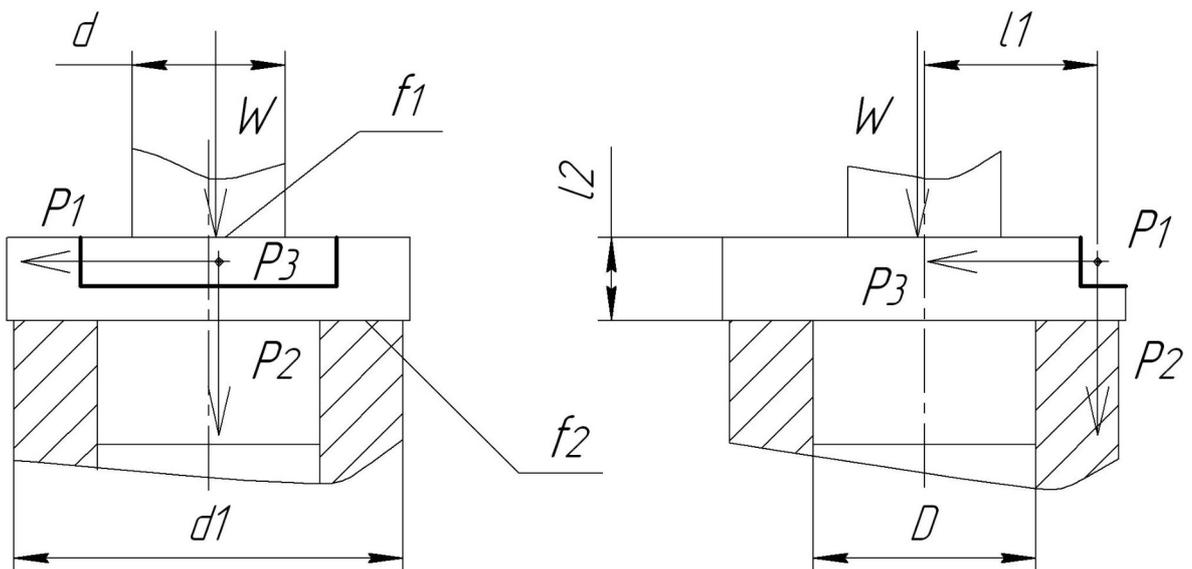


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при фрезеровании

Определить характеристики силового привода (диаметр пневмоцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается промежуточным двухплечевым прямым рычажным зажимным механизмом.

Основные характеристики механизма:

Плечи рычага  $l_1 = 82 \text{ мм}$  и  $l_2 = 56 \text{ мм}$

Размеры  $h_1 = 12 \text{ мм}$  и  $h_2 = 8 \text{ мм}$ .

Радиус оси рычага  $r = 10 \text{ мм}$ .

Остальные конструктивные размеры механизма (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра пневмоцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче воздуха в бесштоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр пневмоцилиндра.

#### Задача А4

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку детали типа диск при ее обработке на фрезерном станке (выполняется фрезерование уступа на наружной поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$D = 48 \text{ мм}, l_1 = 56 \text{ мм}, l_2 = 36 \text{ мм}.$$

Диаметр зажимного элемента

$$d = 34 \text{ мм}.$$

Диаметр установочного элемента

$$d_1 = 110 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 1200 \text{ Н}, P_2 = 600 \text{ Н}, P_3 = 700 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

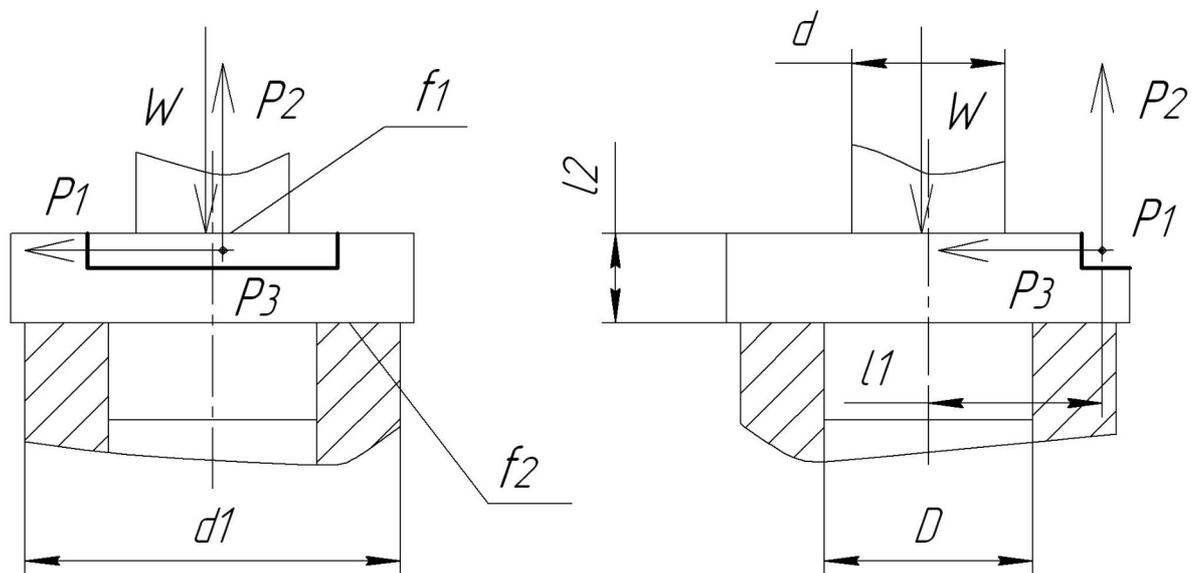


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при фрезеровании

Определить характеристики силового привода (диаметр пневмоцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается промежуточным двухплечевым прямым рычажным зажимным механизмом.

Основные характеристики механизма:

Плечи рычага  $l_1 = 116 \text{ мм}$  и  $l_2 = 98 \text{ мм}$

Размеры  $h_1 = 16 \text{ мм}$  и  $h_2 = 12 \text{ мм}$ .

Радиус оси рычага  $r = 12 \text{ мм}$ .

Остальные конструктивные размеры механизма (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра пневмоцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче воздуха в бесштоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр пневмоцилиндра.

### Задача А5

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку детали типа вал при ее обработке на фрезерном станке (выполняется фрезерование уступа на наружной поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$d = 36 \text{ мм}, l_1 = 15 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 600 \text{ Н}, P_2 = 400 \text{ Н}, P_3 = 900 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

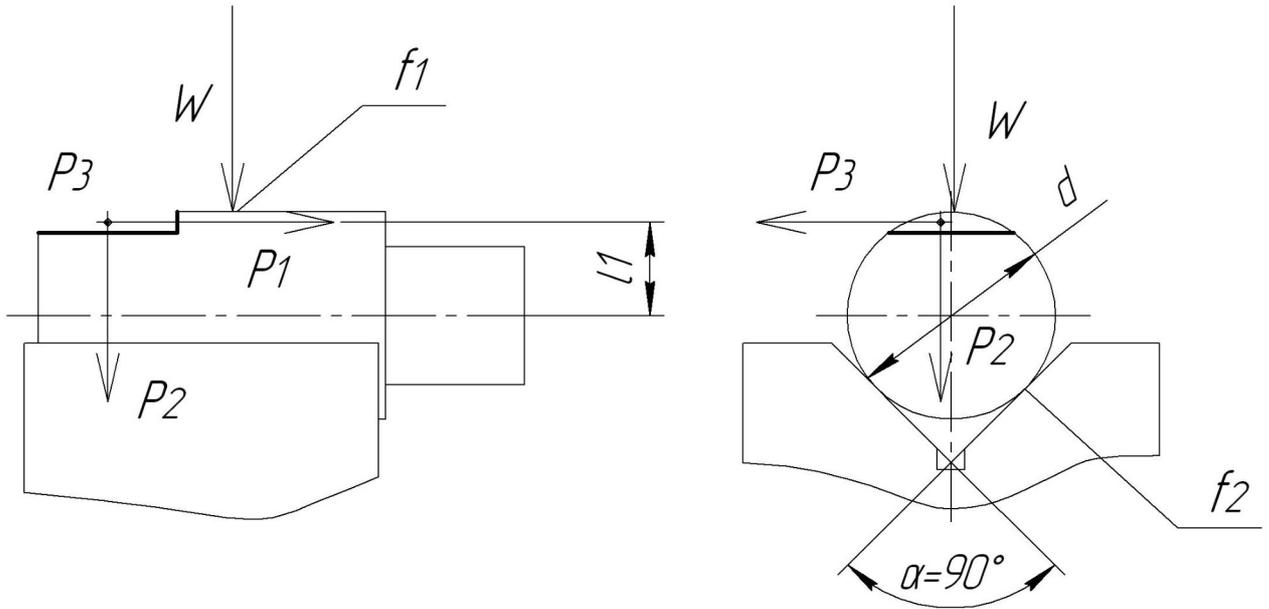


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при фрезеровании

Определить характеристики силового привода (диаметр пневмоцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается промежуточным двухплечевым угловым рычажным зажимным механизмом.

Основные характеристики механизма:

Плечи рычага  $l_1 = 80$  мм и  $l_2 = 67$  мм

Размеры  $h_1 = 10$  мм и  $h_2 = 18$  мм.

Радиус оси рычага  $r = 8$  мм.

Остальные конструктивные размеры механизма (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра пневмоцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче воздуха в штоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр пневмоцилиндра.

### Задача А6

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку детали типа вал при ее обработке на фрезерном станке (выполняется фрезерование уступа на наружной поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$d = 58 \text{ мм}, l_1 = 62 \text{ мм}, l_2 = 134 \text{ мм}, l_3 = 24 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 1150 \text{ Н}, P_2 = 650 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

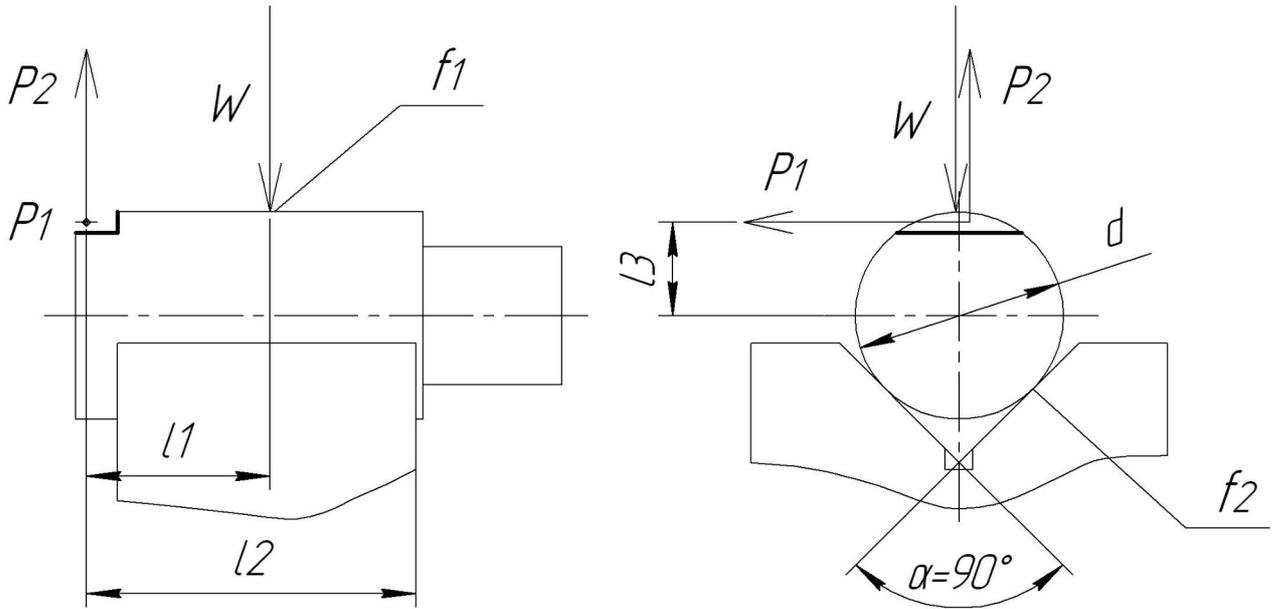


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при фрезеровании

Определить характеристики силового привода (диаметр пневмоцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается промежуточным клино-плунжерным зажимным механизмом с двухпорным плунжером.

Основные характеристики механизма:

Угол клина  $\alpha = 12^\circ$

Остальные конструктивные размеры механизма (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра пневмоцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче воздуха в бесштоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр пневмоцилиндра.

### Задача А7

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку детали типа вал при ее обработке на фрезерном станке (выполняется фрезерование уступа на наружной поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$d = 28 \text{ мм}, l_1 = 42 \text{ мм}, l_2 = 28 \text{ мм}, l_3 = 11 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 750 \text{ Н}, P_2 = 500 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

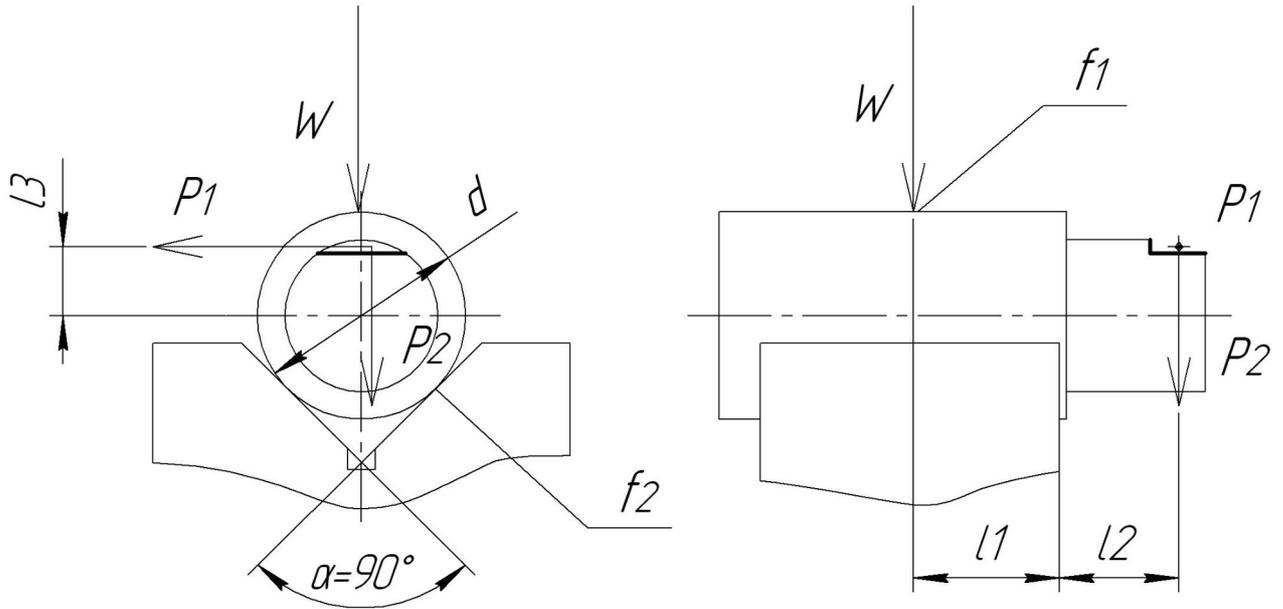


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при фрезеровании

Определить характеристики силового привода (диаметр гидроцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается промежуточным Г-образным прихватом.

Основные характеристики механизма:

Усилие возвратной пружины  $g = 40 \text{ Н}$ .

Плечо приложения силы зажима  $l = 40 \text{ мм}$ .

Длина опорной поверхности направляющей прихвата  $H = 86 \text{ мм}$ .

Остальные конструктивные размеры механизма (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра гидроцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче масла в штоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр гидроцилиндра.

### Задача А8

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку корпусной детали при ее обработке на вертикально-протяжном станке (выполняется протягивание паза на торцевой поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$l_1 = 16 \text{ мм}, l_2 = 47 \text{ мм}, l_3 = 94 \text{ мм}, l_4 = 86 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 800 \text{ Н}, P_2 = 1800 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

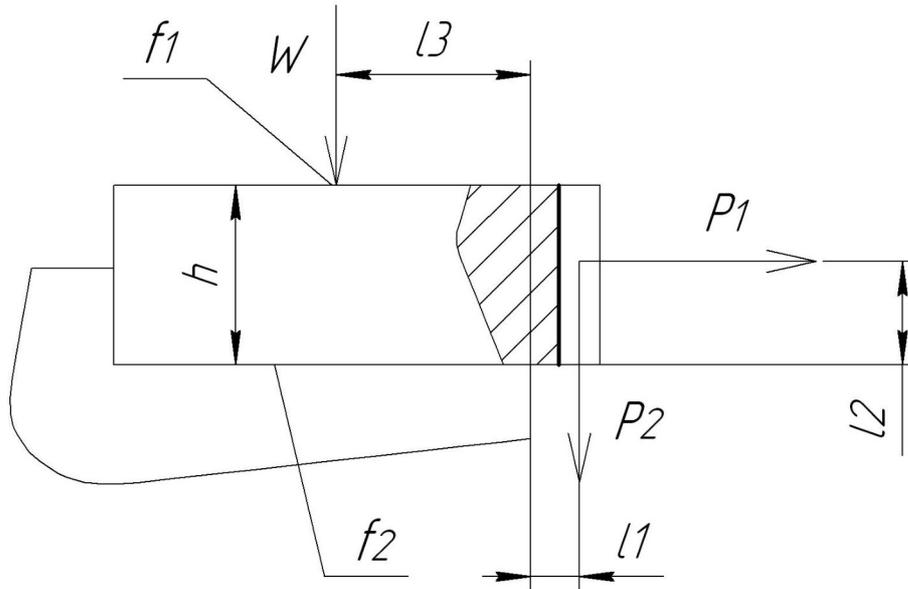


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при протягивании

Определить характеристики силового привода (диаметр пневмоцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается промежуточным клино-плунжерным зажимным механизмом с двухпорным плунжером и роликом на наклонной поверхности и в направляющих клина.

Основные характеристики механизма:

$$\text{Угол клина } \alpha = 12^\circ$$

Диаметр ролика и оси ролика, соответственно 22 и 12 мм

Остальные конструктивные размеры механизма (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра пневмоцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче воздуха в бесштоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр пневмоцилиндра.

### Задача А9

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку корпусной детали при ее обработке на фрезерном станке (выполняется фрезерование паза на наружной поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$l_1 = 94 \text{ мм}, l_2 = 47 \text{ мм}, l_3 = 18 \text{ мм}, l_4 = 56 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 900 \text{ Н}, P_2 = 1200 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

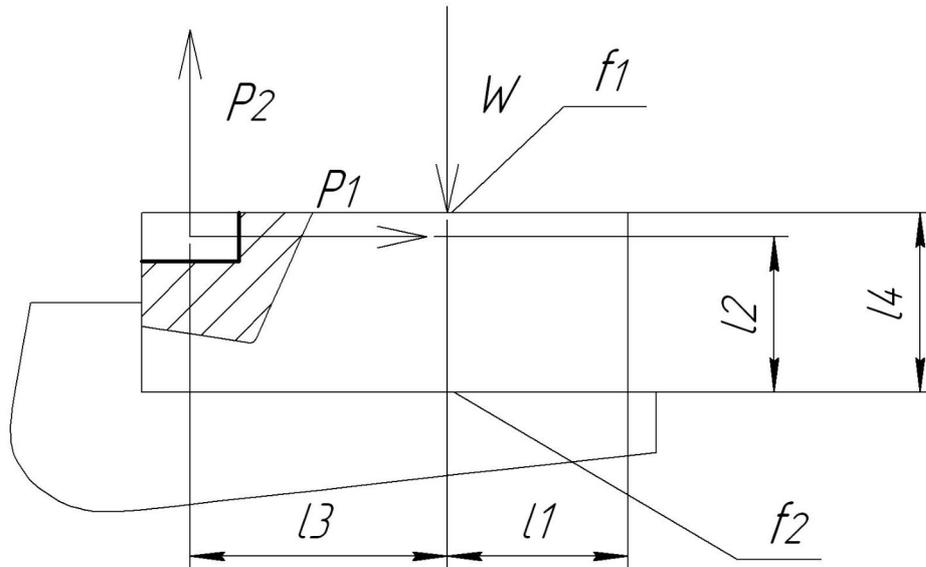


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при фрезеровании

Определить характеристики силового привода (диаметр гидроцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается двумя промежуточными Г-образным захватом.

Основные характеристики механизма:

Усилие возвратной пружины  $g = 50 \text{ Н}$ .

Плечо приложения силы зажима  $l = 48 \text{ мм}$ .

Длина опорной поверхности направляющей захвата  $H = 90 \text{ мм}$ .

Остальные конструктивные размеры механизма (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра гидроцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче масла в штоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр гидроцилиндра.

### Задача А10

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку корпусной детали при ее обработке на фрезерном станке (выполняется фрезерование паза на торцевой поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$l_1 = 144 \text{ мм}, l_2 = 37 \text{ мм}, l_3 = 92 \text{ мм}, l_4 = 46 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 800 \text{ Н}, P_2 = 1200 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

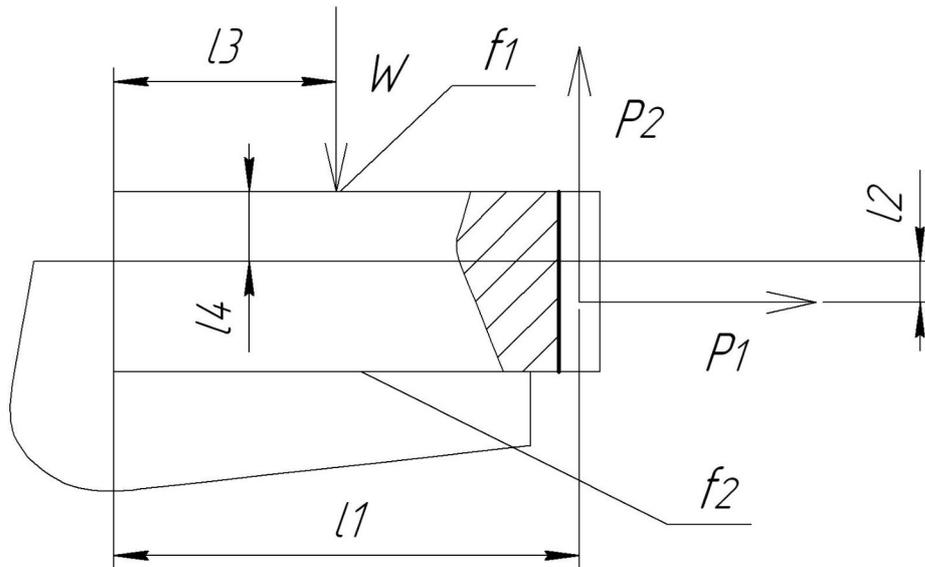


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при фрезеровании

Определить характеристики силового привода (диаметр пневмоцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается промежуточным двухплечевым прямым рычажным зажимным механизмом, приводимым в действие однорычажным шарнирным механизмом с роликом.

Основные характеристики рычажного механизма:

Плечи рычага  $l_1 = 106 \text{ мм}$  и  $l_2 = 92 \text{ мм}$

Размеры  $h_1 = 0 \text{ мм}$  и  $h_2 = 18 \text{ мм}$ .

Радиус оси рычага  $r = 11 \text{ мм}$ .

Основные характеристики рычажно-шарнирного механизма:

Угол, при котором осуществляется закрепление заготовки  $\alpha = 10^\circ$

Диаметр ролика и оси ролика, соответственно 34 и 14 мм

Остальные конструктивные размеры механизмов (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра пневмоцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче воздуха в бесштоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр пневмоцилиндра.

### Задача А11

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку детали типа втулка при ее обработке на фрезерном станке (выполняется фрезерование уступа на наружной поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$D = 87 \text{ мм}, l_1 = 68 \text{ мм}, l_2 = 82 \text{ мм}.$$

Диаметр зажимного элемента

$$d = 102 \text{ мм}.$$

Диаметр установочного элемента

$$d_1 = 154 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 1600 \text{ Н}, P_2 = 1200 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

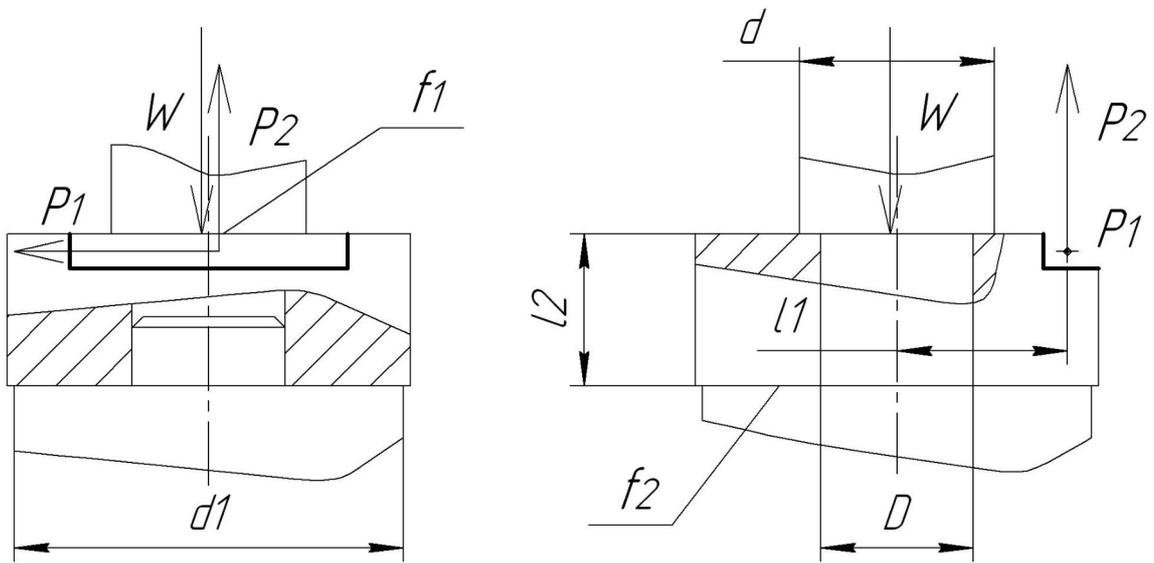


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при фрезеровании

Определить характеристики силового привода (диаметр пневмоцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается промежуточным клино-плунжерным зажимным механизмом с одноопорным плунжером.

Основные характеристики механизма:

Угол клина  $\alpha = 12^\circ$

Длина направляющей плунжера  $a = 85 \text{ мм}$ .

Остальные конструктивные размеры механизма (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра пневмоцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче воздуха в бесштоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр пневмоцилиндра.

### Задача А12

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку детали типа втулка при ее обработке на фрезерном станке (выполняется фрезерование уступа на наружной поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$D = 36 \text{ мм}, l_1 = 40 \text{ мм}, l_2 = 28 \text{ мм}.$$

Диаметр зажимного элемента

$$d = 46 \text{ мм}.$$

Диаметр установочного элемента

$$d_1 = 86 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 1100 \text{ Н}, P_2 = 400 \text{ Н}, P_3 = 600 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

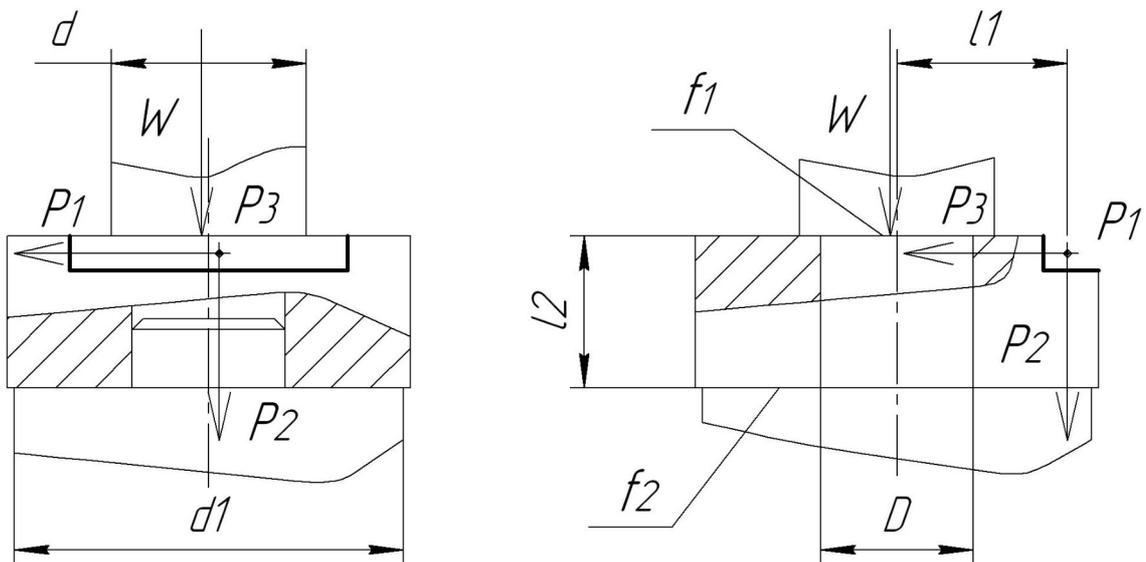


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при фрезеровании

Определить характеристики силового привода (диаметр пневмоцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается промежуточным клино-плунжерным зажимным механизмом с двухпорным плунжером и роликами на наклонной поверхности клина.

Основные характеристики механизма:

Угол клина  $\alpha = 16^\circ$

Диаметр ролика и оси ролика, соответственно 18 и 10 мм

Остальные конструктивные размеры механизма (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра пневмоцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче воздуха в бесштоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр пневмоцилиндра.

### Задача А13

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку детали типа диск при ее обработке на фрезерном станке (выполняется фрезерование уступа на наружной поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$D = 27 \text{ мм}, l_1 = 36 \text{ мм}, l_2 = 34 \text{ мм}.$$

Диаметр зажимного элемента

$$d = 35 \text{ мм}.$$

Диаметр установочного элемента

$$d_1 = 54 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 700 \text{ Н}, P_2 = 600 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

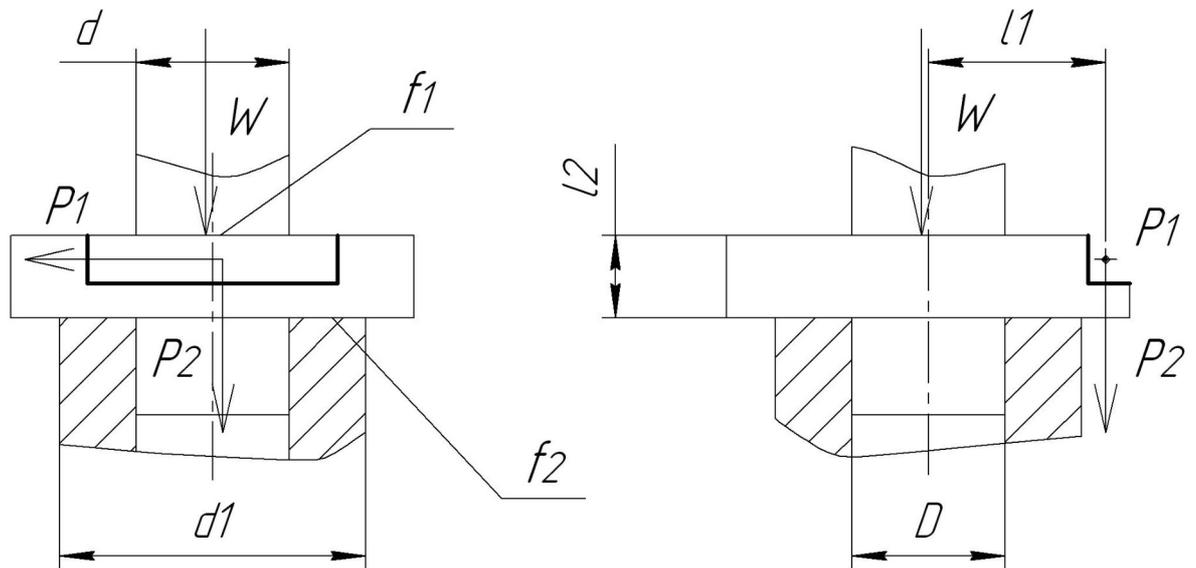


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при фрезеровании

Определить характеристики силового привода (диаметр пневмоцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается промежуточным двухплечевым прямым рычажным зажимным механизмом, приводимым в действие однорычажным шарнирным механизмом с роликом.

Основные характеристики рычажного механизма:

Плечи рычага  $l_1 = 96$  мм и  $l_2 = 86$  мм

Размеры  $h_1 = 0$  мм и  $h_2 = 18$  мм.

Радиус оси рычага  $r = 12$  мм.

Основные характеристики рычажно-шарнирного механизма:

Угол, при котором осуществляется закрепление заготовки  $\alpha = 12^\circ$

Диаметр ролика и оси ролика, соответственно 36 и 14 мм

Остальные конструктивные размеры механизмов (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра пневмоцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче воздуха в бесштоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр пневмоцилиндра.

### Задача А14

Выполнить расчет силы закрепления заготовки, расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

На рисунке приведена схема сил, действующих на заготовку корпусной детали при ее обработке на фрезерном станке (выполняется фрезерование паза на наружной поверхности заготовки).

Необходимо выявить расчетные зависимости для определения силы зажима ( $W$ ) и определить ее численное значение.

Исходные данные для расчетов:

Размеры заготовки

$$l_1 = 190 \text{ мм}, l_2 = 28 \text{ мм}, l_3 = 18 \text{ мм}, l_4 = 182 \text{ мм}.$$

Силы резания

$$P_1 = 1000 \text{ Н}, P_2 = 1300 \text{ Н}.$$

Коэффициенты трения

$$f_1 = f_2 = 0.15$$

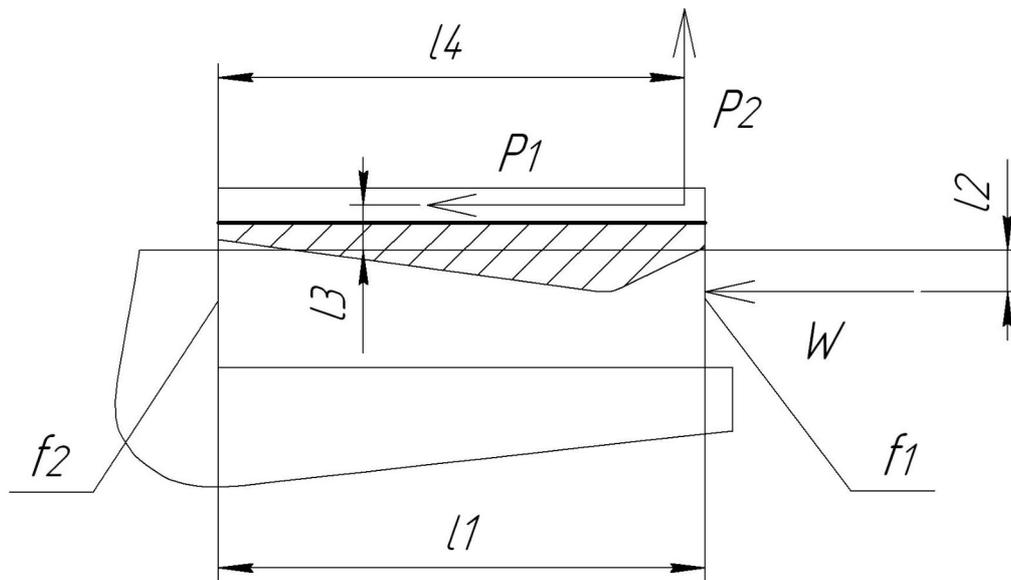


Рисунок 1. Схема сил, действующих на заготовку при фрезеровании

Определить характеристики силового привода (диаметр пневмоцилиндра) учитывая, что необходимая сила закрепления заготовки обеспечивается промежуточным двухплечевым прямым рычажным зажимным механизмом, приводимым в действие однорычажным шарнирным механизмом с роликом.

Основные характеристики рычажного механизма:

Плечи рычага  $l_1 = 106 \text{ мм}$  и  $l_2 = 92 \text{ мм}$

Размеры  $h_1 = 0 \text{ мм}$  и  $h_2 = 18 \text{ мм}$ .

Радиус оси рычага  $r = 11 \text{ мм}$ .

Основные характеристики рычажно-шарнирного механизма:

Угол, при котором осуществляется закрепление заготовки  $\alpha = 10^\circ$

Диаметр ролика и оси ролика, соответственно 34 и 14 мм

Остальные конструктивные размеры механизмов (если они необходимы) принять самостоятельно.

При определении силы закрепления заготовки учесть коэффициент запаса зажимной силы  $k$ , значение которого надо рассчитать.

При нахождении диаметра пневмоцилиндра учитывать, что закрепление заготовки осуществляется при подаче воздуха в бесштоковую полость цилиндра. По результатам расчетов выбрать стандартный диаметр пневмоцилиндра.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе

“ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЖЕСТКИХ ОПРАВОК. РАСЧЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ  
ПРЕССОВОЙ ОПРАВКИ”

по дисциплине «Технологическая оснастка»

для студентов специальности 1-36 01 01  
«Технология машиностроения»

Брест 2015

УДК 621.91.002

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по курсу «Технологическая оснастка» студентами специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения».

В указаниях рассматриваются конструктивные особенности и технологические возможности жестких оправок. Приводится методика расчета цилиндрической прессовой оправки.

Составители: Ялковский Н.С, старший преподаватель  
Левданский А.М, старший преподаватель

Рецензент: Андросюк И.В. Главный инженер СП ОАО «Брестгазоаппарат»

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет», 2015

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является ознакомление с разновидностями и конструктивными особенностями жестких оправок, освоение методики расчета цилиндрических прессовых оправок.

## 2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В настоящее время в связи с повышением точности и быстродействия машин возрастают требования к concentричности поверхностей вращающихся деталей. Во многих случаях отклонение от соосности наружной и внутренней цилиндрических поверхностей детали не должно превышать 0,01 мм. Столь высокая точность достигается применением при механической обработке точных центрирующе-зажимных приспособлений, в частности оправок.

Оправки применяются при установке обрабатываемых заготовок (штулок, гильз, фланцев, зубчатых колес и т. д.) на внутреннюю цилиндрическую поверхность и перпендикулярную ее оси плоскость.

В зависимости от способа закрепления оправки на станке различаются центровые, шпиндельные и фланцевые оправки.

Центровые оправки имеют на торцах центровые отверстия, которыми они устанавливаются в центры токарных, шлифовальных и других металлорежущих станков. Поскольку контакт между центром и оправкой осуществляется по конической поверхности центрального отверстия, имеющей относительно небольшой диаметр, момент от сил трения на этих поверхностях, как правило, недостаточен для предотвращения проворота оправки с заготовкой под действием сил резания, возникающих в процессе обработки. Поэтому любая центровая оправка имеет на левом конце квадрат, лыску (две лыски) или поводковый палец, обеспечивающие передачу необходимого крутящего момента от шпинделя станка.

Для оправок используются центровые отверстия формы Т согласно ГОСТ 14034-74. Данные отверстия дополнительно имеют цилиндрическое углубление диаметром несколько большим, чем диаметр конуса, что предохраняет коническую поверхность отверстия от случайных повреждений, тем самым, обеспечивая стабильную точность при установке оправки на станок.

Центровые оправки диаметром более 80 мм с целью уменьшения их массы выполняются полыми. Для установки в центрах станка по краям центрального отверстия выполняются конические фаски с углом 60°.

Шпиндельные оправки устанавливаются и крепятся в конические отверстия переднего конца шпинделя с помощью хвостовика с конусом Морзе или с метрическим конусом в случае использования крупных станков.

Фланцевые оправки, как и другие приспособления, для которых характерен данный способ установки на шпиндель (например, трехлачковые самоцентрирующие патроны), крепятся либо непосредственно к фланцевому концу шпинделя станка, либо к промежуточному фланцу, предварительно установленному на шпинделе. В первом случае в корпусе приспособления (оправки) предусматривается точно выполненный конический пояс, которым оправка устанавливается на направляющий конус шпинделя, во втором - цилиндрический пояс для установки на промежуточный фланец.

Вне зависимости от способа закрепления оправки необходимо обеспечить совпадение оси шпинделя станка с осью приспособления (в нашем случае с осью рабочей поверхности оправки). Этим и предопределяется наличие в конструкции приспособлений

соответствующих элементов (центровых отверстий, хвостовиков с конусом Морзе, выточек различного характера)

По своей конструкции оправки делятся на разжимные (цанговые, кулачковые, с тарельчатыми пружинами, с гидропластмассой и т. д.) и жесткие.

Жесткие оправки могут быть:

1. Цилиндрические оправки для посадки заготовок с гарантированным зазором.
2. Цилиндрические оправки под запрессовку.
3. Конические оправки под запрессовку.

Цилиндрические и конические оправки под запрессовку, выполняются центровыми и предусматривают установку заготовки на оправку вне рабочей зоны станка.

Цилиндрические оправки для посадки заготовок с гарантированным зазором кроме центровых могут быть шпиндельными и фланцевыми. В этом случае закрепление заготовки может осуществляться как вручную (применяется винтовой зажимной механизм), так и с помощью силового привода.

Оправка для установки заготовок с зазором изображена на рисунке 1.

При установке на оправку любая заготовка из обрабатываемой партии будет занимать строго определенное положение в осевом направлении (контакт всегда осуществляется по бурту 1 оправки).

Это особенно важно при обработке на предварительно настроенных станках, когда необходимо обеспечить одинаковое положение всех заготовок в рабочей зоне станка. Данное обстоятельство также гарантирует высокую точность получаемых при обработке линейных размеров.

От проворачивания в процессе обработки заготовку предотвращает шпонка 2 (при наличии в заготовке шпоночного паза), или усилие, создаваемое затяжной гайкой 3.

С целью сокращения затрат времени на установку и снятие заготовки наружный диаметр гайки выполняется меньше диаметра базового отверстия, а зажим осуществляется с помощью быстросменной шайбы 4. Это позволяет, повернув гайку на несколько оборотов и удалив шайбу, снять обработанную заготовку и установить на оправку следующую.

Базовые отверстия заготовок устанавливаемых на оправки с зазором обрабатывают по 7...9 квалитетам точности (более точные квалитеты принимают при повышенных требованиях к соосности). Точность центрирования при использовании подобных оправок невелика и в зависимости от величины зазора составляет 0,05 ... 0,1 мм.

Существенным преимуществом оправок для посадки с зазором является возможность устанавливать и обрабатывать одновременно несколько заготовок. Данное преимущество особенно важно при обработке деталей небольшой длины (кольца, диски). В случае индивидуальной обработки подобных деталей затраты времени на установку, закрепление и снятие заготовки намного превышают длительность самого процесса обработки, что ведет к неэффективному использованию труда рабочего и в целом снижает производительность. При установке на оправку нескольких заготовок (в некоторых случаях количество заготовок может достигать десятков штук) данный недостаток устраняется.

Цилиндрическая оправка под запрессовку представлена на рисунке 3.

Оправки такой конструкции, как правило, применяются при обработке толстостенных заготовок с большими усилиями резания, поскольку большой натяг на поверхности соприкосновения оправки и заготовки обеспечивает надежное закрепление.

С другой стороны вследствие отсутствия зазора обеспечивается точное совмещение

оси базового отверстия заготовки с осью оправки, точность центрирования составляет 0,005...0,01 мм, что дает возможность использовать подобные оправки и при окончательной обработке наружных поверхностей детали, например при шлифовании.

Базовая поверхность заготовок устанавливаемых на цилиндрические прессовые оправки должна иметь точность, соответствующую 6...7 качеству.

Для обеспечения постоянного положения заготовки по длине применяются оправки с буртом (при этом имеется возможность обработать лишь один торец заготовки). Если необходимо обработать оба торца используют оправки без бурта, в этом случае при запрессовке применяют подкладные кольца, точно ориентирующие заготовку по длине.

Конструкция цилиндрической прессовой оправки обязательно предусматривает наличие направляющей части 1, необходимой для облегчения процесса запрессовки заготовки (ее диаметр несколько меньше диаметра отверстия заготовки), и канавки 2, обеспечивающей выход инструмента при подрезании торца.

Для установки заготовок на подобные оправки и снятия их после обработки используют пресс.

Существенным недостатком цилиндрических прессовых оправок является потеря точности отверстия заготовки вследствие значительных контактных деформаций, возникающих под действием натяга. Поэтому часто необходима дополнительная обработка отверстия заготовки после снятия ее с оправки.

Коническая оправка под запрессовку изображена на рисунке 2.

Конусность рабочей поверхности оправки составляет 1/2000...1/4000.

Заготовка закрепляется на оправке легкими ударами, в результате чего она заклинивается и на конической поверхности оправки образуется натяг, предохраняющий заготовку от проворачивания под действием сил резания.

Базовая поверхность заготовок устанавливаемых на конические оправки должна иметь точность, соответствующую 6...7 качеству. Точность центрирования 0,005 ... 0,01 мм.

Недостаток конических оправок - отсутствие точной фиксации заготовок обрабатываемой партии по длине, вследствие непостоянства (в пределах допуска) диаметра базового отверстия, что не позволяет применять такие оправки при обработке на предварительно настроенных станках. Помимо этого, из-за незначительной величины натяга на поверхности сопряжения, конические оправки применяются при механической обработке с небольшими усилиями резания (чистовое точение, шлифование и т. д.).

В силу перечисленных особенностей конические оправки, как правило, используются для чистовой обработки в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Жесткие оправки изготавливаются из стали 20Х с цементацией на глубину 1,2...1,5 мм и закалкой до твердости HRC 55...60. Рабочие поверхности оправок шлифуются и имеют шероховатость Ra 0,8...0,4 мкм.

### 3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Расчет цилиндрической прессовой оправки заключается в определении основных ее размеров, важнейшим из которых является диаметр базовой поверхности оправки.

Исходными данными для расчета являются: крутящий момент от сил резания, диаметр базового отверстия в заготовке и величина его допуска, длина базового отверстия, модули упругости и коэффициенты Пуассона материалов заготовки и детали.

Гарантированный крутящий момент, передаваемый оправкой, рассчитывается исходя из условия неподвижности заготовки при обработке по формуле

$$M = kP_z \frac{D_H}{2}, \text{ Н}\cdot\text{мм}, \quad (3.1)$$

где  $k$  – коэффициент запаса зажимной силы, определяется расчетом, при выполнении данной работы принимается равным 2,0...2,5;

$P_z$  – тангенциальная составляющая силы резания при точении, Н;

$D_H$  – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм.

Для передачи момента  $M$  на поверхности сопряжения заготовки и оправки необходимо создать удельное давление, величина которого может быть найдена из выражения

$$p = \frac{2M}{\pi d^2 f L}, \text{ МПа}, \quad (3.2)$$

где  $f$  – коэффициент трения между оправкой и заготовкой (равен 0,08...0,12);

$d$  – диаметр базового отверстия заготовки, мм;

$L$  – длина базовой поверхности оправки, мм.

Для оправки с опорным буртом величина  $L$  определяется по формуле

$$L = L_3 - (2...5), \text{ мм}, \quad (3.3)$$

где  $L_3$  – длина базовой поверхности заготовки, мм.

Расчетный натяг, необходимый для закрепления заготовки, рассчитывается из условия обеспечения требуемого удельного давления  $p$  по формуле

$$N_p = pd \cdot \left( \frac{\chi C_{on}}{E_{on}} + \frac{C_3}{E_3} \right), \text{ мм}, \quad (3.4)$$

где  $\chi$  – коэффициент, который в зависимости от соотношения  $d/D_H$  принимается по таблице 1;

$E_{on}$  и  $E_3$  – модули упругости материалов, из которых изготовлены оправка и заготовка, принимаются равными  $2,1 \cdot 10^5$  МПа;

$C_{on}$  и  $C_3$  – коэффициенты, характеризующие жесткость оправки и заготовки:

Для сплошной оправки

$$C_{on} = 1 - \mu_{on}, \quad (3.5)$$

Для пустотелой оправки

$$C_{on} = \frac{d^2 + d_o^2}{d^2 - d_o^2} - \mu_{on}, \quad (3.6)$$

Для заготовки

$$C_{on} = \frac{D_H^2 + d^2}{D_H^2 - d^2} - \mu_3, \quad (3.7)$$

где  $d$  – диаметр посадочной поверхности оправки, равен номинальному диаметру отверстия в закрепляемой заготовке, мм;

$\mu_{on}$  и  $\mu_3$  – коэффициенты Пуассона материала оправки и заготовки, равны 0,3;

$d_o$  – диаметр отверстия в оправке, мм.

С центральным отверстием выполняются оправки наружным диаметром более 80 мм с целью уменьшения их массы. Диаметр отверстия принимается равным 0,4 от диаметра  $d$  оправки.

Таблица 1 - Значения коэффициента  $\chi$

$d/D_H$	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
$x$	0,60	0,73	0,80	0,83	0,87	0,90	0,93

Рассчитанная величина натяга уточняется с учетом поправки на величину сминаемых при напрессовке неровностей (шероховатостей) сопрягаемых поверхностей заготовки и оправки. Минимальный натяг необходимый для закрепления заготовки с учетом поправки определяется по формуле

$$N_{min} = N_p + 1,2(R'_z + R''_z) , \text{ мкм}, \quad (3.8)$$

где  $R'_z$  и  $R''_z$  – шероховатости соответственно базовой поверхности заготовки и посадочной поверхности оправки, мкм.

Определив минимальную величину натяга, в соответствии с рисунком 4, выбираем стандартное поле допуска таким образом, чтобы выполнялось условие

$$ei \geq ES + N_{min} + \delta_u , \text{ мкм}, \quad (3.9)$$

где  $ei$  – нижняя граница поля допуска на диаметр посадочной поверхности оправки, в зависимости от величины  $d$  принимается по таблице 2;

$ES$  – верхняя граница поля допуска на диаметр базового отверстия заготовки, мкм;

$\delta_u$  – допуск на износ оправки, на предварительном этапе расчетов принимается равным 10 мкм.

Таблица 2 - Поля допусков размеров

$d$ , мкм	Поле допуска, мкм						
	n5	p5	p6	r5	r6	s5	t6
24-30	+24 +15	+31 +22	+35 +22	+37 +28	+41 +28	+44 +35	+54 +41
30-50	+28 +17	+37 +26	+42 +26	+45 +34	+50 +34	+54 +43	+70 +54
50-65	+33 +20	+45 +32	+51 +32	+54 +41	+60 +41	+66 +53	+85 +66
65-80	+33 +20	+45 +32	+51 +32	+56 +43	+62 +43	+72 +59	+94 +75
80-100	+38 +23	+52 +37	+59 +37	+66 +51	+73 +51	+86 +71	+113 +91

Назначив поле допуска на базовую поверхность оправки, определяем действительное значение допуска на износ

$$\delta_u = ei - ES - N_{min} , \text{ мкм}, \quad (3.10)$$

Остальные конструктивные параметры оправки

а. диаметр буртика

$$D_6 = D_H - (5...10) , \text{ мм}, \quad (3.11)$$

б. диаметр приемной поверхности оправки

$$D_3 = d , \text{ мм}, \quad (3.12)$$

Диаметр выполняется с полем допуска  $e8$ , что гарантирует зазор при установке заготовки на направляющую часть оправки.

в. длина приемной поверхности

$$L_1 = (1/3...1/2)L , \text{ мм}, \quad (3.13)$$

г. диаметр проточки между базовой и приемной поверхностью оправки

$$D_2 = d - (2...3) \text{ , мм,} \quad (3.14)$$

д. длина проточки

$$L_2 = L_3 - L + (2...3) \text{ , мм,} \quad (3.15)$$

е. общая длина оправки

$$L_{on} \leq (5...7)d \text{ , мм,} \quad (3.16)$$

Выбор оборудования для напрессовки заготовки на оправку производят по усилию прессования при наибольшем натяге

$$P_{max} = \pi l f N_{max} / \left( \frac{\chi C_{on}}{E_{on}} + \frac{C_3}{E_3} \right) \text{ , Н,} \quad (3.17)$$

где  $N_{max}$  – максимально возможный натяг между заготовкой и оправкой, мм.

Величина  $N_{max}$  определяется самостоятельно в соответствии со схемой изображенной на рисунке 4.

#### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В соответствии с полученным заданием необходимо определить:

1. гарантированный момент, передаваемый оправкой,
2. удельное давление на поверхности сопряжения,
3. минимальный натяг необходимый для закрепления заготовки,
4. допуск на диаметр посадочной поверхности,
5. остальные размерные параметры оправки,
6. максимальное усилие запрессовки заготовки на оправку.

Выполнить схему расположения полей допусков оправки и заготовки (рисунок 4) и эскиз цилиндрической прессовой оправки с указанием необходимых размеров, материала и твердости.

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Краткая характеристика конструктивных особенностей и технологических возможностей жестких оправок.
3. Расчет цилиндрической прессовой оправки.
4. Схема расположения полей допусков оправки и заготовки.
5. Эскиз цилиндрической прессовой оправки с указанием необходимых размеров, материала и твердости.

#### 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначены оправки, какими они могут быть по конструкции, какие оправки относятся к жестким?
2. Какие бывают оправки по способу их закрепления на станке?
3. Назовите основные характеристики цилиндрических оправок под запрессовку (точность центрирования, необходимая точность базовой поверхности заготовки, передаваемое усилие, способ установки заготовки на оправку).
4. Перечислите основные характеристики цилиндрических оправок для посадки заготовок с зазором.
5. Перечислите основные характеристики конических оправок.

6. Назовите основные конструктивные элементы цилиндрических оправок под запрессовку, для чего они предназначены?
7. Какова последовательность расчета цилиндрической прессовой оправки?
8. Как рассчитывается гарантированный крутящий момент, передаваемый оправкой?
9. Каким образом рассчитывается необходимое давление в сопряжении заготовки и оправки?
10. Каким образом назначается поле допуска на диаметр посадочной поверхности цилиндрической оправки под запрессовку, что он должен обеспечивать?
11. Для чего определяется максимальное усилие запрессовки заготовки на оправку?

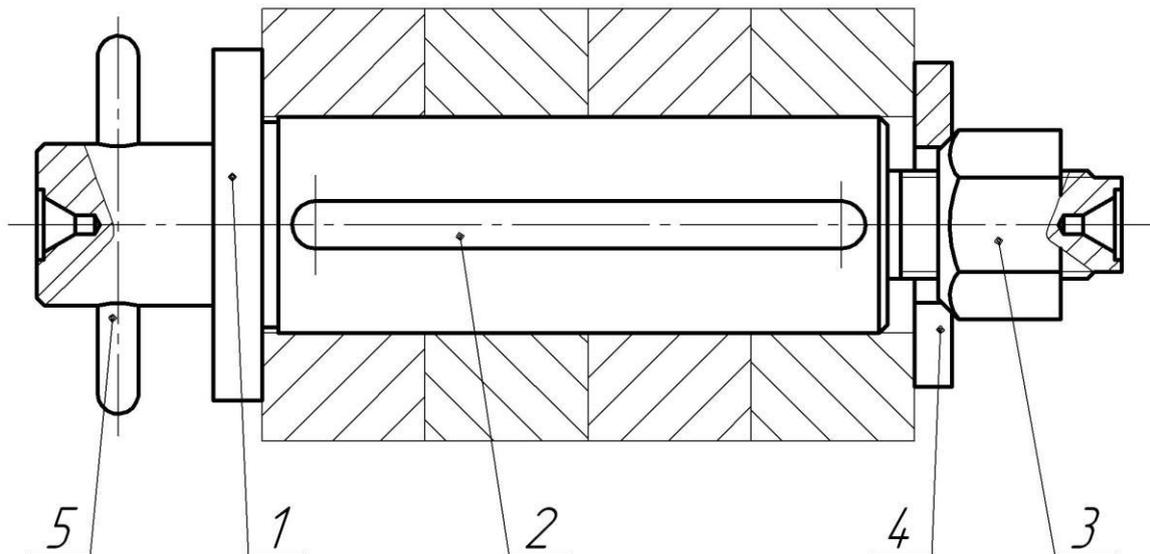


Рисунок 1. Цилиндрическая оправка для посадки заготовки с гарантированным зазором  
 1 - опорный бурт, 2 - шпонка, 3 - гайка, 4 - быстросъемная шайба, 5 - поводковый палец

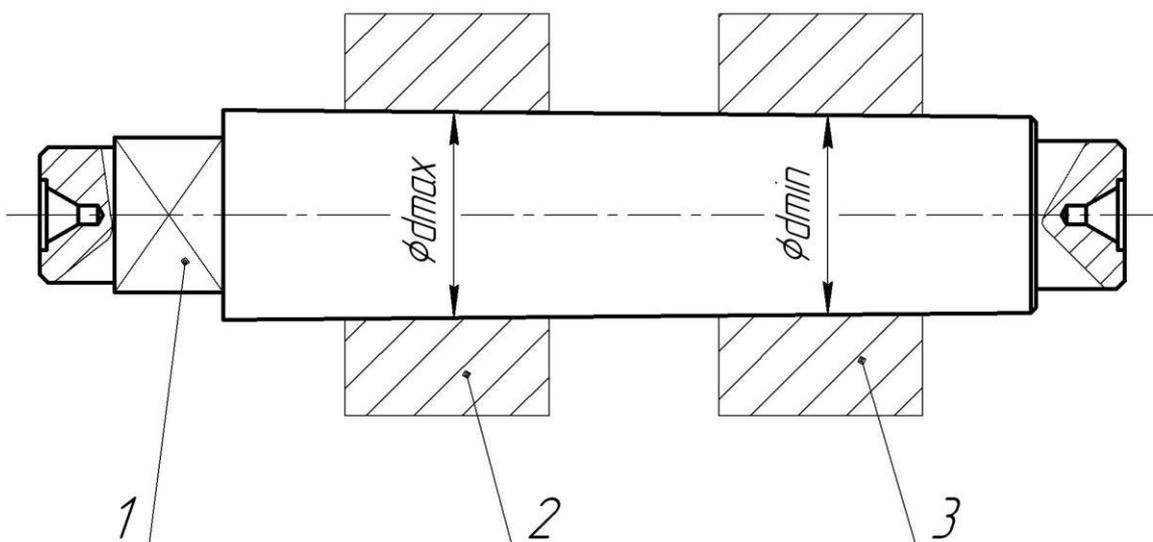


Рисунок 2. Коническая оправка под запрессовку  
 1 – квадрат, 2 и 3 – предельные положения заготовки при установке на оправку

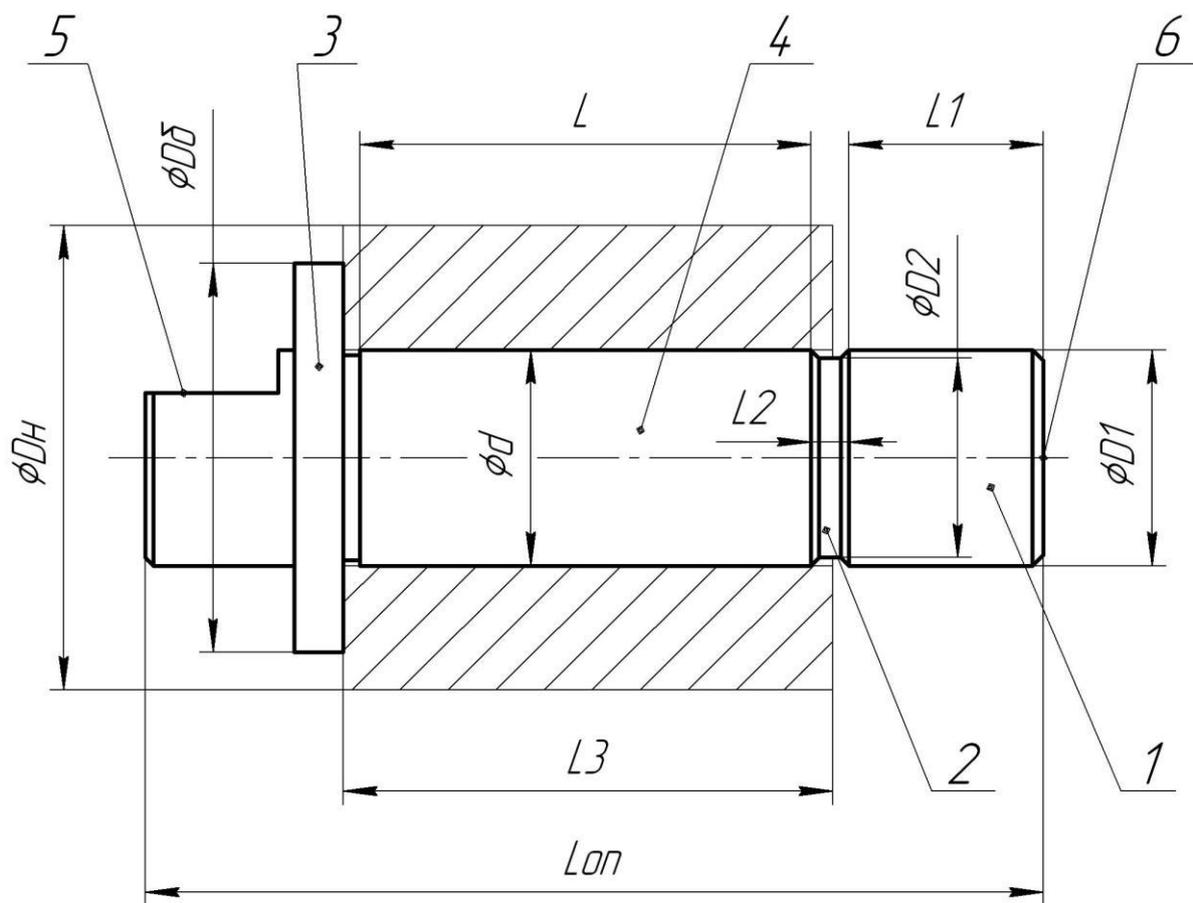


Рисунок 3. Цилиндрическая оправка для посадки заготовок с натягом  
 1 – направляющая часть, 2 – канавка, 3 – опорный бурт, 4 – посадочная поверхность,  
 5 – лыска, 6 – центровое отверстие

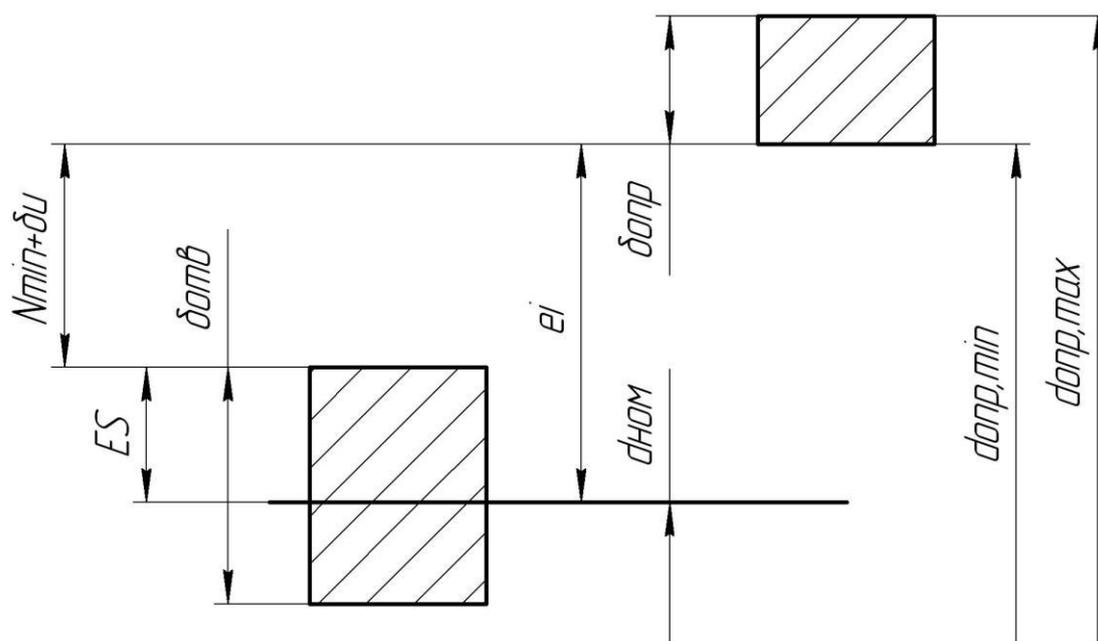


Рисунок 4. Схема взаимного расположения полей допусков оправки и заготовки

Таблица 3 - Варианты заданий

Вариант	$Pz$ Н.	$D_H$ мм.	$d$ мм.	$l_3$ мм.	$R'z$ мкм.
1	1160	96	50H7	64	6,3
2	610	50	26Js7	54	1,6
3	980	72	40H6	90	3,2
4	1820	140	90H7	58	2,5
5	1240	80	63Js6	100	5,0
6	650	54	28H7	30	1,6
7	1040	88	50Js7	82	3,2
8	740	64	36H6	90	6,3
9	2160	154	100H6	108	3,2
10	1080	90	63H7	120	2,5
11	1340	136	94Js6	80	3,2
12	860	80	40H7	90	2,5
13	1070	120	56H7	87	1,6
14	960	74	32Js7	60	5,0
15	1640	176	85H6	140	3,2
16	760	102	44Js6	82	2,5
17	1180	126	76H7	86	3,2
18	850	83	38Js7	46	2,5
19	1970	160	92H6	96	1,6
20	1370	94	57H7	108	5,0

### СПИСОК ЦИТИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского. - М.: Машиностроение, 2003.- Т.2.
2. Горохов В.А. Проектирование технологической оснастки. - Мн.: Бервита, 1997.
3. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений. Справочное пособие. - Мн.: Беларусь, 1991.
4. Технологическая оснастка. М.Ф. Пашкевич, Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожуро, В.М. Пашкевич. - Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002.

Учебное издание

Составители: Ялковский Николай Степанович  
Левданский Алексей Маратович

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

“ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЖЕСТКИХ ОПРАВОК. РАСЧЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ  
ПРЕССОВОЙ ОПРАВКИ”

по дисциплине «Технологическая оснастка»

для студентов специальности 1-36 01 01

«Технология машиностроения»

Ответственный за выпуск: Ялковский Н.С.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано к печати XX 2015 г. Формат 60×84 1/16. Бумага «Снегурочка».  
Гарнитура Arial Narrow. Усл. п. л. XX. Уч. изд. л. XX. Заказ № XX. Тираж 50 экз.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет»  
224017 г. Брест, ул. Московская, 267.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе

“РАСЧЕТ САМОЦЕНТРИРУЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ С ГИДРОПЛАСТМАССОЙ”

по дисциплине «Технологическая оснастка»

для студентов специальности 1-36 01 01

«Технология машиностроения»

УДК 621.91.002

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по курсу «Технологическая оснастка» студентами специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения».

В указаниях рассматриваются конструктивные особенности, технологические возможности и методика расчета самоцентрирующих механизмов с гидропластмассой.

Составители: Ялковский Н.С, старший преподаватель  
Кудрицкий Я.В, старший преподаватель  
Левданский А.М, старший преподаватель

Рецензенты: И.В. Андросюк, Главный инженер СП ОАО «Брестгазоаппарат»  
В.М. Голуб, зав. кафедрой «Машиноведения» БрГТУ кандидат  
технических наук, доцент

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет», 2022

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является ознакомление с конструктивными особенностями самоцентрирующих устройств с гидропластмассой, освоение методики их расчета.

## 2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В настоящее время в связи с повышением точности и быстродействия машин возрастают требования к концентричности поверхностей вращающихся деталей. Во многих случаях отклонение от соосности наружной и внутренней цилиндрических поверхностей детали не должно превышать 0,01 мм.

При обработке заготовок таких деталей следует применять различного рода центрирующе-зажимные приспособления (самоцентрирующие механизмы), позволяющие ориентировать обрабатываемые заготовки по оси или плоскости их симметрии.

К самоцентрирующим механизмам относятся патроны и оправки различных конструкций, а также самоцентрирующие тиски с двумя подвижными губками.

Патроны применяются при установке заготовок по наружной цилиндрической поверхности или отверстию небольшой длины и перпендикулярную их оси плоскость. Оправки соответственно применяются при установке обрабатываемых заготовок на внутреннюю цилиндрическую поверхность и перпендикулярную ее оси плоскость.

В зависимости от способа установки и закрепления приспособления на станке они делятся на центровые, шпиндельные и фланцевые.

Центровые (как правило, оправки) имеют на торцах центровые отверстия, которыми они устанавливаются в центры токарных, шлифовальных и других металлорежущих станков. Поскольку контакт между центром и оправкой осуществляется по конической поверхности центрального отверстия, имеющей относительно небольшой диаметр, момент от сил трения на этих поверхностях, как правило, недостаточен для предотвращения поворота оправки с заготовкой под действием сил резания, возникающих в процессе обработки. Поэтому любая центровая оправка имеет на левом конце квадрат, лыску (две лыски) или поводковый палец, обеспечивающие передачу необходимого крутящего момента от шпинделя станка.

Для оправок используются центровые отверстия формы Т согласно ГОСТ 14034-74. Данные отверстия дополнительно имеют цилиндрическое углубление диаметром несколько большим, чем диаметр конуса, что предохраняет коническую поверхность отверстия от случайных повреждений, тем самым, обеспечивая стабильную точность при установке оправки на станок.

Шпиндельные приспособления (оправки и патроны) устанавливаются и крепятся в конические отверстия переднего конца шпинделя с помощью хвостовика с конусом Морзе или с метрическим конусом в случае использования крупных станков.

Фланцевые приспособления крепятся либо непосредственно к фланцевому концу шпинделя станка, либо к промежуточному фланцу, предварительно установленному на шпинделе. В первом случае в корпусе приспособления предусматривается точно выполненный конический пояс, которым патрон или оправка устанавливаются на направляющий конус шпинделя, во втором - цилиндрический пояс для установки на промежуточный фланец.

Вне зависимости от способа установки и закрепления приспособления необходимо обеспечить совпадение его оси с осью шпинделя станка. Этим и предопределяется

наличие в конструкции приспособления соответствующих элементов (хвостовиков с конусом Морзе, выточек различного характера, центровых отверстий).

Установочные элементы самоцентрирующих устройств должны быть подвижны в направлении зажима, а для обеспечения требуемой точности установки заготовок их (установочных элементов) относительное перемещение должно происходить одновременно и с достаточной точностью.

Основными характеристиками самоцентрирующих механизмов являются:

1. Точность центрирования, то есть степень совмещения геометрической оси базовой поверхности закрепляемой заготовки и самоцентрирующего механизма.
2. Максимальная величина перемещения (ход) зажимных элементов, характеризующая степень универсальности самоцентрирующего устройства.
3. Точность, которую должна иметь базовая поверхность устанавливаемых заготовок.

Все вышеперечисленные характеристики находятся в непосредственной взаимосвязи между собой.

Так, например, для обеспечения высокой точности центрирования базовая поверхность заготовки также должна быть обработана с высокой точностью (по поверхности низкой точности невозможно обеспечить точную установку заготовки).

Точная базовая поверхность необходима и в том случае, когда заготовка устанавливается в самоцентрирующем механизме с незначительным рабочим ходом зажимных элементов. При несоблюдении этого условия величина допуска может оказаться сравнимой с ходом установочно-зажимного элемента, что приводит к недостаточно надежному закреплению заготовки, либо к выходу самоцентрирующего устройства из строя в результате чрезмерной деформации его упругих элементов.

Ниже перечислены самоцентрирующие устройства в порядке возрастания их точности центрирования: кулачковые (как правило, трехкулачковые) патроны и оправки, цанги, механизмы с тарельчатыми (пластинчатыми) пружинами, оправки и патроны с гидропластмассой, оправки с гофрированными втулками, мембранные патроны.

Самоцентрирующие механизмы с гидропластмассой предназначены для установки заготовок по наружной (патроны) или внутренней (оправки) цилиндрической поверхности.

Оправки и патроны данного типа обеспечивают точность центрирования в пределах 0,005...0,01 мм и, как правило, применяются при чистовой обработке заготовок на токарных и шлифовальных станках.

Оправка с гидропластмассой представлена на рисунке 1. Она состоит из корпуса 1, закрепляемого на планшайбе или шпинделе станка (для чего служат точно выполненный пояс А и отверстия под крепежные винты В), плунжера 2, приводимого в действие нажимным винтом, штоком пневмоцилиндра или другим силовым узлом, тонкостенной втулки 3, между корпусом и втулкой в специально выполненной полости помещена гидропластмасса 4.

При перемещении плунжера в полости, заполненной гидропластмассой, создается избыточное давление, под действием которого тонкостенная втулка деформируется, наружный ее диаметр увеличивается, в результате осуществляется центрирование и закрепление заготовки 5.

Увеличение диаметра втулки при деформации незначительно (в первом приближении его можно считать равным 0,1...0,3 мм), поэтому самоцентрирующие механизмы данного типа используются для установки заготовок со строго определенным диаметром базовой поверхности. Поэтому базовая поверхность заготовки должна быть обработана с точно-

стью не грубее 7...8 квалитета. Точная базовая поверхность заготовки также необходима для обеспечения высокой точности центрирования.

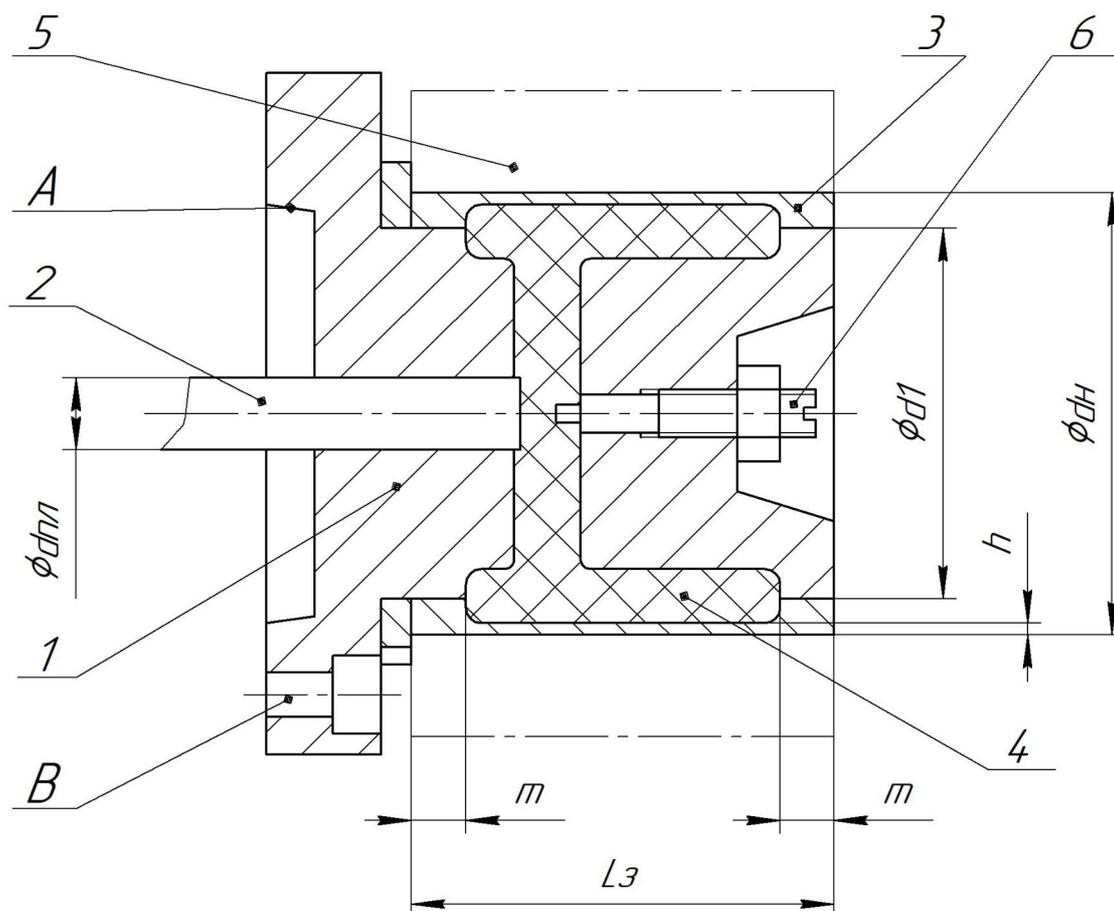


Рисунок 1. Разжимная оправка с гидропластмассой

1 - корпус, 2 - плунжер, 3 - тонкостенная втулка, 4 - гидропластмасса, 5 - заготовка, 6 - предохранительный винт, А - конический пояс, В - отверстия под крепежные винты.

Тонкостенная втулка на концах имеет утолщенные бурты, которыми она с натягом (посадки Н7/г6 или Н7/р6) насаживается на корпус оправки. Это необходимо для того, чтобы гидропластмасса под давлением не просачивалась в стыки сопряжения.

Для предотвращения остаточных деформаций втулки в конструкцию самоцентрирующего механизма вводится предохранительный винт 6, ограничивающий перемещение плунжера.

При установке заготовок в патроны и оправки с гидропластмассой сила зажима равномерно распределяется по всей базовой поверхности, следовательно, деформации заготовки минимальны. Данное обстоятельство особенно важно при обработке тонкостенных (нежестких) деталей типа гильз, тонкостенных колец, втулок и им подобных.

На рисунке 2 представлен самоцентрирующий патрон с гидропластмассой. Корпус 1 патрона с каналами для пластмассы прикреплен к фланцу 2. В корпусе помещена тонкостенная втулка 4 для центрирования и закрепления обрабатываемой заготовки. Давление в полости с гидропластмассой 3 создается плунжером 5, приводимым в действие пневмоцилиндром, шток которого связан с плунжером посредством тяги 6.

Вспомогательный плунжер 7 служит для регулирования объема полости заполненной гидропластмассой, а следовательно для регулирования давления и силы зажима.

В корпусе патрона закреплена втулка 8, служащая для направления плунжера.

Резьбовая пробка 9 и заглушка 10 закрывают отверстие, предназначенное для выхода воздуха при заливке в полость корпуса гидропластмассы в процессе изготовления патрона.

Для более надежной фиксации тонкостенной втулки предусмотрено ее дополнительное закрепление винтами 11.

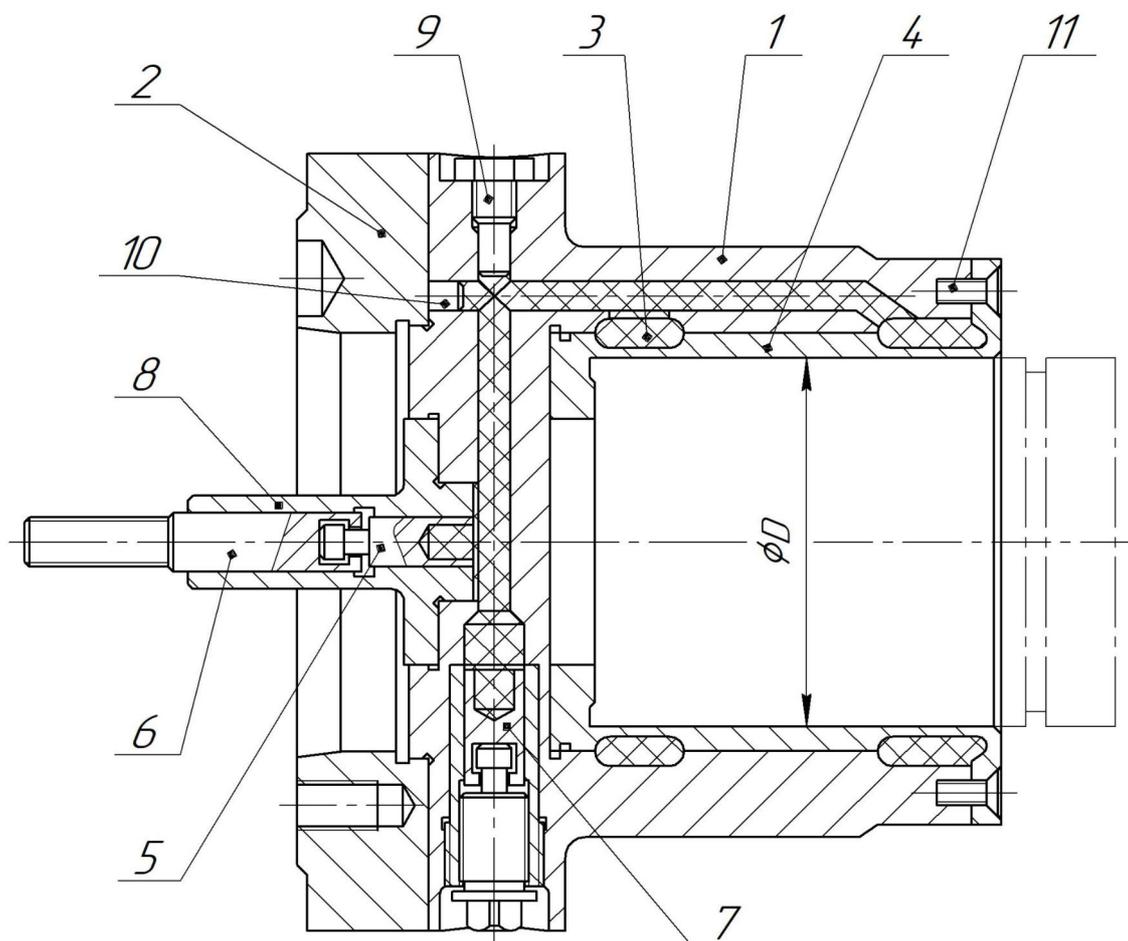


Рисунок 2. Самоцентрирующий патрон с гидропластмассой

1 - корпус, 2 - фланец, 3 - гидропластмасса, 4 - тонкостенная втулка, 5 - плунжер, 6 - тяга, 7 - вспомогательный плунжер, 8 - направляющая втулка, 9 - резьбовая пробка, 10 - заглушка, 11 - винты.

В качестве гидропластмасс применяются соединения, удовлетворяющие следующим требованиям:

1. Не просачиваться в зазоры сопряжений. Так, например, гидропластмасса марки СМ начинает просачиваться через зазор величиной 0,02 мм при давлении 40 МПа.
2. Равномерно, без значительных потерь на трение, передавать давление на значительные расстояния,
3. Не вступать в химические реакции с металлами.

Вышеперечисленные качества должны сохраняться с течением времени.

### 3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

При проектировании патронов и оправок с гидропластмассой рассчитываются:

1. Размеры основных конструктивных элементов тонкостенной втулки (диаметр, длина, толщина стенки и другие).

2. Давление гидропластмассы, необходимое для закрепления заготовки и для предварительной деформации тонкостенной втулки до момента ее касания с заготовкой.
3. Необходимая величина хода и размеры плунжера, создающего давление в гидропластмассе.
4. Параметры силового привода и зажимного устройства, приводящего в действие плунжер.

Диаметр наружной поверхности тонкостенной втулки определяется по формуле

$$d_H = D_{min} - s, \text{ мм}, \quad (3.1)$$

где  $D_{min}$  – минимальный диаметр базового отверстия заготовки с учетом допуска, мм;  
 $s$  – гарантированный зазор необходимый для свободной установки заготовки на оправку, принимается равным от 0,02 до 0,03 мм, меньшее значение при диаметре отверстия 28 мм, большее при 100 мм;

Общая длина тонкостенной втулки принимается равной длине обрабатываемой заготовки  $L_3$ .

Длина тонкостенного участка втулки определяется по формуле

$$L = L_3 - 2m, \text{ мм}, \quad (3.2)$$

где  $m$  – длина опорного буртика втулки, мм.

При увеличении диаметра базового отверстия заготовки ( $D$ ) от 28 до 100 мм величина  $m$  изменяется от 8 до 12 мм.

Толщина стенки  $h$  тонкостенного участка втулки принимается равной от 0,08 до 0,12 от диаметра наружной поверхности втулки (найденное значение  $h$  округляется до 0,1 мм).

Внутренний диаметр тонкостенного участка втулки составляет

$$d_e = d_H - 2h, \text{ мм}, \quad (3.3)$$

Диаметр отверстия втулки в месте ее запрессовки на корпус оправки определяется по формуле

$$d_1 = D - 2H, \text{ мм}, \quad (3.4)$$

где  $D$  – номинальный диаметр базового отверстия заготовки;

$H$  – толщина опорного буртика тонкостенной втулки, мм.

При увеличении диаметра базового отверстия заготовки ( $D$ ) от 28 до 100 мм величина  $H$  изменяется от 5 до 8 мм.

Определяется крутящий момент, действующий на заготовку в процессе обработки

$$M_{кр} = P_z \frac{d}{2}, \text{ Н}\cdot\text{мм}, \quad (3.5)$$

где  $P_z$  – тангенциальная составляющая силы резания, Н;

$d$  – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм.

Оправка должна удерживать заготовку от возможного ее поворота под воздействием момента от сил резания. Для этого в контакте заготовка - тонкостенная втулка должна действовать сила, величину которой можно найти из выражения

$$Q = \frac{kM_{кр}}{Rf}, \text{ Н}, \quad (3.6)$$

где  $k$  – коэффициент запаса зажимной силы, определяется расчетом, при выполнении данной работы принимается равным 2,0...2,5;

$M_{кр}$  – крутящим момент от действия сил резания, Н·мм;

$R$  – радиус базовой поверхности заготовки, мм;

$f$  – коэффициент трения на поверхности сопряжения разжимной втулки и заготовки (принимается равным 0,1).

Необходимая сила закрепления заготовки будет обеспечена, если на поверхности сопряжения тонкостенной втулки с базовым отверстием заготовки создать давление, величина которого определяется по формуле

$$p_1 = \frac{Q}{2\pi a L \psi}, \text{ МПа}, \quad (3.7)$$

где  $L$  – длина тонкостенной части разжимной втулки (длина без буртиков), мм;

$a$  – радиус наружной поверхности тонкостенной втулки, для упрощения расчетов величина  $a$  может быть принята равной номинальному радиусу отверстия в заготовке, то есть равна  $R$ ;

$\psi$  – коэффициент показывающий какая часть длины  $L$  находится в непосредственном контакте с заготовкой.

Коэффициент  $\psi$  в зависимости от соотношения  $h/a$  и  $L/a$  принимается по таблице 1. Параметры  $L$  и  $h$  (толщина стенки втулки) определены при расчете размеров тонкостенной втулки.

Таблица 1 - Значения коэффициента  $\psi$

Относительная толщина $h/a$	Относительная длина оболочки $L/a$								
	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,03	0,54	0,60	0,69	0,82	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93
0,04	0,53	0,58	0,63	0,78	0,85	0,88	0,90	0,91	0,93
0,05	0,53	0,57	0,60	0,73	0,83	0,86	0,88	0,90	0,91
0,06	0,53	0,55	0,59	0,71	0,81	0,85	0,87	0,89	0,90

Давление необходимое для предварительной деформации тонкостенной втулки до момента ее контакта с заготовкой определяется по формуле

$$p_2 = \frac{\Delta E h j}{a^2 \gamma}, \text{ МПа}, \quad (3.8)$$

где  $j$  – коэффициент, характеризующий конструктивные особенности втулки;

$E$  – модуль упругости материала, из которого изготовлена тонкостенная втулка, принимается равным  $2,1 \cdot 10^5$  МПа;

$\Delta$  – максимальный радиальный зазор между втулкой и деталью;

$\gamma$  – коэффициент, который принимается по графику, представленному на рисунке 3, в зависимости от соотношения

$$\alpha = \frac{1,28L}{2\sqrt{ah}}, \quad (3.9)$$

Величина максимального радиального зазора  $\Delta$  определяется по формуле

$$\Delta = \frac{\delta + \delta_{on} + s}{2}, \text{ мм}, \quad (3.10)$$

где  $\delta$  – допуск базовой поверхности заготовки, мм;

$\delta_{оп}$  – допуск на диаметр наружной поверхности тонкостенной втулки  $D_H$ , обычно принимается по 5...6 квалитетам точности;

$s$  – гарантированный зазор необходимый для свободной установки заготовки на оправку, равен 0,02...0,03 мм, принимался ранее при расчете величины  $D_H$ ;

Коэффициент  $j$  определяется по формуле

$$\frac{1}{j} = 0,85 + 0,15 \frac{d_6^2}{d_1^2}, \quad (3.11)$$

где  $d_6, d_1$  – ранее принятые размеры тонкостенной втулки.

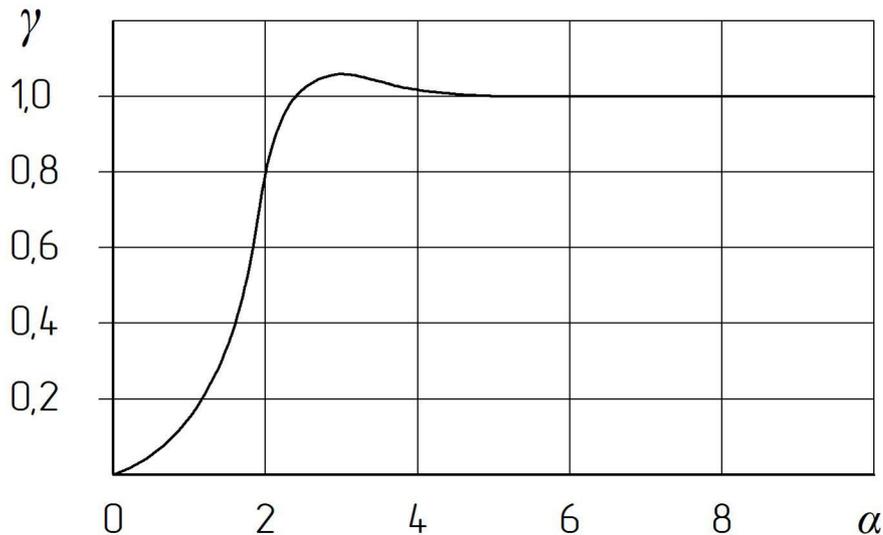


Рисунок 3. График для определения коэффициента  $\gamma$

Сила, которую необходимо приложить к плунжеру, для создания необходимого давления в полости, заполненной гидропластмассой, определяется по формуле

$$N = (p_1 + p_2) \frac{\pi d_{пл}^2}{4}, \text{ мм}, \quad (3.12)$$

где  $d_{пл}$  – диаметр плунжера, мм;

Величина  $d_{пл}$  определяется по формуле

$$d_{пл} \approx 2,5\sqrt{a}, \text{ мм}, \quad (3.13)$$

Найденное значение диаметра следует округлить до целой величины.

Необходимый рабочий ход плунжера  $L_p$  определяется самостоятельно, исходя из следующих соображений: объем гидропластмассы, вытесняемый плунжером, равен приращению объема полости, занимаемой гидропластмассой, при деформации тонкостенной оболочки (втулки) на величину максимального зазора.

Проверяется напряжение во втулке в самый неблагоприятный момент, то есть при расширении под действием суммарного давления без надетой заготовки, что может иметь место при невнимательном обслуживании приспособления.

Напряжение, возникающие в материале втулки в этом случае рассчитывается по формуле.

$$\sigma = (p_1 + p_2) \frac{a}{h}, \text{ МПа}, \quad (3.14)$$

Найденное значение не должно превышать 0,7 предела текучести материала втулки.

Тонкостенные втулки изготавливают из пружинных сталей и закаливают до твердости 40...45 HRC.

Пределы текучести сталей наиболее широко используемых для этих целей приведены ниже:

65Г	600 МПа
55С2, 60С2	900 МПа
55ХГР	1200 МПа
60СХА	1300 МПа

В случае если расчет на прочность не дает удовлетворительных результатов следует увеличить значение  $h$  и произвести повторный расчет.

#### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В соответствии с полученным заданием необходимо определить:

1. основные размеры тонкостенной втулки (ее диаметр, длину втулки и длину ее тонкостенной части, толщину стенки, длину опорного буртика, диаметр отверстия для запрессовки втулки на корпус оправки),
2. требуемую силу закрепления заготовки,
3. давление гидропластмассы, необходимое для закрепления заготовки,
4. давление гидропластмассы, необходимое для предварительной деформации тонкостенной втулки до момента ее контакта с заготовкой,
5. диаметр плунжера и усилие на плунжере для создания требуемого давления в гидропластмассе,
6. величину рабочего хода плунжера,
7. выполнить расчет тонкостенной втулки на прочность и выбрать ее материал.

Следует выполнить эскиз оправки с гидропластмассой с указанием всех ее конструктивных элементов, а также основных размеров оправки.

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Номер варианта задания и исходные данные для расчета.
3. Основные характеристики самоцентрирующих механизмов (письменные ответы на вопросы 1 и 3).
4. Конструктивные особенности и технологические возможности самоцентрирующих механизмов с гидропластмассой (письменные ответы на вопросы 9, 10, 11 и 12).
5. Расчет оправки с гидропластмассой.
6. Эскиз оправки с указанием ее конструктивных элементов и основных размеров.

#### 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие приспособления относятся к самоцентрирующим?
2. Какими бывают приспособления по способу их установки на станке?
3. Перечислите основные характеристики самоцентрирующих механизмов.
4. Что такое точность центрирования? Какие самоцентрирующие механизмы вы знаете, какова их точность центрирования?
5. Как рассчитывается требуемая сила зажима заготовки, устанавливаемой в самоцентрирующем устройстве с гидропластмассой?
6. Из каких составляющих состоит, и каким образом рассчитывается необходимое давление в сопряжении заготовки и тонкостенной втулки оправки?

7. Как рассчитывается необходимое усилие на плунжере?
8. Из каких соображений определяется величина рабочего хода плунжера?
9. Какова точность центрирования заготовки в самоцентрирующем механизме с гидропластмассой?
10. С какой точностью должна быть обработана базовая поверхность заготовок, устанавливаемых в патроны и оправки с гидропластмассой, и почему?
11. Для обработки каких заготовок предпочтительно применение самоцентрирующих механизмов с гидропластмассой и почему?
12. Перечислите основные требования, предъявляемые к гидропластмассам.
13. Из каких материалов изготавливают тонкостенные втулки, какую твердость они имеют?

Таблица 2 - Варианты заданий

Вариант	$d$ мм.	$D$ мм.	$L_3$ мм.	$P_z$ Н.
1	105	63H7	70	920
2	80	46Js6	48	580
3	140	90H8	126	940
4	70	54H6	52	650
5	46	28Js7	65	370
6	52	36H7	40	480
7	120	100Js7	134	1240
8	74	56H8	76	520
9	110	92Js7	96	980
10	95	72H6	50	730
11	108	84H8	112	810
12	60	48H7	84	610
13	108	64Js7	70	740
14	84	32Js7	54	820
15	110	76H7	80	960
16	92	44Js6	54	760
17	120	102H8	125	1170
18	94	67H8	86	880
19	72	30H7	46	450
20	160	96H6	84	970
21	94	52Js7	68	680
22	94	78H8	108	880

## СПИСОК ЦИТИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского. - М.: Машиностроение, 2003.- Т.2.
2. Горохов В.А. Проектирование технологической оснастки. - Мн.: Бервита, 1997.
3. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений. Справочное пособие. - Мн.: Беларусь, 1991.
4. Технологическая оснастка. М.Ф. Пашкевич, Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожуро, В.М. Пашкевич. - Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002.

Учебное издание

Составители: Ялковский Николай Степанович  
Кудрицкий Ярослав Владимирович  
Левданский Алексей Маратович

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

“РАСЧЕТ САМОЦЕНТРИРУЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ С ГИДРОПЛАСТМАССОЙ”

по дисциплине «Технологическая оснастка»

для студентов специальности 1-36 01 01

«Технология машиностроения»

Ответственный за выпуск: Ялковский Н.С.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано к печати XX 2022 г. Формат 60×84 1/16. Бумага «Снегурочка».  
Гарнитура Arial Narrow. Усл. п. л. XX. Уч. изд. л. XX. Заказ № XX. Тираж 30 экз.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет»  
224017 г. Брест, ул. Московская, 267.

### Задача В1

Выполнить расчет на точность (определить погрешность изготовления  $\epsilon_{пр}$ ) приспособления схема которого приведена на рисунке.

Приспособление предназначено для установки заготовок детали "Втулка" в процессе их обработки на вертикально-фрезерном станке.

При фрезеровании уступа на наружной поверхности заготовки необходимо выдержать размер  $b$  и размер  $k$ .

Заготовка устанавливается на палец диаметром  $d$  центральным отверстием диаметром  $D$ . Положение заготовки в направлении оси определяется ее торцом диаметром  $d_n$ .

Закрепление заготовки осуществляется зажимным механизмом, приводимым в действие механизированным (пневматическим) приводом.

Приспособление устанавливается на стол фрезерного станка. Положение приспособления в горизонтальной плоскости определяется двумя шпонками, контактирующими с боковыми поверхностями Т-образного паза стола.

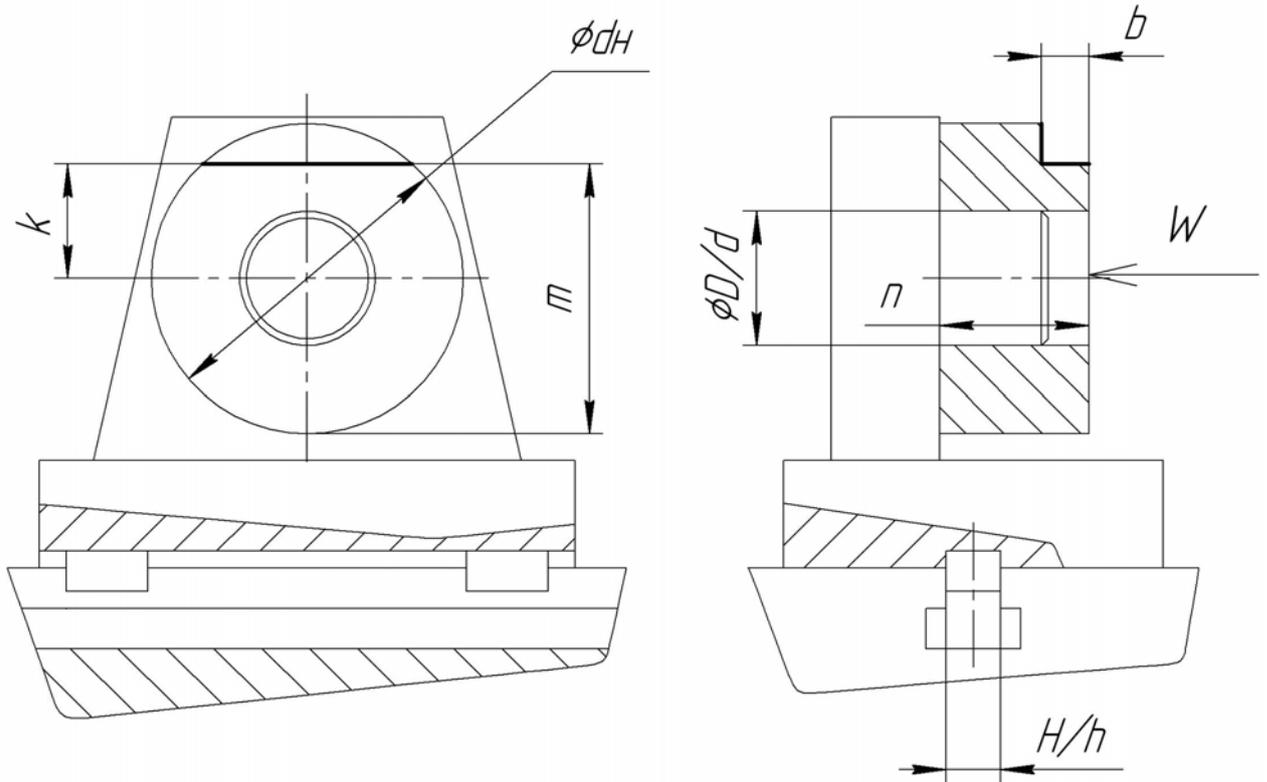


Рисунок 1. Схема приспособления для фрезерования

Исходные данные для расчетов:

Выдерживаемые размеры

размер  $b = 16 \pm 0,12$

размер  $k = 30 \pm 0,15$

Размеры заготовки

диаметр  $d_n = 86h10$  (обработка чистовым точением)

размер  $p = 28h10$

Базовый торец заготовки диаметром  $d_n$  обработан чистовым точением.

Посадка в сопряжении палец - отверстие заготовки  $\varnothing 42H9/f8$ .

Посадка в сопряжении шпонка - Т-образный паз стола  $14H8/g7$ .

Расстояние между направляющими шпонками  $L = 260$  мм.

Объем годового выпуска деталей - 12000 шт./год.

При выполнении работы необходимо:

1. Определить величину  $\epsilon_{пр}$  для рассматриваемого параметра точности.
2. Определить все составляющие расчетной формулы с необходимыми пояснениями.
3. Рассчитать величину  $\epsilon_{пр}$  и привести ее к размерам установочных элементов приспособления (привести к длине 100 мм).

## Задача В2

Выполнить расчет на точность (определить погрешность изготовления  $\varepsilon_{пр}$ ) приспособления схема которого приведена на рисунке.

Приспособление предназначено для установки заготовок детали “Втулка” в процессе их обработки на горизонтально-фрезерном станке.

При фрезеровании паза шириной  $b$  необходимо выдержать размер  $k$  и симметричность паза и поверхности диаметром  $d_n$ .

Заготовка устанавливается на палец диаметром  $d$  центральным отверстием диаметром  $D$ . Положение заготовки в направлении оси определяется ее торцом диаметром  $d_n$ .

Закрепление заготовки осуществляется зажимным механизмом, приводимым в действие вручную.

Приспособление устанавливается на стол фрезерного станка. Положение приспособления в горизонтальной плоскости определяется двумя шпонками, контактирующими с боковыми поверхностями Т-образного паза стола.

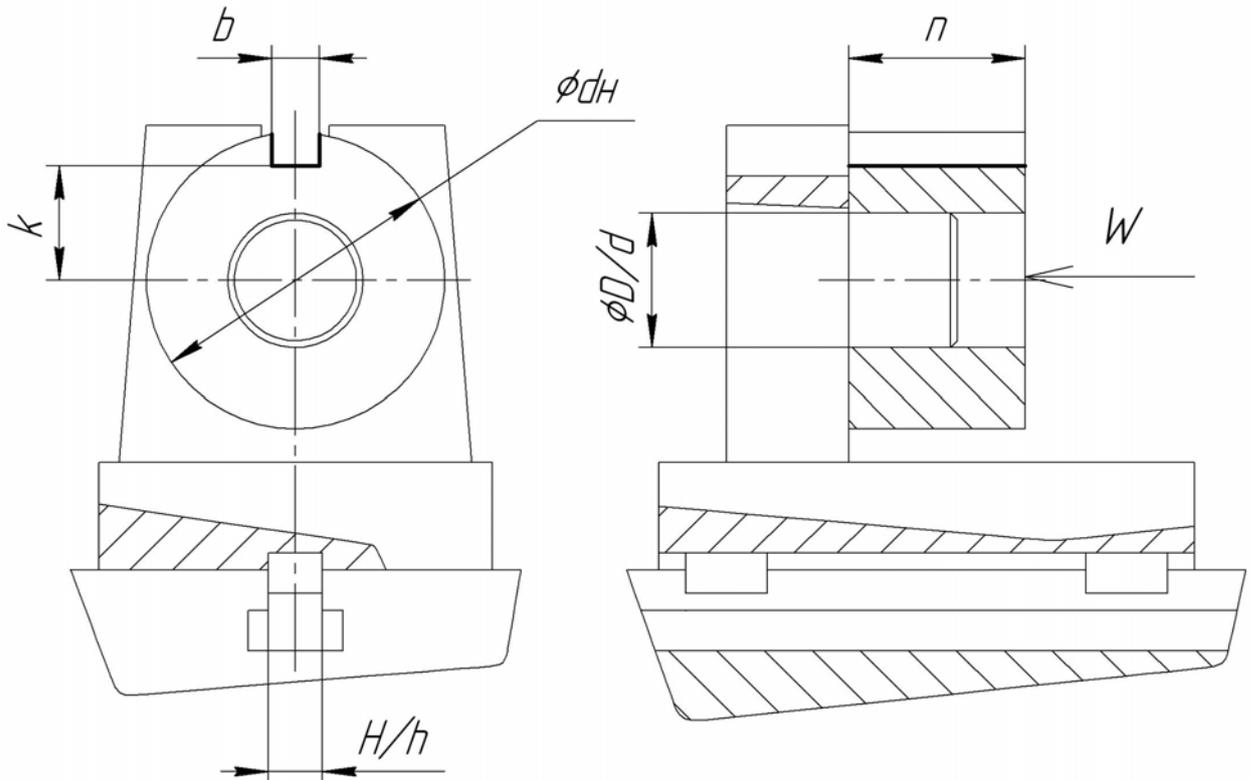


Рисунок 1. Схема приспособления для фрезерования

Исходные данные для расчетов:

Выдерживаемые размеры

размер  $k = 34 \pm 0,06$

симметричность паза и поверхности диаметром  $d_n = 0,10$  мм

ширина паза  $b = 10H8$

Размеры заготовки

диаметр  $d_n = 86h10$  (обработка чистовым точением)

размер  $p = 28$  мм

Базовый торец заготовки диаметром  $d_n$  обработан шлифованием.

Посадка в сопряжении палец - отверстие заготовки  $\varnothing 36H8/f7$ .

Посадка в сопряжении шпонка - Т-образный паз стола  $14H8/h7$ .

Расстояние между направляющими шпонками  $L = 240$  мм.

Объем годового выпуска деталей - 30000 шт./год.

При выполнении работы необходимо:

1. Определить величину  $\varepsilon_{пр}$  для рассматриваемого параметра точности.
2. Определить все составляющие расчетной формулы с необходимыми пояснениями.
3. Рассчитать величину  $\varepsilon_{пр}$  и привести ее к размерам установочных элементов приспособления (привести к длине 100 мм).

### Задача В3

Выполнить расчет на точность (определить погрешность изготовления  $\epsilon_{pr}$ ) приспособления схема которого приведена на рисунке.

Приспособление предназначено для установки заготовок детали “Втулка” в процессе их обработки на вертикально-фрезерном станке.

При фрезеровании паза шириной  $b$  необходимо выдержать размер  $k$  и симметричность паза и отверстия диаметром  $d$ .

Заготовка устанавливается на палец диаметром  $d$  центральным отверстием диаметром  $D$ . Положение заготовки в направлении оси определяется ее торцом диаметром  $d_n$ .

Закрепление заготовки осуществляется зажимным механизмом, приводимым в действие механизированным (пневматическим) приводом.

Приспособление устанавливается на стол фрезерного станка. Положение приспособления в горизонтальной плоскости определяется двумя шпонками, контактирующими с боковыми поверхностями Т-образного паза стола.

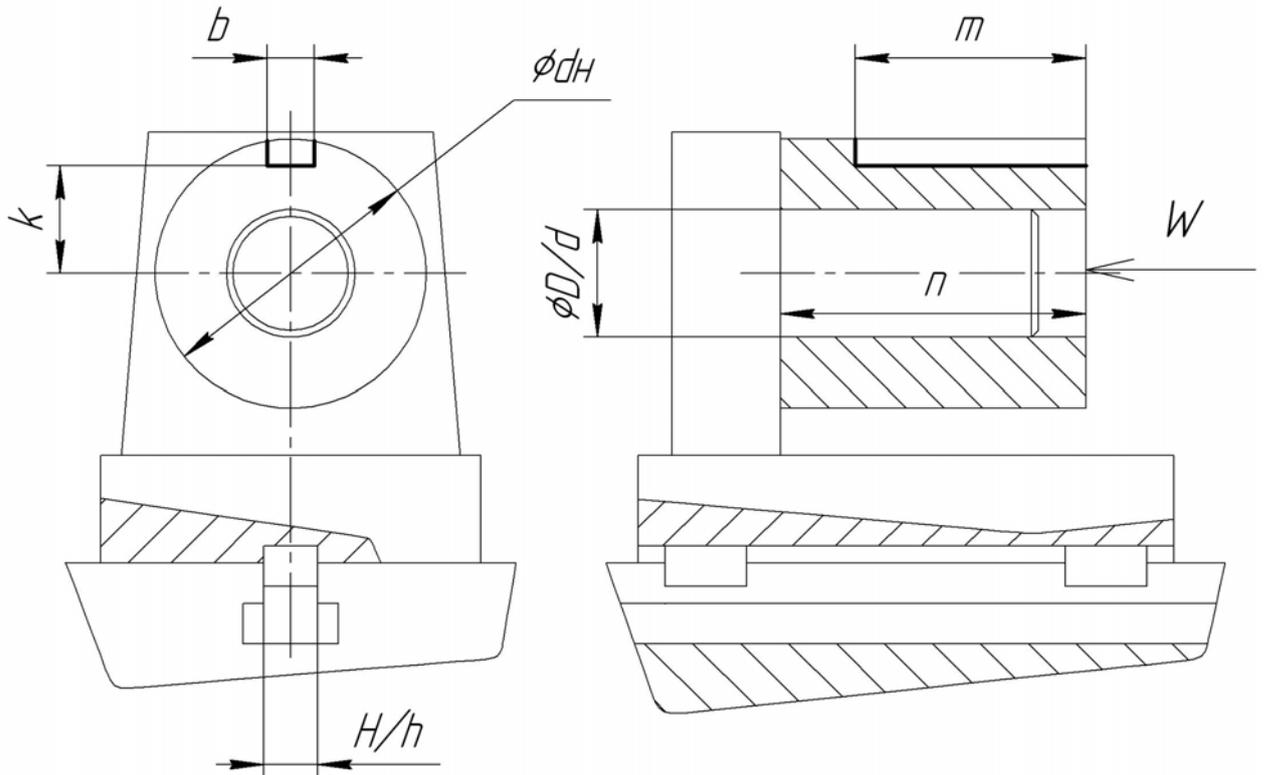


Рисунок 1. Схема приспособления для фрезерования

Исходные данные для расчетов:

Выдерживаемые размеры

размер  $k = 22 \pm 0,08$

симметричность паза и поверхности диаметром  $d_n = 0,12$  мм

ширина паза  $b = 12H8$

длина паза  $t = 74$  мм

Размеры заготовки

диаметр  $d_n = 56h8$  (обработка шлифованием)

размер  $n = 92$  мм

Базовый торец заготовки диаметром  $d_n$  обработан шлифованием.

Посадка в сопряжении палец - отверстие заготовки  $\varnothing 28H7/g6$ .

Посадка в сопряжении шпонка - Т-образный паз стола  $14H8/h7$ .

Расстояние между направляющими шпонками  $L = 340$  мм.

Объем годового выпуска деталей - 8000 шт./год.

При выполнении работы необходимо:

1. Определить величину  $\epsilon_{pr}$  для рассматриваемого параметра точности.
2. Определить все составляющие расчетной формулы с необходимыми пояснениями.
3. Рассчитать величину  $\epsilon_{pr}$  и привести ее к размерам установочных элементов приспособления (привести к длине 100 мм).

#### Задача В4

Выполнить расчет на точность (определить погрешность изготовления  $\varepsilon_{пр}$ ) приспособления схема которого приведена на рисунке.

Приспособление предназначено для установки заготовок детали "Диск" в процессе их обработки на вертикально-фрезерном станке.

При фрезеровании уступа на наружной поверхности заготовки необходимо выдержать размер  $b$  и размер  $t$ .

Заготовка устанавливается во втулку диаметром  $D$  поверхностью (буртиком) диаметром  $d$ . Положение заготовки в направлении оси определяется ее торцом диаметром  $d_n$ .

Закрепление заготовки осуществляется зажимным механизмом, приводимым в действие вручную.

Приспособление устанавливается на стол фрезерного станка. Положение приспособления в горизонтальной плоскости определяется двумя шпонками, контактирующими с боковыми поверхностями Т-образного паза стола.

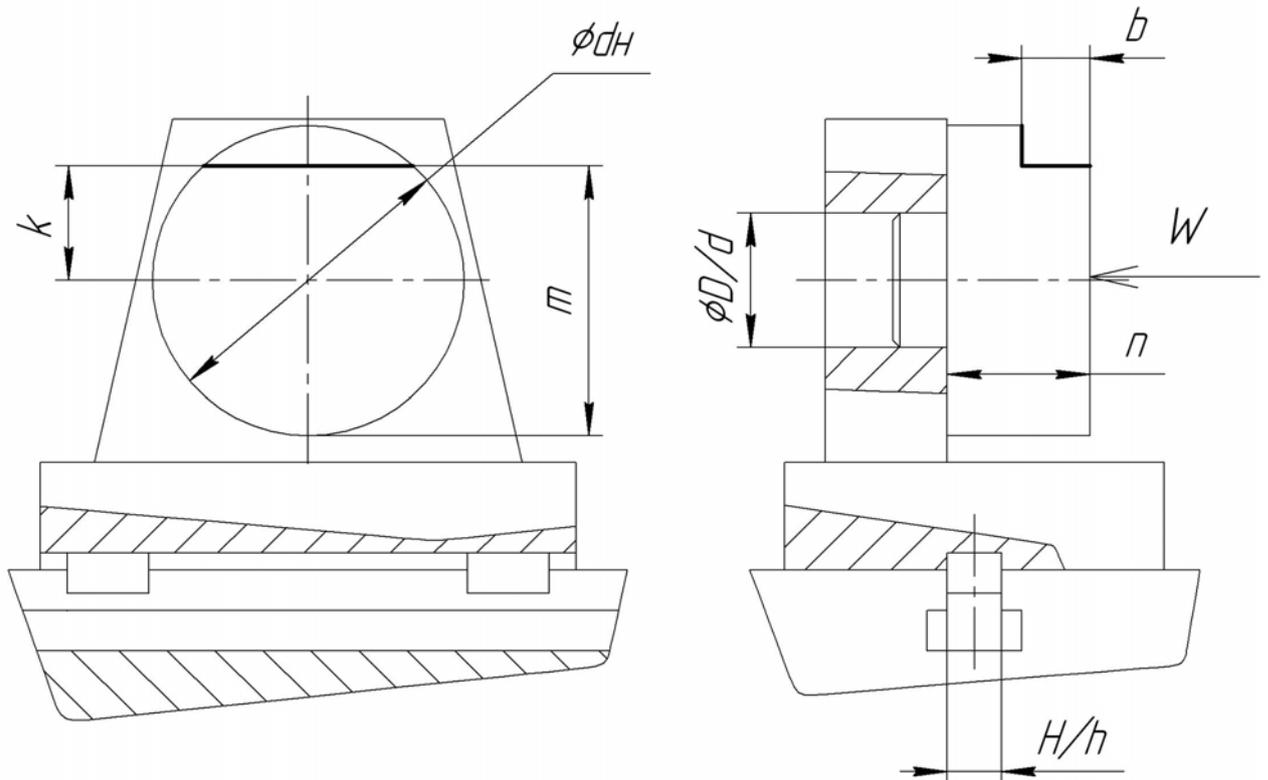


Рисунок 1. Схема приспособления для фрезерования

Исходные данные для расчетов:

Выдерживаемые размеры

размер  $b = 8 \pm 0,09$

размер  $t = 22 - 0,30$

Размеры заготовки

диаметр  $d_n = 76h10$  (обработка чистовым точением)

размер  $n = 36h10$

Базовый торец заготовки диаметром  $d_n$  обработан чистовым точением.

Посадка в сопряжении втулка - буртик заготовки  $\phi 28H8/f7$ .

Посадка в сопряжении шпонка - Т-образный паз стола  $14H8/h8$ .

Расстояние между направляющими шпонками  $L = 240$  мм.

Объем годового выпуска деталей - 12000 шт./год.

При выполнении работы необходимо:

1. Определить величину  $\varepsilon_{пр}$  для рассматриваемого параметра точности.
2. Определить все составляющие расчетной формулы с необходимыми пояснениями.
3. Рассчитать величину  $\varepsilon_{пр}$  и привести ее к размерам установочных элементов приспособления (привести к длине 100 мм).

### Задача В5

Выполнить расчет на точность (определить погрешность изготовления  $\epsilon_{пр}$ ) приспособления схема которого приведена на рисунке.

Приспособление предназначено для установки заготовок детали "Вал" в процессе их обработки на вертикально-фрезерном станке.

При фрезеровании паза шириной  $b$  необходимо выдержать размер  $n$  и симметричность паза и поверхности диаметром  $d$ .

Заготовка устанавливается в призму наружной цилиндрической поверхностью диаметром  $d$ . Положение заготовки в направлении оси определяется торцом призмы, контактирующей с торцом фланцевого участка вала диаметром  $d_1$ .

Закрепление заготовки осуществляется зажимным механизмом, приводимым в действие механизированным (пневматическим) приводом.

Приспособление устанавливается на стол фрезерного станка. Положение приспособления в горизонтальной плоскости определяется двумя шпонками, контактирующими с боковыми поверхностями Т-образного паза стола.

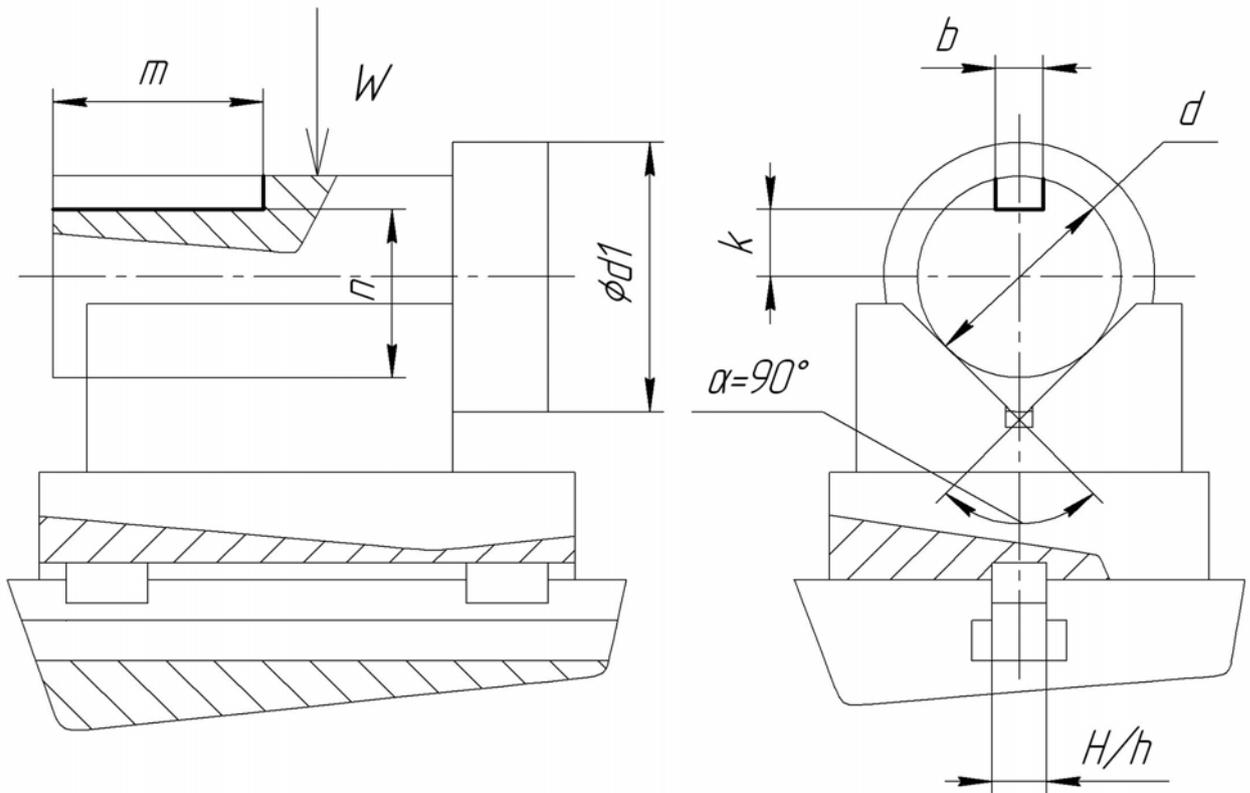


Рисунок 1. Схема приспособления для фрезерования

Исходные данные для расчетов:

Выдерживаемые размеры

размер  $n = 40_{-0,15}$

симметричность паза и поверхности диаметром  $d = 0,08$  мм

ширина паза  $b = 12H8$

длина паза  $t = 70$  мм

Размеры заготовки

диаметр  $d = 48h9$  (обработка чистовым точением)

диаметр  $d_1 = 64h11$

Посадка в сопряжении шпонка - Т-образный паз стола  $14H8/g7$ .

Расстояние между направляющими шпонками  $L = 360$  мм.

Объем годового выпуска деталей - 6000 шт./год.

При выполнении работы необходимо:

1. Определить величину  $\epsilon_{пр}$  для рассматриваемого параметра точности.
2. Определить все составляющие расчетной формулы с необходимыми пояснениями.
3. Рассчитать величину  $\epsilon_{пр}$  и привести ее к размерам установочных элементов приспособления (привести к длине 100 мм).

### Задача В6

Выполнить расчет на точность (определить погрешность изготовления  $\varepsilon_{пр}$ ) приспособления схема которого приведена на рисунке.

Приспособление предназначено для установки заготовок детали "Вал" в процессе их обработки на вертикально-фрезерном станке.

При фрезеровании паза шириной  $b$  необходимо выдержать размер  $k$  и симметричность паза и поверхности диаметром  $d$ .

Заготовка устанавливается на угольник наружной цилиндрической поверхностью диаметром  $d$ . Положение заготовки в направлении оси определяется торцом призмы, контактирующей с торцом фланцевого участка вала диаметром  $d_1$ .

Закрепление заготовки осуществляется зажимным механизмом, приводимым в действие механизированным (пневматическим) приводом.

Приспособление устанавливается на стол фрезерного станка. Положение приспособления в горизонтальной плоскости определяется двумя шпонками, контактирующими с боковыми поверхностями Т-образного паза стола.

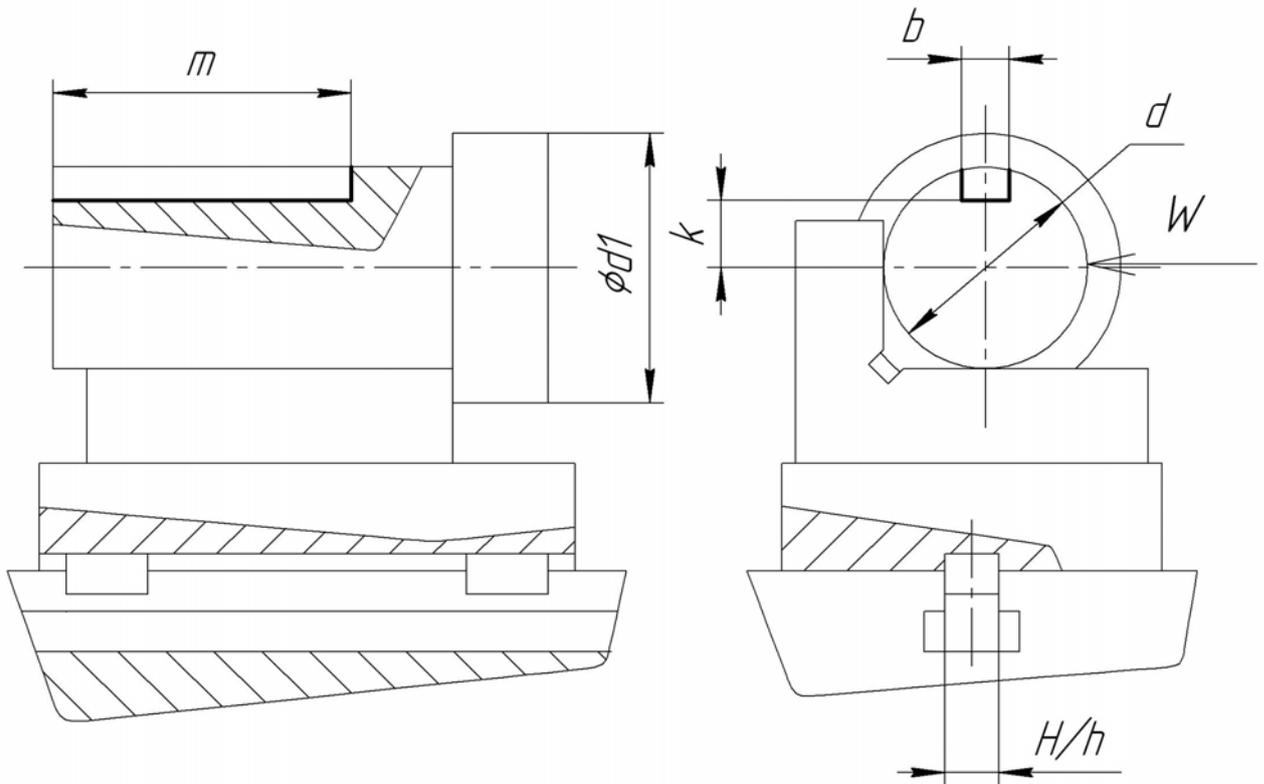


Рисунок 1. Схема приспособления для фрезерования

Исходные данные для расчетов:

Выдерживаемые размеры

симметричность паза и поверхности диаметром  $d = 0,12$  мм

размер  $k = 12 \pm 0,1$

ширина паза  $b = 8H9$

длина паза  $m = 38$  мм

Размеры заготовки

диаметр  $d = 38js9$  (обработка чистовым точением)

диаметр  $d_1 = 52h10$

Посадка в сопряжении шпонка - Т-образный паз стола  $14H8/h7$ .

Расстояние между направляющими шпонками  $L = 280$  мм.

Объем годового выпуска деталей - 22000 шт./год.

При выполнении работы необходимо:

1. Определить величину  $\varepsilon_{пр}$  для рассматриваемого параметра точности.
2. Определить все составляющие расчетной формулы с необходимыми пояснениями.
3. Рассчитать величину  $\varepsilon_{пр}$  и привести ее к размерам установочных элементов приспособления (привести к длине 100 мм).

### Задача В7

Выполнить расчет на точность (определить погрешность изготовления  $\varepsilon_{пр}$ ) приспособления схема которого приведена на рисунке.

Приспособление предназначено для установки заготовок детали "Вал" в процессе их обработки на вертикально-фрезерном станке.

При фрезеровании уступа на наружной поверхности заготовки необходимо выдержать размер  $b$  и размер  $k$ .

Заготовка устанавливается в призму наружной цилиндрической поверхностью диаметром  $d$ . Положение заготовки в направлении оси определяется торцом призмы, контактирующей с торцом фланцевого участка вала диаметром  $d_1$ .

Закрепление заготовки осуществляется зажимным механизмом, приводимым в действие механизированным (пневматическим) приводом.

Приспособление устанавливается на стол фрезерного станка. Положение приспособления в горизонтальной плоскости определяется двумя шпонками, контактирующими с боковыми поверхностями Т-образного паза стола.

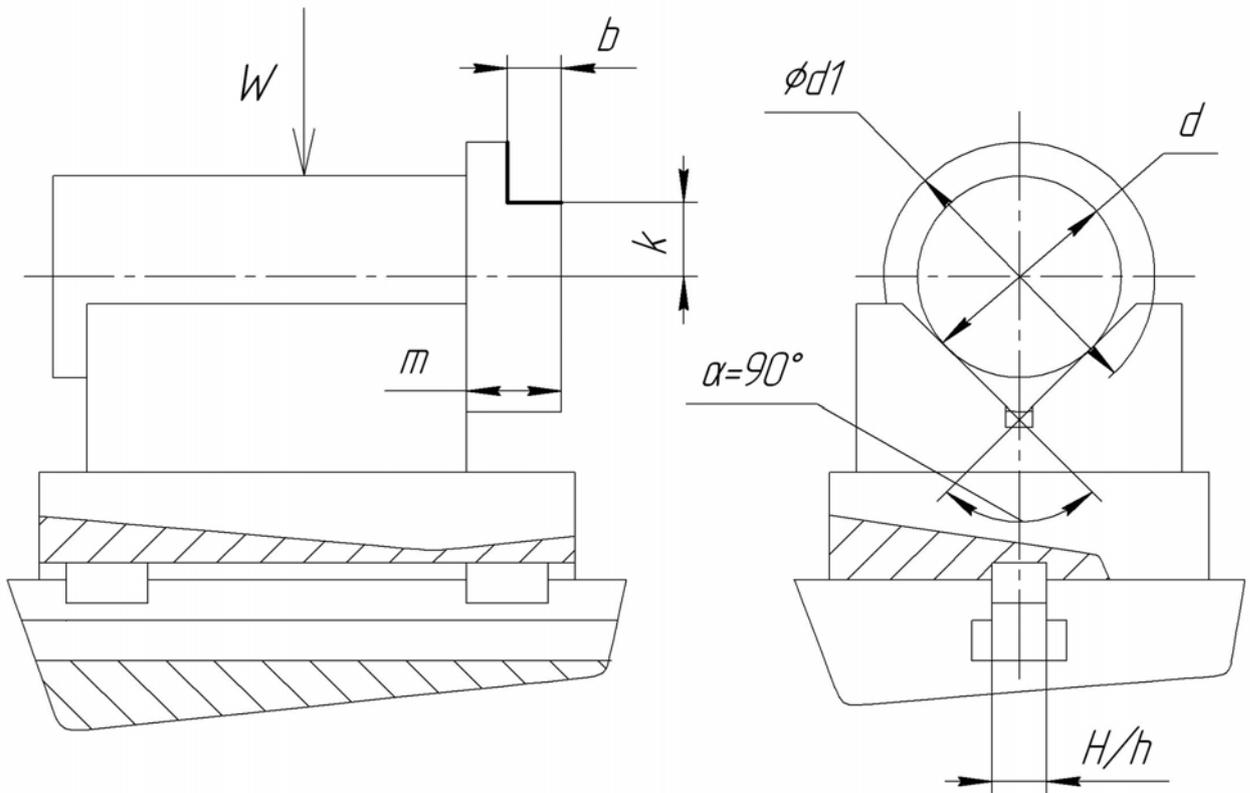


Рисунок 1. Схема приспособления для фрезерования

Исходные данные для расчетов:

Выдерживаемые размеры

размер  $b = 16 \pm 0,12$

размер  $k = 22 \pm 0,10$

Размеры заготовки

диаметр  $d = 36h9$  (обработка чистовым точением)

размер  $t = 26h10$

диаметр  $d_1 = 63h9$

Посадка в сопряжении шпонка - Т-образный паз стола 14H8/g7.

Расстояние между направляющими шпонками  $L = 340$  мм.

Объем годового выпуска деталей - 12000 шт./год.

При выполнении работы необходимо:

1. Определить величину  $\varepsilon_{пр}$  для рассматриваемого параметра точности.
2. Определить все составляющие расчетной формулы с необходимыми пояснениями.
3. Рассчитать величину  $\varepsilon_{пр}$  и привести ее к размерам установочных элементов приспособления (привести к длине 100 мм).

### Задача В8

Выполнить расчет на точность (определить погрешность изготовления  $\varepsilon_{pr}$ ) приспособления схема которого приведена на рисунке.

Приспособление предназначено для установки заготовок детали "Вал" в процессе их обработки на вертикально-фрезерном станке.

При фрезеровании уступа на наружной поверхности заготовки необходимо выдержать размер  $b$  и размер  $k$ .

Заготовка устанавливается на угольник наружной цилиндрической поверхностью диаметром  $d$ . Положение заготовки в направлении оси определяется торцом призмы, контактирующей с торцом фланцевого участка вала диаметром  $d_1$ .

Закрепление заготовки осуществляется зажимным механизмом, приводимым в действие механизированным (пневматическим) приводом.

Приспособление устанавливается на стол фрезерного станка. Положение приспособления в горизонтальной плоскости определяется двумя шпонками, контактирующими с боковыми поверхностями Т-образного паза стола.

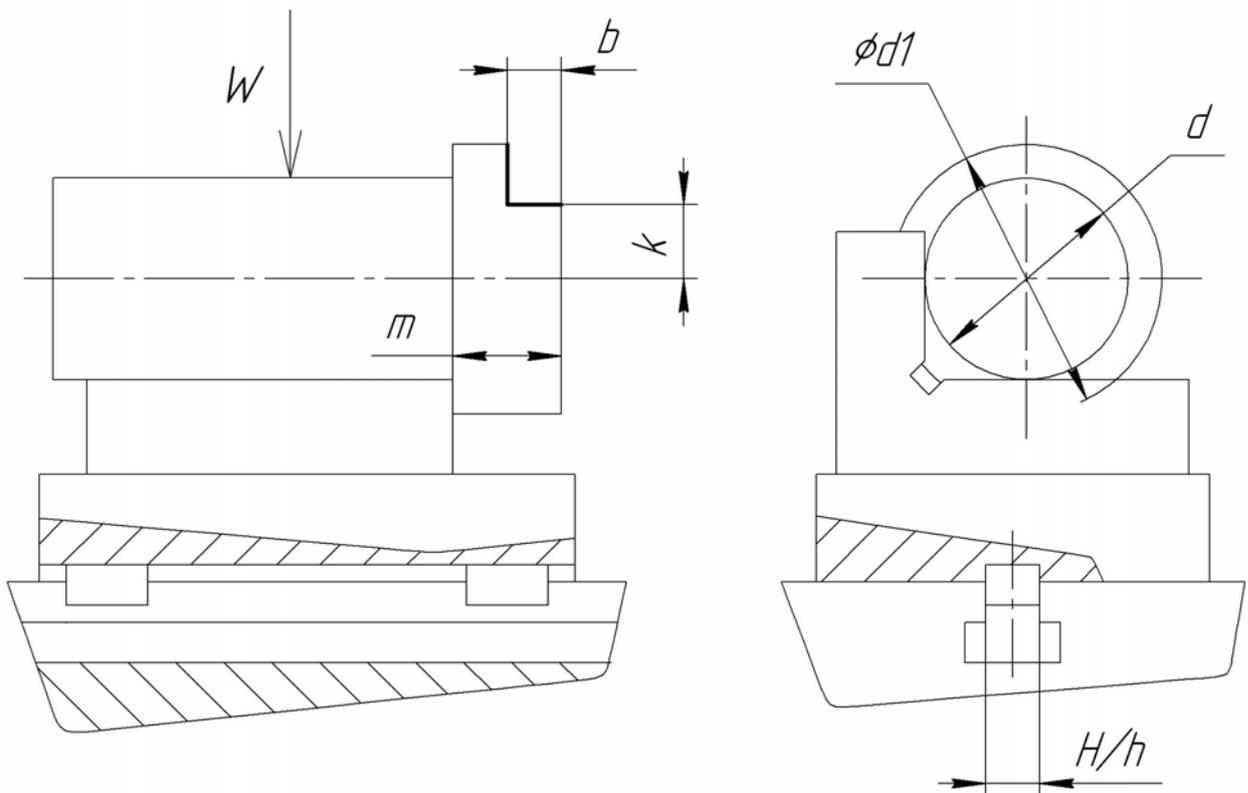


Рисунок 1. Схема приспособления для фрезерования

Исходные данные для расчетов:

Выдерживаемые размеры

размер  $b = 8 \pm 0,12$

размер  $k = 22 \pm 0,08$

Размеры заготовки

диаметр  $d = 42h9$  (обработка чистовым точением)

размер  $m = 36h10$

диаметр  $d_1 = 58h9$

Посадка в сопряжении шпонка - Т-образный паз стола 14H8/g7.

Расстояние между направляющими шпонками  $L = 320$  мм.

Объем годового выпуска деталей - 14000 шт./год.

При выполнении работы необходимо:

1. Определить величину  $\varepsilon_{pr}$  для рассматриваемого параметра точности.
2. Определить все составляющие расчетной формулы с необходимыми пояснениями.
3. Рассчитать величину  $\varepsilon_{pr}$  и привести ее к размерам установочных элементов приспособления (привести к длине 100 мм).

### Задача В9

Выполнить расчет на точность (определить погрешность изготовления  $\varepsilon_{пр}$ ) приспособления схема которого приведена на рисунке.

Приспособление предназначено для установки заготовок детали "Диск" в процессе их обработки на горизонтально-фрезерном станке.

При фрезеровании уступа на наружной поверхности заготовки необходимо выдержать размер  $b$  и размер  $k$ .

Заготовка устанавливается в призму наружной цилиндрической поверхностью диаметром  $d$ . Положение заготовки в направлении оси определяется торцом диаметром  $d$ .

Закрепление заготовки осуществляется зажимным механизмом, приводимым в действие механизированным (пневматическим) приводом.

Приспособление устанавливается на стол фрезерного станка. Положение приспособления в горизонтальной плоскости определяется двумя шпонками, контактирующими с боковыми поверхностями Т-образного паза стола.

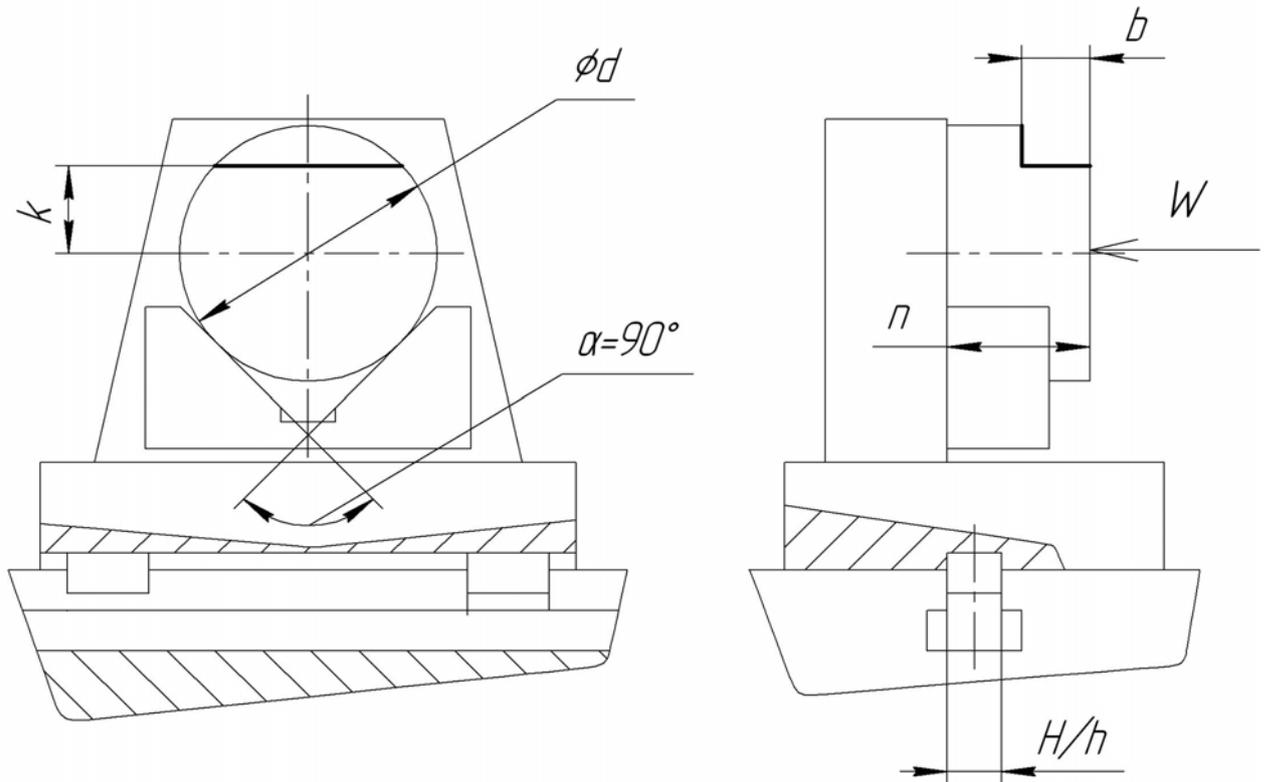


Рисунок 1. Схема приспособления для фрезерования

Исходные данные для расчетов:

Выдерживаемые размеры

размер  $b = 16_{-0,18}$

размер  $k = 48 \pm 0,14$

Размеры заготовки

диаметр  $d_n = 132h10$  (обработка чистовым точением)

размер  $p = 48h10$

Базовый торец заготовки диаметром  $d$  обработан чистовым точением.

Посадка в сопряжении шпонка - Т-образный паз стола 14H8/g7.

Расстояние между направляющими шпонками  $L = 280$  мм.

Объем годового выпуска деталей - 12000 шт./год.

При выполнении работы необходимо:

1. Определить величину  $\varepsilon_{пр}$  для рассматриваемого параметра точности.
2. Определить все составляющие расчетной формулы с необходимыми пояснениями.
3. Рассчитать величину  $\varepsilon_{пр}$  и привести ее к размерам установочных элементов приспособления (привести к длине 100 мм).

### Задача В10

Выполнить расчет на точность (определить погрешность изготовления  $\epsilon_{pr}$ ) приспособления схема которого приведена на рисунке.

Приспособление предназначено для установки заготовок детали "Диск" в процессе их обработки на горизонтально-фрезерном станке.

При фрезеровании паза шириной  $b$  необходимо выдержать размер  $k$  и симметричность паза и поверхности диаметром  $d$ .

Заготовка устанавливается в призму наружной цилиндрической поверхностью диаметром  $d$ . Положение заготовки в направлении оси определяется торцом диаметром  $d$ .

Закрепление заготовки осуществляется зажимным механизмом, приводимым в действие механизированным (пневматическим) приводом.

Приспособление устанавливается на стол фрезерного станка. Положение приспособления в горизонтальной плоскости определяется двумя шпонками, контактирующими с боковыми поверхностями Т-образного паза стола.

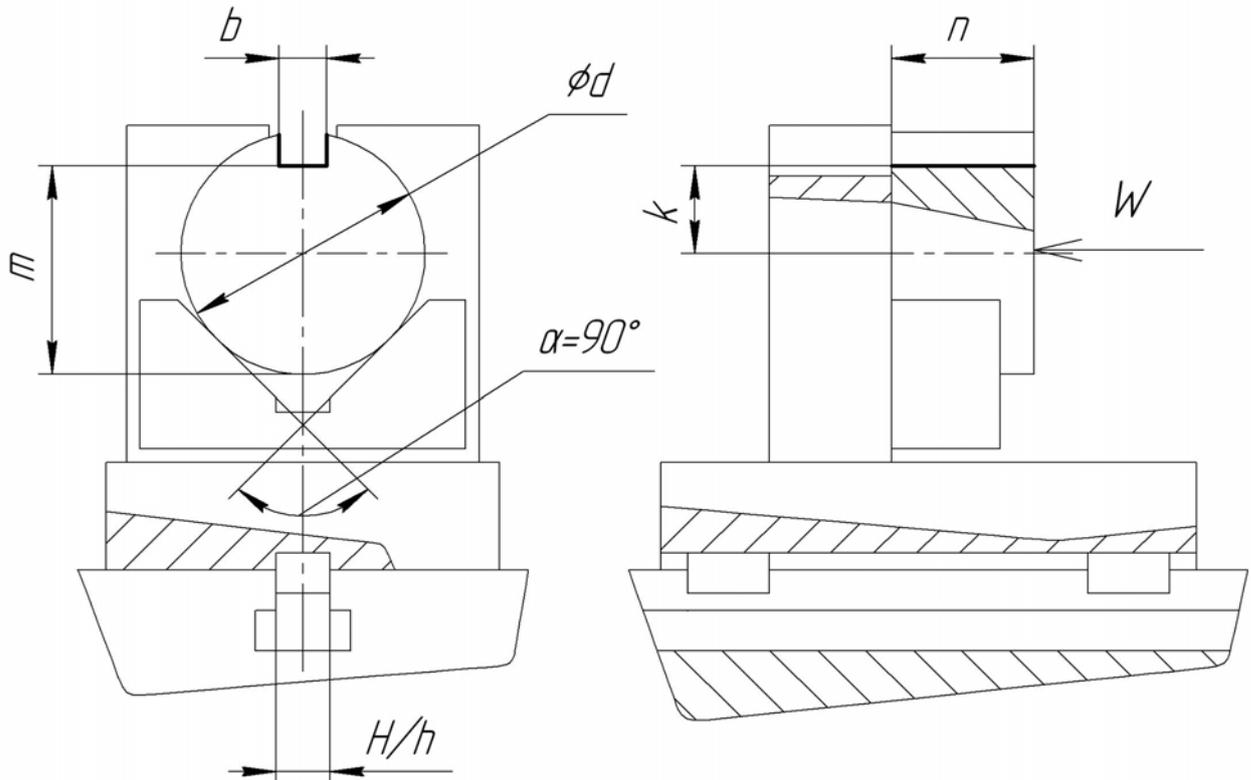


Рисунок 1. Схема приспособления для фрезерования

Исходные данные для расчетов:

Выдерживаемые размеры

размер  $k = 42_{-0,10}$

симметричность паза и поверхности диаметром  $d_n = 0,08$  мм

ширина паза  $b = 14H8$

Размеры заготовки

диаметр  $d = 102h9$  (обработка чистовым точением)

размер  $n = 46$  мм

Базовый торец заготовки диаметром  $d$  обработан чистовым точением.

Посадка в сопряжении шпонка - Т-образный паз стола  $14H8/h7$ .

Расстояние между направляющими шпонками  $L = 280$  мм.

Объем годового выпуска деталей - 16000 шт./год.

При выполнении работы необходимо:

1. Определить величину  $\epsilon_{pr}$  для рассматриваемого параметра точности.
2. Определить все составляющие расчетной формулы с необходимыми пояснениями.
3. Рассчитать величину  $\epsilon_{pr}$  и привести ее к размерам установочных элементов приспособления (привести к длине 100 мм).

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА МАШИНОСТРОЕНИЯ И  
ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К КУРСОВОЙ РАБОТЕ**

**по дисциплине  
«Технологическая оснастка»  
для студентов специальности 1- 36 01 01 «Технология машиностроения»**

БРЕСТ 2018

Методические указания определяют тематику, состав, методику выполнения конструкторских разработок и правила оформления курсовых работ студентов по дисциплине «Технологическая оснастка». Указания предназначены для оказания помощи студентам машиностроительных специальностей в ходе выполнения курсовой работы, а также могут быть полезны инженерно-техническим работникам машиностроительных предприятий, занимающимся проектированием станочных приспособлений.

Составители: О.А. Медведев, доцент, к.т.н.  
Н. С. Ялковский, старший преподаватель

Рецензент: И.В. Андросюк, главный инженер СП ОАО «Брестгазоаппарат»

Учреждение образования  
© Брестский государственный технический университет, 2018

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа по дисциплине «Технологическая оснастка машиностроительного производства» является важным этапом технологической и конструкторской подготовки студентов специальности 1-36 01 01.

Целями работы являются:

- углубление и закрепление теоретических знаний, полученных при изучении дисциплин технологического и конструкторского профиля и их комплексного использования;
- формирование навыков проектирования технологической оснастки (в том числе с использованием САПР), использования источников нормативной и справочной информации;
- развитие творческой активности студентов, направленной на усовершенствование технологической оснастки для повышения ее эффективности.

Для достижения этих целей при выполнении курсовой работы решаются следующие задачи:

- выполнение критического анализа типовой конструкции станочного приспособления и выявление путей ее усовершенствования;
- разработка технического задания на проектирование усовершенствованного станочного приспособления с механизированным приводом закрепления заготовки;
- проектирование, логическое и расчетное обоснование элементов станочного приспособления;
- разработка сборочного чертежа станочного приспособления.

## ТЕМАТИКА, СОСТАВ, ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КУРСОВЫХ РАБОТ

**Темой курсовой работы** обычно является разработка конструкции станочного приспособления средней сложности с механизированным приводом закрепления заготовки. Темы проектов должны отражать реальные задачи, стоящие перед отечественным машиностроением и, в частности, перед предприятием - базой конструкторско-технологической практики, во время которой студентами производился сбор исходных данных для выполнения курсовых проектов и работ.

Как правило, каждому студенту назначается индивидуальная тема работы. Однако в случае проектирования сложного, унифицированного, переналаживаемого приспособления, имеющего практическую значимость, возможно выполнение работы по одной комплексной теме несколькими студентами. Набор тем курсовых работ должен ежегодно полностью обновляться.

Пример темы курсовой работы: «Разработка станочного приспособления с механизированным зажимом заготовки для фрезерования шпоночного паза шириной 12Н9 на шейке вала ИВ 346.254.001».

Конкретный состав разработок, подлежащих выполнению в каждом разделе работы, приводится в задании на курсовую работу. Каждый раздел должен быть представлен в пояснительной записке. Итогом всех разработок является сборочный чертеж станочного приспособления, представленный в графической части работы.

**Пояснительная записка** должна содержать полную информацию о выполненных технологических и конструкторских разработках, включая их логические и расчетные обоснования (формулы, таблицы, рисунки). К пояснительной записке дополнительно подшиваются приложения (спецификация к сборочному чертежу приспособления, технические условия на сборку приспособления и др.).

**Графическая часть работы** обычно выполняется на одном листе формата А1, на котором представлен сборочный чертеж разработанного станочного приспособления.

**Исходными данными** для выполнения курсовой работы являются: технологическая документация на операцию, для которой проектируется приспособление; годовой объем выпуска детали; паспортные данные станка, на котором будет использоваться приспособление; документация на приспособление-аналог; данные о заготовке, поступающей на обработку в приспособлении (форма, масса, размеры, допуски размеров, формы и расположения, состояние и шероховатость поверхностей, физико-механические свойства); параметры получаемых поверхностей (форма и расположение, размеры, допуски размеров, формы, расположения, шероховатость); число заготовок, устанавливаемых в приспособлении; сведения о применяемых режущих инструментах (вид, материал, размеры, точность); время установки заготовки в приспособлении; требования по технике безопасности и обслуживанию приспособления.

Основным источником этих данных являются материалы конструкторско-технологической практики, однако для повышения творческой активности студентов руководитель работы может изменить конструкцию детали, объем ее выпуска и другие данные.

### **ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ, ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ РАБОТЫ**

Тема работы, исходные данные и состав разработок указываются в **задании на курсовую работу**. Оно выдается студенту руководителем в течение первой недели семестра, в котором выполняется работа, в соответствии с учебным планом. Пример задания приведен в приложении Б к данным методическим указаниям. Исходные данные и формулировки намеченных разработок должны исключать простое копирование заводских технологических и конструкторских решений и не допускать разночтений. Руководитель работы подписывает составленное задание и ставит дату его выдачи. Студент, подписывая задание, ставит дату принятия его к исполнению. После этого задание утверждается заведующим кафедрой. Получив задание, студент должен сразу же приступить к выполнению работы, придерживаться графика проектирования и представлять соответствующий объем выполненных работ на каждую аттестацию в течение семестра. Руководитель на еженедельных консультациях помогает студенту овладеть методиками проектирования, указывает источники необходимой информации, контролирует ход выполнения работы с целью своевременного устранения ошибок и повышения качества проектирования. Студент должен представить руководителю законченную работу, соответствующую заданию, не позже чем за неделю до начала сессии. Срок сдачи готовой курсовой работы указывается в задании. В основных надписях пояснительной записки, спецификаций, листа графической части должны быть подписи автора работы. Принимая решение о допуске работы к защите, руководитель подписывает пояснительную записку, и лист графической части, что свидетельствует лишь о возможности их положительной оценки при защите работы. Курсовая работа защищается студентом перед комиссией из 2-3 преподавателей, назначенных заведующим кафедрой, в число которых входит руководитель работы. Оценка работы выставляется коллегиально. При этом учитывается полнота, качество, оригинальность разработок и умение студента обосновывать принятые решения.

### **СОСТАВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

После титульного листа (приложение А) и задания на курсовую работу в пояснительной записке приводится **аннотация** курсовой работы, которая содержит краткую информа-

цию о составе работы, о сущности выполненных разработок, их технической и экономической целесообразности. Далее следует **содержание**, то есть перечень разделов, подразделов, пунктов пояснительной записки и приложений к ней. После этого излагается **введение**, в котором указываются состояние и пути развития технологической оснастки машиностроительного производства и направления усовершенствования методик ее проектирования, актуальность темы курсовой работы, предлагаемые меры по усовершенствованию оснастки и ожидаемый технико-экономический эффект. После введения следуют основные разделы пояснительной записки, состав разработок которых описан далее, а также заключение, список цитируемых источников, приложения.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ**

Проектирование станочного приспособления выполняется в такой последовательности, чтобы предшествующие этапы проектирования давали необходимую информацию для последующих этапов. Состав этапов проектирования, логические и расчетные обоснования, выполняемые на каждом этапе и описываемые в пояснительной записке курсовой работы, рассмотрены ниже.

### **1 Задание на проектирование станочного приспособления**

Составление технического задания на проектирование необходимо для тщательного уяснения: исходных данных для проектирования; назначения приспособления; условий работы приспособления; требуемых эксплуатационных показателей приспособления; состава разрабатываемой конструкторской документации.

Задание на проектирование станочного приспособления должно содержать:

1. Наименование и назначение приспособления: 1) функции на оснащаемой операции, 2) технологические переходы, выполняемые с использованием приспособления, 3) тип и модель оборудования, на котором будет использоваться приспособление;
2. Данные о заготовке (полуфабрикате), поступающей на обработку в приспособлении (форма, масса, размеры, допуски размеров, формы и расположения, состояние и шероховатость поверхностей, физико-механические свойства);
3. Сведения об оснащаемой технологической операции: 1) состав и порядок выполнения технологических переходов, их распределение по установам и позициям, 2) виды, материалы, размеры, обозначения применяемых режущих инструментов; 3) число заготовок, устанавливаемых в приспособлении, 4) параметры получаемых поверхностей (форма и расположение, размеры, допуски размеров, формы, расположения, шероховатость), 5) годовой объем выпуска детали, 6) применяемая смазочно-охлаждающая жидкость;
4. Паспортные данные оснащаемого станка: 1) габариты рабочей зоны станка, 2) вид и форма рабочего органа станка, несущего приспособление, 3) вид, форма, размеры, допуски конструктивных элементов, служащих для базирования и закрепления приспособления на станке; 4) наличие и вид источника энергии для питания силового привода приспособления;
5. Наличие приспособления-аналога и его конструкторской документации;
6. Требования по охране труда при установке заготовки в приспособление;
7. Требования к обслуживанию приспособления.

### **2 Выбор и обоснование технологических баз и схемы базирования заготовки в приспособлении**

От выбора баз зависит получаемая точность взаимного расположения поверхностей детали, последовательность обработки поверхностей, возможная степень концентрации технологических операций, сложность конструкции требуемого приспособления, удобство и трудоемкость установки заготовок, и т. п.

Если приспособление проектируется для чистовой или получистовой обработки детали, когда для базирования используются элементы полуфабриката, полученные обработкой резанием, то их выбирают с учетом следующих правил **выбора чистовых и промежуточных технологических баз** для обработки деталей на настроенных станках в серийном и массовом производстве.

**1) Необходимо соблюдать принцип совмещения (единства) баз**, то есть в качестве технологической базы для выполнения чистового перехода следует принимать одну из двух границ (измерительную базу) получаемого чертежного размера, определяющего положение обрабатываемой поверхности, или границы допуска ее расположения. Эта граница должна быть сформирована на одной из предшествующих операций. При таком базировании технологический допуск чертежного размера равен только погрешности технологической системы, используемой для этого чистового перехода. При отступлении от принципа совмещения баз технологический допуск чертежного размера будет складываться из технологического допуска размера между технологической базой и обрабатываемой поверхностью (погрешность технологической системы) и технологического допуска размера между технологической и измерительной базой (погрешность схемы базирования), если обе границы чертежного размера не получают одним инструментом, или набором инструментов. Аналогично выбирают базы по другим координатным направлениям, в которых на данном технологическом переходе выдерживаются подобные чертежные размеры, и получают комплект технологических баз, обеспечивающий (в общем случае) ориентацию заготовки по шести координатным направлениям. Без совмещения баз для достижения точности чертежных размеров могут потребоваться более точные и дорогие методы обработки.

Еще более важным является совмещение баз для обеспечения точности угловых положений поверхностей (перпендикулярности, параллельности, перекосов осей). Это объясняется тем, что нормируемый уровень точности угловых размеров, обычно, выше уровня точности линейных размеров, и тем, что на многих станках нет точной настройки угловых положений рабочих органов и невозможно настроить станок на получение точности угловых размеров методом пробных проходов.

**2) Необходимо соблюдать принцип постоянства технологических баз**, то есть стремиться к тому, чтобы использовать один и тот же комплект технологических баз при обработке большинства поверхностей детали. Всякая смена технологических баз увеличивает погрешность взаимного расположения поверхностей, обработанных от разных баз на величину погрешности положения этих баз друг от друга.

В ряде случаев возникает потребность отступить от принципа совмещения баз или постоянства баз, ради того, чтобы упростить конструкцию станочного приспособления, снизить трудоемкость установки заготовки в приспособлении, повысить уровень концентрации технологических переходов в операции, обеспечить доступ инструментов к обеим границам выдерживаемого размера и т. п. Однако при этом точность чертежных размеров должна быть обеспечена.

**3) Желательно базировать заготовку по наиболее точным поверхностям** для уменьшения погрешности базирования, вызванной отклонениями размера и формы технологической базы и ее шероховатостью.

**4) Желательно базировать заготовку по поверхностям, расположенным ближе к местам приложения сил резания, чтобы уменьшить ее деформации.**

**5) Следует выбирать базы с учетом обеспечения доступа инструмента** ко всем поверхностям, намеченным для обработки при данном базировании, создавая условия для максимальной концентрации переходов в операции. При этом погрешность взаимного расположения данных поверхностей не зависит от погрешности установки, а определяется только погрешностью технологической системы, применяемой для их обработки. Кроме повышения точности взаимного расположения поверхностей, применение этого правила позволит сократить затраты на переустановки и межоперационное транспортирование заготовки, сократить необходимое количество оборудования и оснастки.

**6) Следует выбирать базы с учетом обеспечения быстрой и удобной установки** заготовки в приспособление, по возможности используя **неполное базирование**, если в некоторых направлениях размеры при обработке не выдерживаются.

Когда эти правила невозможно выполнить одновременно, их приоритет выбирают исходя из конкретных обстоятельств, при условии достижения требуемой точности.

При **выборе черновых баз** (поверхностей заготовки, используемых для базирования для выполнения первых переходов мехобработки) следует учитывать правила выбора чистовых баз и еще ряд дополнительных правил:

**1) черновую базу можно использовать только один раз** для базирования заготовки в определенном координатном направлении. В противном случае большая погрешность базирования по грубой базе, приведет к большой погрешности взаимного расположения поверхностей, обработанных при разных установках от этой базы. Поэтому **при первом базировании по черной базе следует обработать чистовую или промежуточную базу** для последующего базирования полуфабриката в том же координатном направлении;

**2) в качестве черновых баз следует выбирать поверхности, относительно которых удобно обработать чистовые, или промежуточные базы** принятым методом;

**3) в качестве черновых баз необходимо применять наиболее точные поверхности** заготовки без следов прибылей, питателей, облоя и т. п.;

**4) в качестве черновой базы следует выбирать ту поверхность заготовки, после обработки которой формируется наиболее точная и ответственная поверхность** детали. Это обеспечит равномерность припуска при обработке данной поверхности от чистовых баз и будет способствовать получению высокой точности этой поверхности;

**5) в качестве черновой базы желательно принимать поверхность заготовки с минимальным припуском**, чтобы при последующей обработке обеспечить равномерность этого припуска и избежать необработанных участков на данной поверхности заготовки;

**6) в качестве черновых баз желательно принимать поверхности заготовки, которые не обрабатываются резанием.** Это позволит обеспечить правильное положение системы обрабатываемых поверхностей относительно необрабатываемых.

Приоритет этих правил устанавливается с учетом конкретных условий обработки.

Творчески применяя данные правила, следует выбрать и обосновать комплект технологических баз при выполнении всех переходов операции, оснащаемой проектируемым приспособлением.

Результаты выбора технологических баз оформляются в виде схем базирования и закрепления с учетом рекомендаций [1, 4, 8]. Число опорных точек, приложенных к каждой базе, должно соответствовать числу координат, по которым эта база ориентирует заготовку (числу лишаемых степеней свободы) в соответствии с ГОСТом 21495-76. При этом следует учитывать то, что базы, имеющие малые размеры, не могут использоваться как направляющие или

установочные базы, то есть ориентировать заготовку по угловым координатным направлениям. Такие базы следует использовать как опорные или двойные опорные.

Места приложения и направления сил зажима выбирают с учетом обеспечения плотного контакта баз с установочными элементами приспособления (силового замыкания), исключения произвольной смены технологических баз, исключения больших деформаций заготовки, обеспечения доступа инструмента к обрабатываемым поверхностям. Условные обозначения зажимов на схемах должны соответствовать ГОСТу 3.1107-81 [1, 8, 9].

### **3 Эскизная проработка станочного приспособления**

Сначала следует обосновать состав требуемых установочных (опорные пластины, призмы, пальцы, упоры, центры и т. п.) и зажимных (прижимы, прихваты, кулачки, цанги и т. п.) элементов приспособления, состав элементов, направляющих режущие инструменты (кондукторные плиты и втулки, адаптеры и т. п.), или определяющих их положение перед рабочим ходом.

Затем следует выбрать и обосновать источник силы привода зажима заготовки (пневмоцилиндр, гидроцилиндр, электродвигатель, электромагниты, вращающиеся грузы и др.) и минимально необходимый состав механизмов, преобразующих и передающих усилие от источника к зажимам, контактирующим с заготовкой. Так же следует выбрать и обосновать состав необходимых вспомогательных устройств (поворотных, делительных, фиксирующих, выталкивающих и т. п.).

При выборе вида и параметров элементов конструкции станочного приспособления можно использовать альбомы стандартизованных деталей и узлов приспособлений [3, 15].

При эскизном прочерчивании конструкции приспособления изображения выбранных установочных, зажимных, вспомогательных элементов следует расположить относительно изображения контура заготовки согласно разработанной ранее схеме базирования и закрепления. Установочные элементы следует располагать так, чтобы их реакции компенсировали силы резания. Положение прижимов должно быть таким, чтобы силы зажима не могли сдвигать, опрокидывать, изгибать заготовку, для чего их следует располагать против жестких установочных элементов, имеющих наибольшую площадь контакта с заготовкой. Направления сил зажима по возможности должны совпадать с силой тяжести заготовки и силами резания. При этом положение установочных, зажимных и вспомогательных элементов не должно затруднять доступ режущих инструментов к местоположению обрабатываемых поверхностей заготовки.

При эскизном прочерчивании надо определить наиболее компактное размещение всех элементов и механизмов приспособления относительно заготовки, друг друга и рабочих органов станка, чтобы обеспечить высокую жесткость и малую металлоемкость корпуса и наметить его контуры. Для удобства и безопасности установки и снятия заготовки следует предусмотреть зоны, свободные от элементов приспособления. По составленному эскизу предварительно определяют размеры элементов приспособления и длины перемещений подвижных частей приспособления.

Форма, размеры, расположение, допуски элементов корпуса приспособления, служащих для его базирования и закрепления на рабочем органе станка, должны соответствовать сопрягаемым с ними элементам (пазам, отверстиям, наружным цилиндрам или конусам) этого рабочего органа.

Описывая эскизную проработку приспособления, следует обосновать принимаемые конструктивные решения. В дальнейшем по результатам силового и прочностного расчетов приспособления размеры элементов приспособления могут быть скорректированы.

## 4 Расчет привода зажима заготовки

### 4.1 Определение режимов резания, сил и моментов резания

Зажим заготовки в приспособлении необходим для сохранения ее положения, достигнутого при базировании в течение всей операции или установа, несмотря на действующие силы резания. Поэтому, для технологических переходов, выполняемых на оснащаемой технологической операции, следует определить режимы резания и возникающие при этом силы и моменты резания. При этом глубина резания принимается равной максимальному припуску на переход, скорость подачи (на зуб, на оборот) и нормативная стойкость определяются по таблицам нормативов [10, 11,14]. Расчет поправочных коэффициентов, расчет скорости резания, выполняется по эмпирическим формулам [14]. По скорости резания при вращательном движении резания следует определить частоту вращения инструмента или заготовки. Частоты вращения инструмента или заготовки, скорости подач корректируются по паспорту станка. Затем по эмпирическим формулам [14] следует рассчитать силы и моменты резания.

Для дальнейших расчетов силового привода используются силы и моменты резания, рассчитанные для тех переходов, при выполнении которых наиболее вероятна потеря равновесия заготовки.

### 4.2 Расчет сил зажима заготовки

На основе компоновки приспособления, полученной при эскизной его проработке, составляется **схема для расчета сил зажима**. Схема должна иметь столько видов (проекций), чтобы давать представление о составе и направлении всех сил, действующих на заготовку при обработке в приспособлении. На каждом виде схемы должны быть показаны: контур заготовки с изображением обрабатываемых поверхностей, технологических баз, поверхностей к которым приложены силы зажима; упрощенное изображение жестких и подводимых опор, зажимных элементов; изображение векторов сил резания, моментов сил резания, приложенных в наиболее удаленных от опор заготовки точках обрабатываемых поверхностей, когда потеря равновесия заготовки наиболее вероятна; изображение векторов сил зажима, реакций опор и сил трения, сил тяжести (для крупных заготовок); расстояния от точек приложения сил до центров возможных поворотов заготовки при потере равновесия.

В общем случае требуемые силы зажима определяют путем решения **шести уравнений статического равновесия заготовки** под действием всех сил и моментов (три уравнения равновесия сил, действующих вдоль трех координатных осей, и три уравнения равновесия моментов сил, действующих в плоскостях, перпендикулярных этим осям). Все силы и моменты целесообразно разделить на две группы: активные, стремящиеся сдвинуть или повернуть заготовку из положения, достигнутого при базировании (силы и моменты резания, сила тяжести); силы сопротивления, противодействующие смещениям заготовки (силы зажима, нормальные реакции опор, силы трения).

С целью снижения трудоемкости расчетов сил зажима, при обеспечении их достоверности, можно ограничиться рассмотрением условий равновесия только в тех направлениях, в которых потеря равновесия заготовки наиболее вероятна при данном составе сил. Эти направления следует выявить путем анализа расчетной схемы, учитывая величины активных сил. Уравнения равновесия составляют на основе данных расчетной схемы, эскиза приспособления и технического задания на проектирование.

Для более надежного равновесия заготовки выражение для силы зажима, полученное из уравнений равновесия, следует умножить на коэффициент запаса [1, 4].

Коэффициент запаса зажимной силы ( $k$ ) определяется как произведение ряда первичных коэффициентов характеризующих условия установки, закрепления и обработки заготовки, а также особенности конструкции приспособления. Коэффициент рассчитывается по формуле:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (1)$$

Где:  $k_0$  - гарантированный коэффициент запаса, для всех случаев равен 1,5;

$k_1$  - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прогрессирующем затуплении режущего инструмента, его значения приведены в таблице 1;

$k_2$  - коэффициент, учитывающий неравномерность сил резания из-за непостоянства снимаемого при обработке припуска: для черновой обработке  $k_2=1,2$ ; для чистовой -  $k_2=1$ ;

$k_3$  - коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании. При прерывистом точении и торцевом фрезеровании  $k_3=1,2$ ;

$k_4$  - коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима, развиваемой силовым приводом приспособления: 1) для пневматических и гидравлических цилиндров, электромеханических и магнитных зажимных устройств  $k_4 = 1,0$ ; 2) для ручных зажимов  $k_4 = 1,3$ ; 3) для случаев, когда на силу, развиваемую приводом, оказывает влияние отклонение размеров заготовки, что имеет место при использовании пневмокамер, рычажно-шарнирных зажимов, приспособлений с упругими элементами (мембранных патронов, оправок с гидропластмассой и гофрированными втулками),  $k_4 = 1,2$ ;

$k_5$  - коэффициент, характеризующий удобство расположения рукояток ручных зажимов:

- при удобном положении рукояток и малом диапазоне их поворота (до  $90^\circ$ )  $k_5 = 1,0$ ;

- при неудобном расположении и большом диапазоне поворота  $k_5 = 1,2$ ;

$k_6$  - коэффициент, учитывающий наличие крутящих моментов, стремящихся повернуть обрабатываемую заготовку на базовой плоскости:

- при установке заготовки на точечные опоры  $k_6 = 1,0$ ;

- при установке на опорные элементы с большой поверхностью контакта, когда макронеуровности базовой поверхности вызывают неопределенность мест контакта заготовки с опорами приспособления относительно центра поворота,  $k_6 = 1,5$ .

Таблица 1 - Значения коэффициента  $k_2$

Метод обработки	Силовые факторы резания	Материал заготовки	Коэффициент $K_1$
Сверление	$M_p$	Сталь и чугун	1,2
	$P_o$		1,1
Предварительное зенкерование	$M_p$	Сталь и чугун	1,3
	$P_o$		1,2
Чистовое зенкерование	$M_p$	Сталь и чугун	1,2
	$P_o$		1,2
Предварительное точение и растачивание	$P_z$	Сталь и чугун	1,0
	$P_y$	Сталь (чугун)	1,4 (1,2)
	$P_x$	Сталь (чугун)	1,6 (1,25)
Чистовое точение и растачивание	$P_z$	Сталь (чугун)	1,0 (1,05)
	$P_y$	Сталь (чугун)	1,05 (1,4)
	$P_x$	Сталь (чугун)	1,0 (1,3)
Фрезерование цилиндрической фрезой черновое и чистовое	$P_z$	Сталь	1,6...1,8
		Чугун	1,2 1,4
Фрезерование торцевой фрезой предварительное и чистовое	$P_z$	Сталь	1,6...1,8
		Чугун	1,2 1,4
Шлифование	$P_z$	Сталь и чугун	1,1...1,2
Протягивание	$P_z$	Сталь и чугун	1,5

Для часто встречающихся типовых схем установки заготовки и действия сил резания и зажима в справочниках [1, 4, 15, 16] приведены формулы для расчета сил зажима. Использовать соответствующие формулы можно, если расчетная схема, составленная для проектируемого приспособления, соответствует схеме в справочнике.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся схемы действия сил на заготовки, установленные в станочных приспособлениях и формулы для расчета сил зажима, соответствующие этим схемам.

Рассмотрим схему сил, действующих на заготовку, приведенную на рисунке 1.

На схеме приняты следующие обозначения:

$P_1$  и  $P_2$  - силы резания, возникающие при обработке;

$W$  - сила закрепления заготовки, величину которой необходимо определить;

$f_1$  и  $f_2$  - коэффициенты трения заготовки соответственно с зажимными и установочными элементами приспособления, их значения приведены в таблице 2;

$j_1$  и  $j_2$  - жесткость соответственно зажимных и установочных элементов.

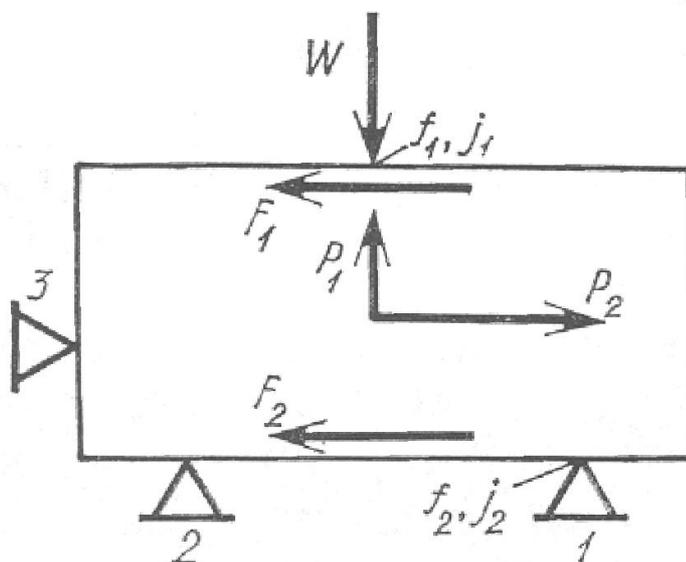


Рисунок 1- Схема установки заготовки и схема действующих на нее сил

Таблица 2 - Значения коэффициента трения

Условия трения	$f$
Заготовка контактирует с опорами или зажимными механизмами приспособления: - обработанными поверхностями; - необработанными поверхностями.	0,15 0,2...0,25
Заготовка контактирует с опорами или зажимными механизмами приспособления, имеющими рифления.	0,7

Сила  $P_1$  направлена против зажимного устройства и может привести к отрыву заготовки от опор приспособления. Чтобы этого не произошло, должно выполняться условие равновесия сил, действующих на заготовку, выражаемое формулой (2), по которой можно рассчитать требуемую силу зажима:

$$W = P_1 \cdot k \quad (2)$$

где  $k$  - коэффициент запаса зажимной силы.

Сила  $P_2$  стремится сдвинуть заготовку с опор приспособления, чему противодействуют силы трения, возникающие в местах контакта заготовки с опорами и зажимными элементами приспособления. Условие равновесия сил действующих на заготовку выразится формулой:

$$(W - P_1) \cdot f_2 + W \cdot f_1 = P_2 \cdot k \quad (3)$$

В данном выражении учтено то, что составляющая  $P_1$  силы резания противодействует зажимному устройству приспособления, и поэтому в контакте заготовка - установочные элементы приспособления действует сила (реакция опор) равная  $W - P_1$ .

Расчетная формула для определения силы зажима:

$$W = \frac{P_2 \cdot k}{f_1 + f_2} \quad (4)$$

Для дальнейших расчетов привода зажима заготовки в приспособлении из двух значений  $W$ , определенных по формулам (2) и (3), выбирается наибольшее.

Вышеприведенные формулы получены с учетом предположения, что сила зажима создается зажимными устройствами второй группы (пневматическими, гидравлическими и пневмогидравлическими механизмами прямого действия), не имеющими в своем составе самотормозящих элементов.

В том случае, если зажимной механизм приспособления имеет в своей конструкции самотормозящие элементы (винтовые, эксцентриковые, безроликовые клиновые механизмы), сила  $P_1$  приводит к перераспределению реакций опор и зажимных элементов приспособления.

При наличии самотормозящих элементов в приводе зажима заготовки для схемы, представленной на рисунке 1, силу зажима, достаточную для отсутствия отрыва заготовки, следует определять из условия:

$$W = P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot k \quad (5)$$

Для этих же условий силу зажима, достаточную для отсутствия сдвига заготовки под действием силы  $P_2$ , следует определять из условия равновесия:

$$(W + P_1 \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2}) \cdot f_1 + (W - P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2}) \cdot f_2 = P_2 \cdot k \quad (6)$$

Из уравнения (6) следует:

$$W = \frac{(P_2 \cdot k - P_1 \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2} \cdot f_1 + P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot f_2)}{(f_1 + f_2)} \quad (7)$$

В данных выражениях учтено, что составляющая  $P_1$  приводит к перераспределению реакций опор и зажимного элемента, которые могут быть выражены следующими формулами:

- реакция установочных элементов (опор) приспособления

$$W - P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} ; \quad (8)$$

Реакция зажимных элементов

$$W + P_1 \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2} \quad (9)$$

Жесткость  $j_2$  как правило, больше  $j_1$ , поэтому для практических расчетов используют следующие значения отношений жесткостей:

$$\frac{j_1}{j_1 + j_2} = 0,3 \dots 0,4 \quad \frac{j_2}{j_1 + j_2} = 0,6 \dots 0,7 \quad (10)$$

Меньшие значения в первом соотношении и большие во втором следует принимать в случае использования зажимных механизмов пониженной жесткости.

Для дальнейших расчетов привода зажима заготовки в приспособлении из двух значений  $W$ , определенных по формулам (5) и (7), выбирается наибольшее.

Следует отметить, что расчет по приведенным формулам проводится не только при установке заготовки на плоскость, но и при установке на плоскость и два пальца, а также при установке на плоскость и палец или во втулку, когда сдвигающая сила проходит через ось установочного элемента и может привести к смещению заготовки. Во всех перечисленных случаях силам резания (в частности силе  $P_2$ ) должны противодействовать силы трения в контакте заготовки с элементами приспособления. Боковые поверхности пальцев и втулок не должны воспринимать силы резания, в противном случае:

- 1) в процессе обработки возможно смещение заготовки в пределах зазора между базовой поверхностью (отверстием, цилиндрическим буртиком) и установочным элементом, что изменяет первоначальное положение заготовки, достигнутое при базировании;
- 2) имеет место значительный износ установочных элементов (боковой поверхности пальца, втулки) быстро приводящий к потере точности приспособления.

Рассмотрим уравнения равновесия и формулы для расчета зажимных сил, предупреждающих смещение заготовки.

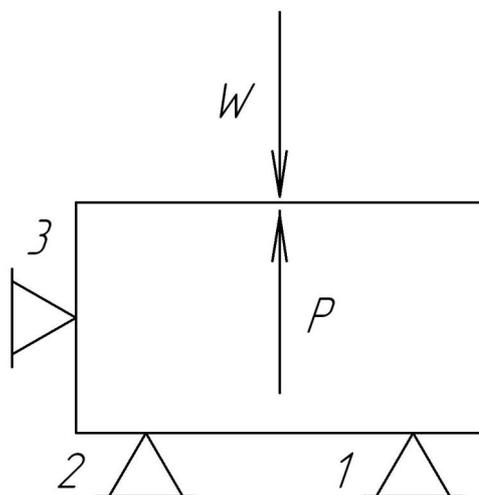


Рисунок 2 - Схема установки, при которой силы резания стремятся оторвать заготовку от опор

На заготовку действует сила, стремящаяся оторвать ее от опор (рисунок 2). Зажимное устройство должно обеспечить надежный контакт заготовки с установочными элементами 1 и 2.

Условие равновесия сил и расчетная формула:

- для зажимов второй группы

$$W = P_1 \cdot k ; \quad (11)$$

- для зажимов первой группы

$$W = P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot k . \quad (12)$$

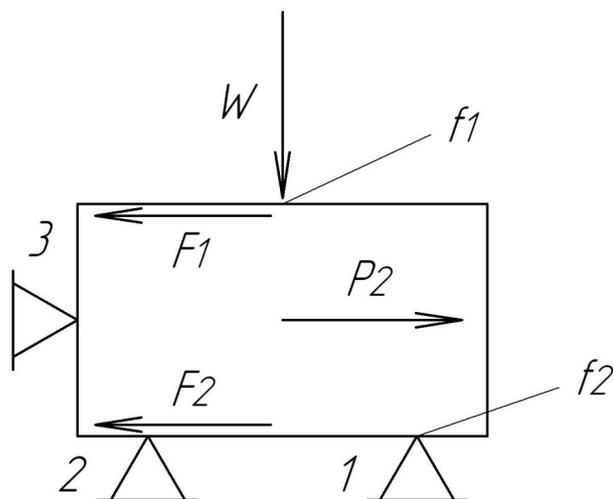


Рисунок 3 - Схема установки, при которой силы резания стремятся сдвинуть заготовку

На заготовку действует сила, стремящаяся сдвинуть ее с опор (рисунок 3). Зажимное устройство должно предупредить смещение заготовки на опорах 1 и 2 в сторону от установочного элемента 3. Возможному смещению заготовки препятствуют силы трения в местах контакта заготовки с опорами и зажимными элементами приспособления.

Условие равновесия сил и расчетная формула:

- для зажимов первой и второй группы

$$W \cdot f_2 + W \cdot f_1 = P_2 \cdot k \quad (13)$$

$$W = \frac{P_2 \cdot k}{f_1 + f_2} \quad (14)$$

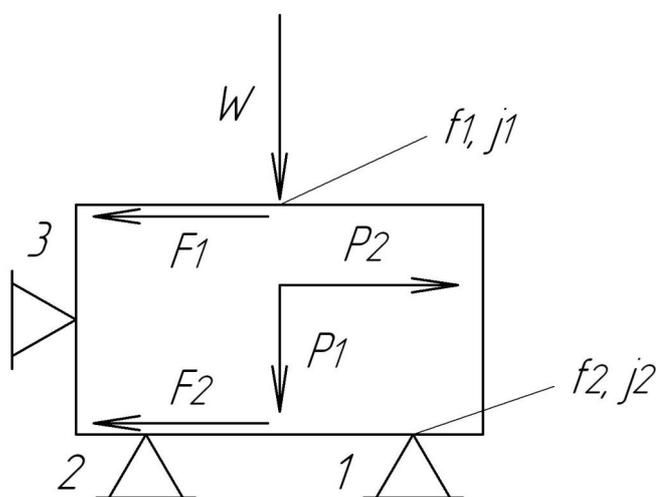


Рисунок 4 - Схема установки, при которой силы резания стремятся сдвинуть заготовку и прижимают ее к опорам

На заготовку действует сила  $P_2$ , стремящаяся сдвинуть ее, и сила  $P_2$ , прижимающая заготовку к опорам приспособления. Зажимное устройство должно предупредить смещение заготовки на опорах 1 и 2 в сторону от установочного элемента 3. Возможному смещению препятствуют силы трения в контакте заготовки с установочными и зажимными элементами приспособления.

Условие равновесия сил и расчетная формула:

- для зажимов второй группы:

$$(W + P_1) \cdot f_2 + W \cdot f_1 = P_2 \cdot k, \quad (15)$$

$$W = \frac{P_2 \cdot k - P_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2} ; \quad (16)$$

- для зажимов первой группы:

$$(W - P_1 \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2}) \cdot f_1 + (W + P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2}) \cdot f_2 = P_2 \cdot k ; \quad (17)$$

$$W = (P_2 \cdot k + P_1 \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2} \cdot f_1 - P_1 \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot f_2) / (f_1 + f_2) . \quad (18)$$

Рассмотрим уравнения равновесия и формулы для расчета зажимных сил, предупреждающих поворот заготовки под действием момента сил.

Цилиндрическая заготовка радиусом  $r$  установлена в трехкулачковом патроне и находится под действием момента сил обработки  $M_p$  и осевой силы  $P$  (рисунок 5). Возможному повороту заготовки под действием момента  $M_p$  противодействуют создаваемые силами  $W$  и  $P$  моменты трения в контакте кулачков с наружной цилиндрической поверхностью заготовки и в контакте уступов кулачков радиусом  $r_{cp}$  с торцевой поверхностью заготовки.

Условие равновесия моментов и расчетная формула для случая, когда сила  $P$  направлена в сторону патрона, для зажимов первой и второй группы:

$$3W \cdot f_1 \cdot r = M_p \cdot k ; \quad (19)$$

$$W = \frac{M_p \cdot k}{3f_1 \cdot r} . \quad (20)$$

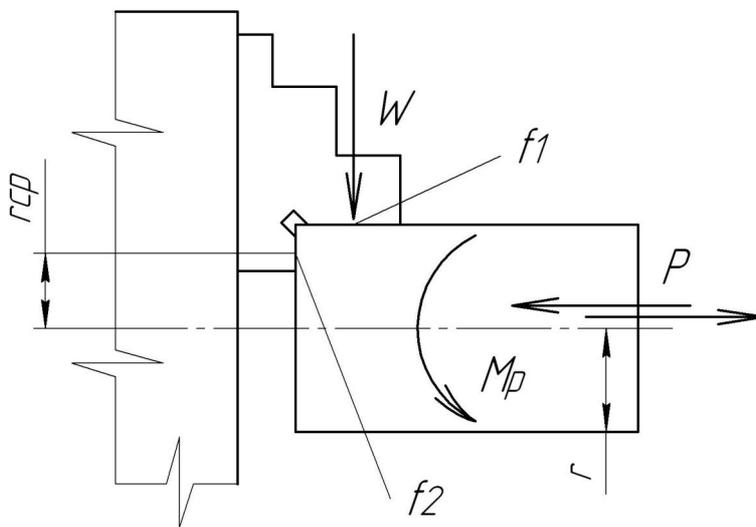


Рисунок 5 - Схема сил действующих на заготовку при ее установке в патроне

Если сила  $P$ , возникающая при обработке, удовлетворяет неравенству

$$P \geq 3W \cdot f_1 , \quad (21)$$

условие равновесия моментов и расчетная формула примут вид:

$$3W \cdot f_1 \cdot r + (P - 3W \cdot f_1) \cdot f_2 \cdot r_{cp} = M_p \cdot k ; \quad (22)$$

$$W = \frac{M_p \cdot k - P \cdot f_2 \cdot r_{cp}}{3f_1 \cdot r - 3f_1 \cdot f_2 \cdot r_{cp}} . \quad (23)$$

В том случае, когда сила  $P$  направлена от патрона и стремится вытянуть заготовку из кулачков, условие равновесия моментов и расчетная формула соответствуют выражениям (22) и (23).

Условие равновесия сил и расчетная формула, определенные исходя из отсутствия сдвига заготовки под действием силы  $P$ , имеют вид:

$$3W \cdot f_1 = P \cdot k ; \quad (24)$$

$$W = \frac{P \cdot k}{3f_1} . \quad (25)$$

В качестве необходимой силы зажима для дальнейших расчетов из двух значений  $W$ , определенных по формулам (23) и (25), выбирается наибольшее.

Цилиндрическая заготовка диаметром  $D$  устанавливается по выточке (отверстию) и поджимается к трем точечным опорам двумя или несколькими прихватами (рисунок 6). При этом реакции всех трех точек имеют одинаковое значение. На заготовку действуют момент сил обработки  $M_p$  и осевая сила  $P$ . Возможному повороту заготовки противодействуют момент трения между заготовкой и зажимными элементами приспособления, а также между заготовкой и установочными элементами.

Условие равновесия моментов и расчетная формула:

- для зажимов второй группы:

$$W \cdot f_1 \cdot r_1 + (W + P) \cdot f_2 \cdot r_2 = M_p \cdot k ; \quad (26)$$

$$W = \frac{M_p \cdot k - P \cdot f_2 \cdot r_2}{f_1 \cdot r_1 + f_2 \cdot r_2} ; \quad (27)$$

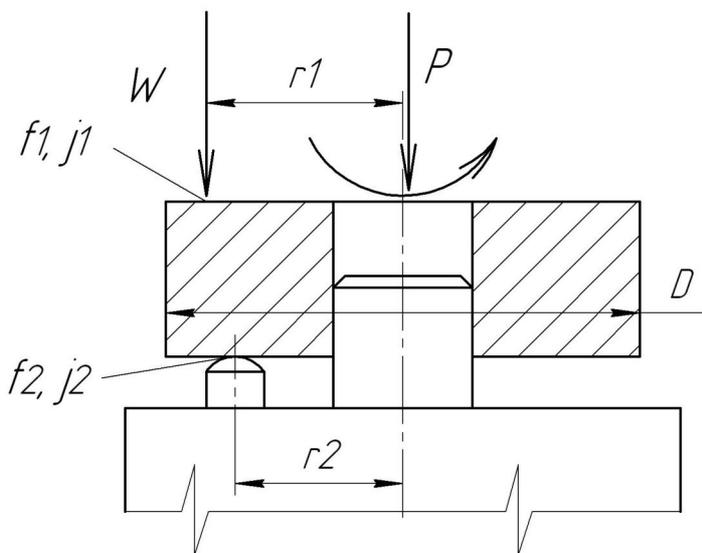


Рисунок 6 - Схема сил действующих на заготовку при ее установке по отверстию

- для зажимов первой группы:

$$\left( W - P \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2} \right) \cdot f_1 \cdot r_1 + \left( W + P \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \right) \cdot f_2 \cdot r_2 = M_p \cdot k \quad (28)$$

$$W = \left( M_p \cdot k + P \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2} \cdot f_1 \cdot r_1 - P \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot f_2 \cdot r_2 \right) / (f_1 \cdot r_1 + f_2 \cdot r_2) . \quad (29)$$

Выражения, стоящие в скобках в формуле (28), являются реакциями соответственно зажимного механизма и установочных элементов приспособления.

Приведенные выше расчетные формулы получены из предположения, что зажимное устройство приспособления обладает достаточной жесткостью в тангенциальном направлении и воспринимает момент сил резания  $M_p$ .

В том случае, если жесткость зажима незначительна, моменту  $M_p$  будет противодействовать только момент сил трения в местах контакта заготовки с опорами приспособления. Момент трения между заготовкой и зажимом в этом случае не учитывается.

Расчетные формулы примут вид;

- для зажимов второй группы 
$$W = \frac{M_p \cdot k - P \cdot f_2 \cdot r_2}{f_2 \cdot r_2} ; \quad (30)$$

- для зажимов первой группы 
$$W = (M_p \cdot k - P \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot f_2 \cdot r_2) / (f_2 \cdot r_2) . \quad (31)$$

Цилиндрическая заготовка устанавливается во втулку поверхностью диаметром  $D_1$  и равномерно поджимается силой  $W$  к кольцевой поверхности диаметрами  $D$  и  $d$  (рисунок 7). На заготовку действуют момент  $M_p$  и осевая сила  $P$ . Повороту заготовки препятствуют создаваемые силами  $W$  и  $P$  моменты трения в контакте зажимного элемента и заготовки и в контакте заготовки и установочного элемента.

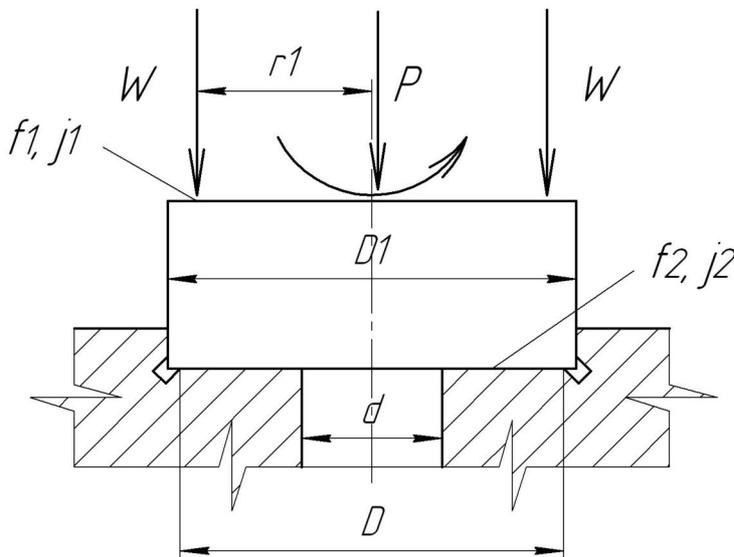


Рисунок 7- Схема сил действующих на заготовку при ее установке по наружной поверхности

Поскольку контакт между заготовкой и опорами приспособления происходит по кольцевой поверхности, в расчетах учитывается приведенный ее радиус, определяемый по формуле:

$$r_{np} = \frac{1}{3} \cdot \frac{D^2 - d^2}{D^2 - d^2} . \quad (32)$$

Условие равновесия моментов и расчетная формула:

- для зажимов второй группы:

$$W \cdot f_1 \cdot r_1 + (W + P) \cdot f_2 \cdot r_{np} = M_p \cdot k \quad (33)$$

$$W = \frac{M_p \cdot k - P \cdot f_2 \cdot r_{np}}{f_1 \cdot r_1 + f_2 \cdot r_{np}} ; \quad (34)$$

- для зажимов первой группы:

$$(W - P \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2}) \cdot f_1 \cdot r_1 + (W + P \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2}) \cdot f_2 \cdot r_{np} = M_p \cdot k ; \quad (35)$$

$$W = \frac{(M_p \cdot k + P \cdot \frac{j_1}{j_1 + j_2} \cdot f_1 \cdot r_1 - P \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot f_2 \cdot r_{np})}{(f_1 \cdot r_1 + f_2 \cdot r_{np})} \quad (36)$$

Приведенные расчетные формулы получены для зажимного устройства, обладающего достаточной жесткостью в тангенциальном направлении и воспринимающего момент сил резания  $M_p$ .

В том случае, если жесткость зажима незначительна, моменту  $M_p$  будет противодействовать только момент сил трения в местах контакта заготовки с опорами приспособления. Момент трения между заготовкой и зажимом в этом случае не учитывается.

Расчетные формулы примут вид:

- для зажимов второй группы 
$$W = \frac{M_p \cdot k - P \cdot f_2 \cdot r_{np}}{f_2 \cdot r_{np}} ; \quad (37)$$

- для зажимов первой группы 
$$W = (M_p \cdot k - P \cdot \frac{j_2}{j_1 + j_2} \cdot f_2 \cdot r_{np}) / (f_2 \cdot r_{np}) \quad (38)$$

Цилиндрическая заготовка радиусом  $r$  установлена в призме с углом  $\alpha$  и находится под действием момента обработки  $M_p$  и осевой силы  $P$  (рисунок 8). Возможному сдвигу вдоль оси и повороту заготовки противодействуют силы и моменты трения, создаваемые в контакте заготовки с установочными и зажимными элементами приспособления.

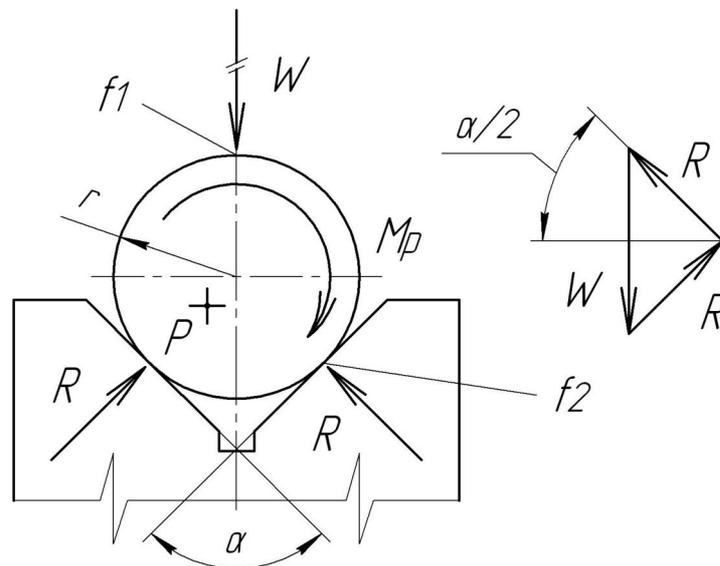


Рисунок 8 - Схема сил действующих на заготовку при ее установке в призму

Условие равновесия моментов и расчетная формула для определения силы зажима имеют следующий вид:

- для зажимов первой и второй группы: 
$$W \cdot f_1 \cdot r + \frac{P}{\sin(\alpha / 2)} \cdot f_2 \cdot r = M_p \cdot k ; \quad (39)$$

$$W = M_p \cdot k / \left( f_1 \cdot r + \frac{1}{\sin(\alpha / 2)} \cdot f_2 \cdot r \right) \quad (40)$$

Условие равновесия сил и расчетная формула исходя из действия силы  $P$  для зажимов первой и второй группы:

$$W \cdot f_1 + \frac{W}{\sin(\alpha / 2)} \cdot f_2 = P \cdot k \quad (41)$$

$$W = P \cdot k / \left( f_1 + \frac{1}{\sin(\alpha / 2)} \cdot f_2 \right) \quad (42)$$

В качестве необходимой силы зажима для дальнейших расчетов из двух значений  $W$  выбирается наибольшее.

После определения необходимых сил зажима заготовки выполняется расчет зажимного механизма и силового привода приспособления.

### 4.3 Силовой расчет зажимных механизмов приспособлений

Зажимные устройства приспособлений могут приводиться в действие вручную (это, как правило, винтовые и эксцентриковые зажимы), так и иметь механизированный привод (пневматический, гидравлический, магнитный, привод от электродвигателя и т. д.). Применение механизированных зажимов предпочтительно, так как они обеспечивают постоянство силы зажима и сокращают затраты сил и времени на закрепление и открепление заготовки. В приспособлениях, оснащенных механизированным приводом, часто применяются промежуточные зажимные механизмы (механизмы-усилители), в качестве которых используются клиновые и рычажные зажимные устройства, прихваты различных конструкций и т. д. Их применение позволяет: увеличить значение и изменить направление действия силы зажима; сделать конструкцию приспособления более компактной, облегчить процесс установки и закрепления заготовки в приспособлении.

Исходя из рассчитанной силы зажима, необходимо определить требуемую **силу ведущего элемента привода** зажима (источника силы), учитывая **передаточные отношения всех механизмов**, находящихся между зажимом и источником силы. Формулы для расчета передаточных отношений типовых механизмов приспособлений приведены в [1, 4, 15, 16]. Общее передаточное отношение привода зажима равно произведению передаточных отношений всех его механизмов. Поделив силу зажима на общее передаточное отношение привода, можно определить требуемую силу ведущего элемента (пневмоцилиндра, гидроцилиндра и т. п.).

Ниже рассмотрены наиболее распространенные зажимные механизмы, используемые в станочных приспособлениях. Приведенные формулы позволяют определить силу  $P$  на входе зажимного механизма, необходимую для создания силы  $W$  на выходе этого механизма.

#### 4.3.1 Рычажные зажимы

Угловой рычажный механизм с равными плечами  $l_1 = l_2 = l$ :

$$P = W \cdot \frac{l_2}{l - h_1 \cdot f_1} \quad (43)$$

Угловой рычаг с разными плечами  $l_2 > l_1$  (рис. 9), где  $l_1$  - плечо действия силы  $P$ :

$$P = W \cdot \frac{l_2}{l_1 - h_1 \cdot f_1 - 0,4 \cdot \rho} \quad (44)$$

Угловой рычаг  $l_1 < l_2$ , где  $l_1$  - плечо действия силы  $P$ :

$$P = W \cdot \frac{l_2 + h_2 \cdot f_2 + 0,4 \cdot \rho}{l_1 - h_1 \cdot f_1 - 0,96 \cdot \rho}, \quad (45)$$

где  $h_1$  - расстояние от оси вращения рычага до точки приложения силы зажима, измеренное в направлении действия этой силы;

$h_2$  - расстояние от оси вращения рычага до точки приложения приводной силы, в направлении действия силы;

$f_1$  и  $f_2$  - коэффициенты трения соответственно на поверхности контакта рычага и закрепляемой заготовки и на поверхности воспринимающей усилие от привода (для практических расчетов можно принимать оба коэффициента равными 0,1);

$\rho$  - радиус круга трения.

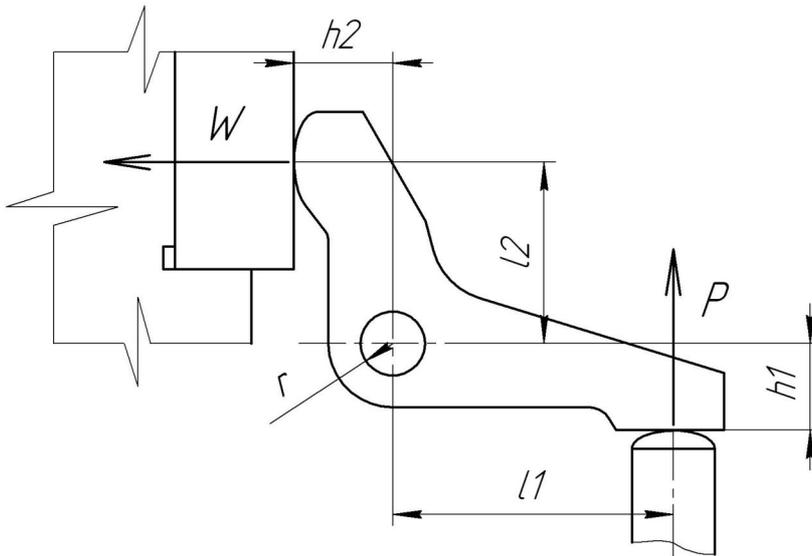


Рисунок 9 - Двухплечевой угловой рычажный зажимной механизм

Величина  $\rho$  определяется по формуле:

$$\rho = r \cdot f, \quad (46)$$

где  $f$  - коэффициент трения на оси рычага, равен 0,18...0,20;

$r$  - радиус оси рычага.

Для прямого рычага (рисунок 10) расчет ведется по формуле:

$$P = W \cdot \frac{l_2 + h_2 \cdot f_2 + \rho / \cos \varphi}{l_1 - h_1 \cdot f_1 - \rho / \cos \varphi}, \quad (47)$$

где  $\varphi$  - угол трения в контакте рычага с заготовкой, принимается равным  $6^\circ$ .

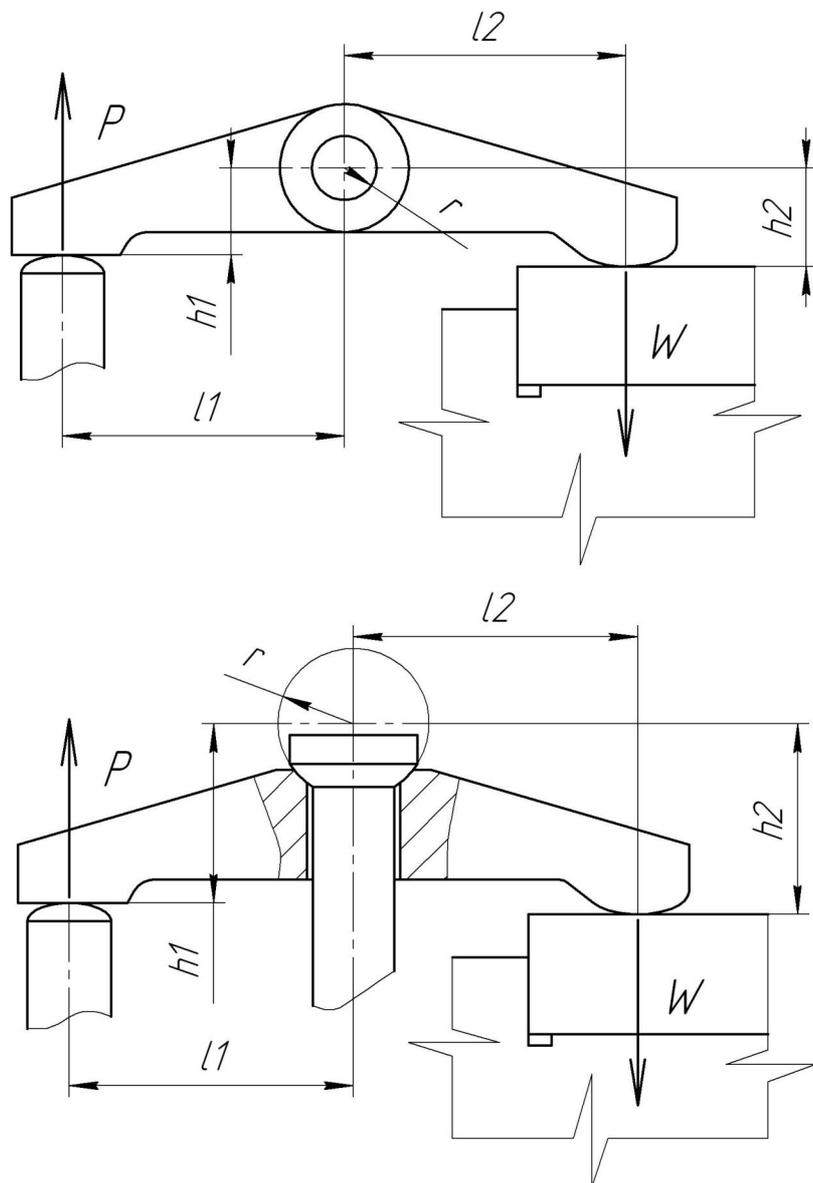


Рисунок 10 - Двухплечевые прямые рычажные зажимные механизмы

#### 4.3.2 Клиновые зажимы

Сила  $P$ , необходимая для приведения в действие клинового механизма (рисунок 11), определяется исходя из развиваемого им усилия  $W$  по формуле:

$$P = W \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1), \quad (48)$$

где  $\alpha$  - угол клина;

$\varphi$  - угол трения на наклонной поверхности клина;

$\varphi_1$  - угол трения в направляющих клина.

В случае, если на всех перечисленных поверхностях имеет место трение скольжения, при практических расчетах можно принимать

$$\varphi = \varphi_1 \approx 6^\circ \quad \text{и} \quad \operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\varphi_1 = 0,1.$$

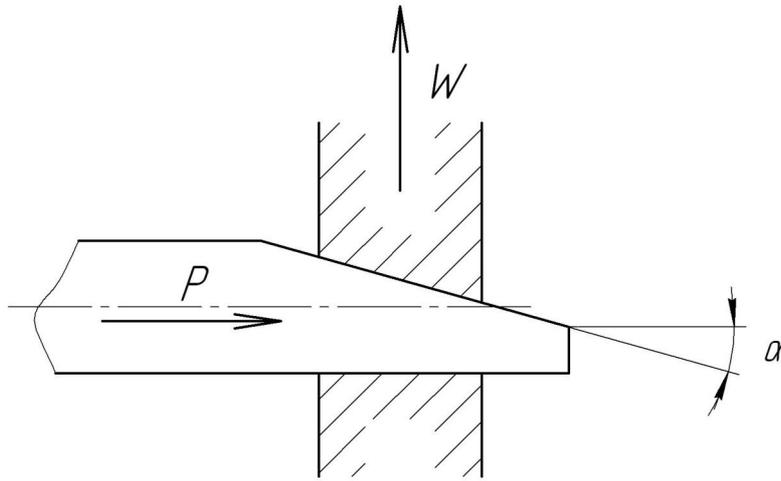


Рисунок 11 - Клиновой зажимной механизм с трением скольжения на обеих поверхностях клина

Из приведенной выше формулы легко могут быть получены расчетные зависимости для других разновидностей клиновых механизмов.

Клиновой механизм с роликом на наклонной поверхности клина (рисунок 12):

$$P = W \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \phi_{np}) + \operatorname{tg} \phi_1), \quad (49)$$

где  $\phi_{np}$  - приведенный коэффициент трения на наклонной поверхности клина.

Тангенс угла  $\phi_{np}$  рассчитывается по формуле:

$$\operatorname{tg} \phi_{np} = \frac{d}{D} \cdot \operatorname{tg} \phi, \quad (50)$$

где  $d$  - диаметр оси ролика;

$D$  - наружный диаметр ролика.

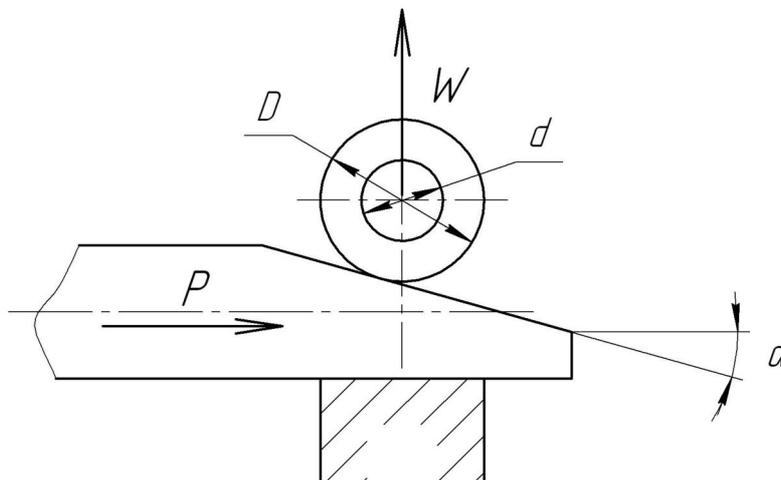


Рисунок 12 - Клиновой зажимной механизм с роликом на наклонной поверхности клина

Клиновой механизм с роликом в направляющих клина:

$$P = W \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \phi) + \operatorname{tg} \phi_{np1}). \quad (51)$$

Клиновой механизм с роликами на наклонной поверхности и в направляющих клина:

$$P = W \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \phi_{np}) + \operatorname{tg} \phi_{np1}). \quad (52)$$

В любом случае тангенс приведенного угла трения определяется по формуле (50).

### 4.3.3 Клиноплунжерные зажимы

Распространенной разновидностью клиновых зажимов являются клиноплунжерные зажимы.

Исходной формулой для расчета силы, необходимой для приведения в действие подобных механизмов, является формула для клиноплунжерного механизма с двухпорным плунжером без роликов (рисунок 13):

$$P = W \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \operatorname{tg}\varphi_2}, \quad (53)$$

где  $\alpha$  - угол клина;

$\varphi$  - угол трения на наклонной поверхности клина;

$\varphi_1$  - угол трения в направляющих клина;

$\varphi_2$  - угол трения в направляющих плунжера.

В случае, если на всех перечисленных поверхностях имеет место трение скольжения при практических расчетах можно принимать:

$$\varphi = \varphi_1 = \varphi_2 \approx 6^\circ \quad \text{и} \quad \operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\varphi_1 = \operatorname{tg}\varphi_2 = 0,1.$$

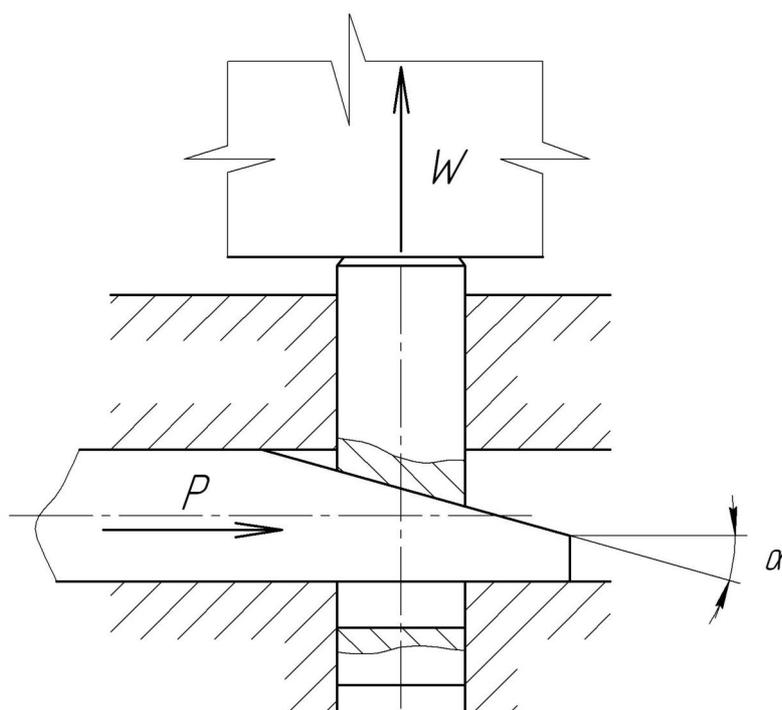


Рисунок 13 - Двухпорный клиноплунжерный зажимной механизм

Из приведенной выше формулы могут быть получены расчетные зависимости для всех разновидностей клиноплунжерных механизмов.

Клиноплунжерный механизм с однопорным плунжером без роликов (рисунок 14):

$$P = W \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \operatorname{tg}\varphi_{2np}}, \quad (54)$$

где  $\varphi_{2np}$  - приведенный коэффициент трения в направляющих плунжера.

Тангенс этого угла рассчитывается по формуле:

$$\operatorname{tg}\varphi_{2np} = \frac{l}{a} \cdot \operatorname{tg}\varphi_2, \quad (55)$$

где  $l$  - расстояние от средней точки контакта консольного плунжера с клином до середины направляющей плунжера;

$a$  - длина направляющей плунжера.

На этапе проектирования зажимного механизма приспособления конкретные значения  $a$  и  $l$  могут быть неизвестны, поэтому может использоваться приближенное соотношение:

$$l/a = 0,7$$

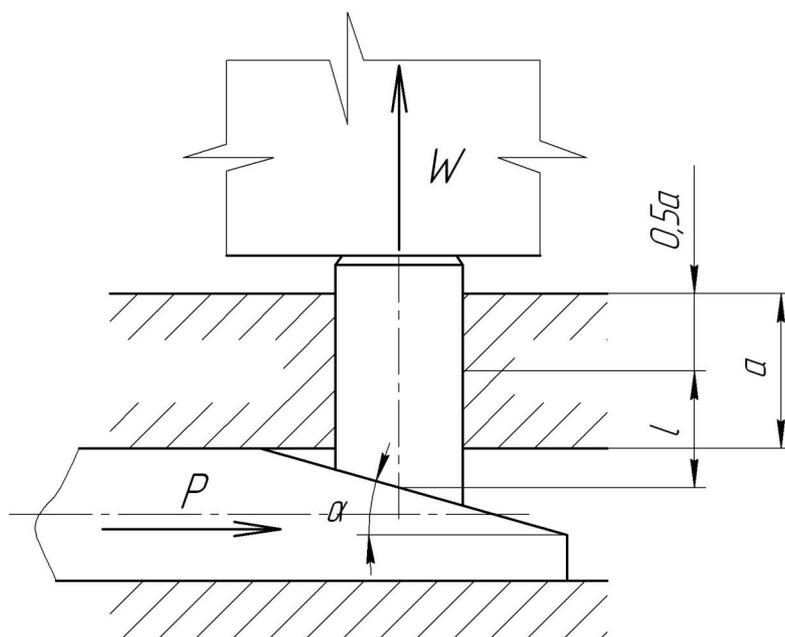


Рисунок 14 - Одноопорный клиноплунжерный зажимной механизм

Клиноплунжерный механизм с двухопорным плунжером и роликом на наклонной поверхности клина:

$$P = W \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \phi_{np}) + \operatorname{tg} \phi_1}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \phi_{np}) \cdot \operatorname{tg} \phi_2}, \quad (56)$$

где  $\phi_{np}$  - приведенный коэффициент трения на наклонной поверхности клина.

Тангенс угла  $\phi_{np}$  рассчитывается по формуле (50):

$$\operatorname{tg} \phi_{np} = \frac{d}{D} \cdot \operatorname{tg} \phi$$

где  $d$  - диаметр оси ролика;

$D$  - наружный диаметр ролика;

$\phi$  - угол трения скольжения, равен  $6^\circ$ .

Клиноплунжерный механизм с одноопорным плунжером и роликом на наклонной поверхности клина (рисунок 15):

$$P = W \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \phi_{np}) + \operatorname{tg} \phi_1}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \phi_{np}) \cdot \operatorname{tg} \phi_{2np}}. \quad (57)$$

Величина  $\phi_{np}$  определяется так же, как и для двухопорного механизма с роликом.

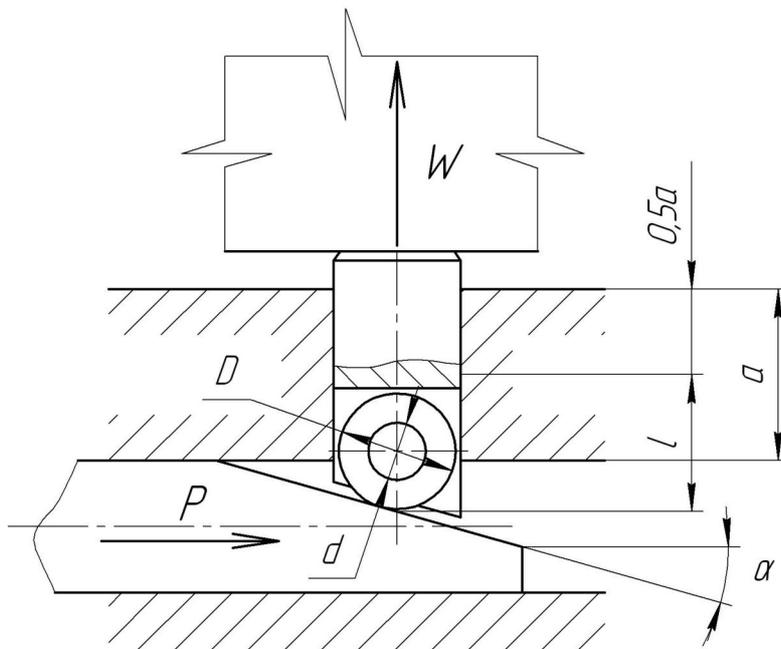


Рисунок 15 - Одноопорный клиноплунжерный механизм с роликом на наклонной поверхности

Аналогичным образом могут быть получены расчетные формулы для определения силы  $P$  для клиноплунжерных механизмов с роликом в направляющих клина, для этого достаточно  $tg\phi_1$  заменить тангенсом приведенного угла трения, определяемого по формуле (50).

Многоплунжерные клиновые механизмы чаще всего применяются в самоцентрирующих зажимах (патроны, оправки), а также в многоместных приспособлениях.

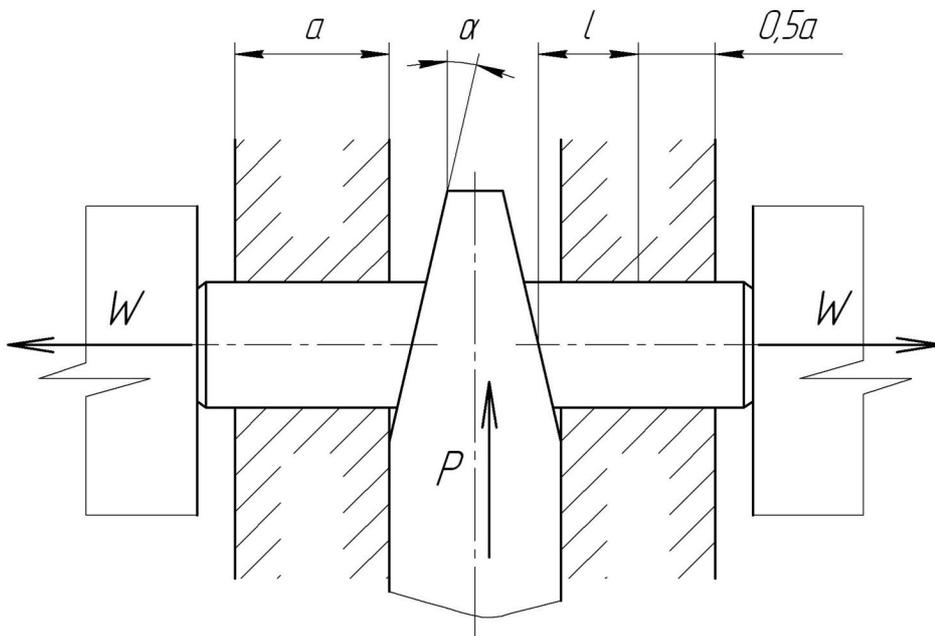


Рисунок 16 - Многоплунжерный зажимной механизм

При использовании многоплунжерного механизма без роликов (рисунок 16) расчетная формула имеет вид:

$$P = W \cdot \frac{tg(\alpha + \phi)}{1 - tg(\alpha + \phi) \cdot tg\phi_{2np}} \quad (58)$$

Под величиной  $W$  в данном случае следует понимать суммарную силу, развиваемую всеми плунжерами клинового механизма.

В случае использования многоплунжерного механизма с роликами на наклонной поверхности клина формула примет вид:

$$P = W \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \phi_{np})}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \phi_{np}) \cdot \operatorname{tg} \phi_{2np}} \quad (59)$$

Тангенсы приведенных углов трения определяются по формулам 3.8 и 3.13.

#### 4.3.4 Г-образные прихваты

Для Г-образных прихватов (рисунок 17) расчет приводной силы выполняется по формуле:

$$P = W \cdot \frac{1}{1 - 3 \cdot f \cdot l / h} \quad (60)$$

где  $l$  - расстояние между осью прихвата и точкой приложения силы  $W$ ;  
 $f$  - коэффициент трения в направляющих прихвата, равен 0,05...0,1;  
 $h$  - длина опорной поверхности направляющей прихвата.

Если для возврата прихвата в исходное положение в его конструкцию введена пружина, то расчет ведется по формуле:

$$P = W \cdot \frac{1}{1 - 3 \cdot f \cdot l / h} - P_{пруж} \quad (61)$$

где  $P_{пруж}$  - усилие возвратной пружины.

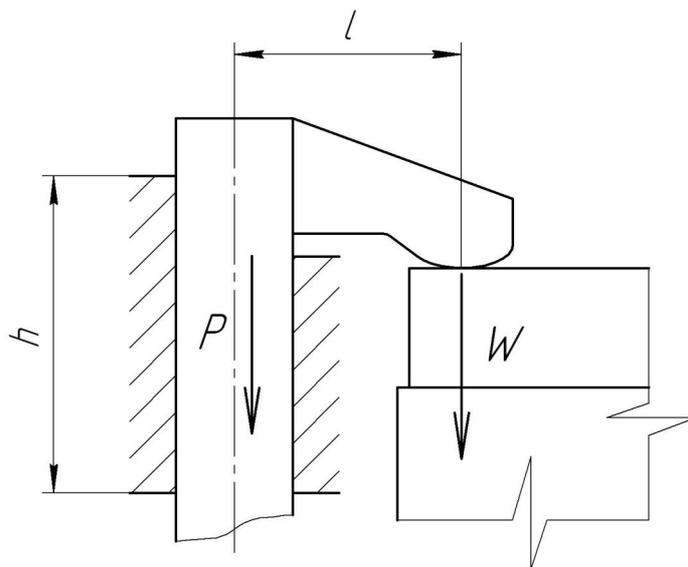


Рисунок 17 - Г-образный прихват

#### 4.3.5 Рычажно-шарнирные зажимы

При расчете усилия привода однорычажных шарнирных механизмов в качестве исходной величины используется необходимое усилие  $N$  на рычаге. В этом случае расчету рычажно-шарнирного зажима предшествует расчет рычажного зажимного механизма.

Однорычажный шарнирный механизм с ползуном (рисунок 18):

$$P = N \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi) \quad (62)$$

где  $\alpha$  - угол, при котором осуществляется закрепление заготовки, принимается равным 8...10°, хотя может иметь и другие, как правило, большие значения;

$\beta$  - угол, учитывающий дополнительные потери на трение в шарнирах механизма, равен 1,10°;

$\varphi$  - угол трения в направляющей ползуна, равен 6°.

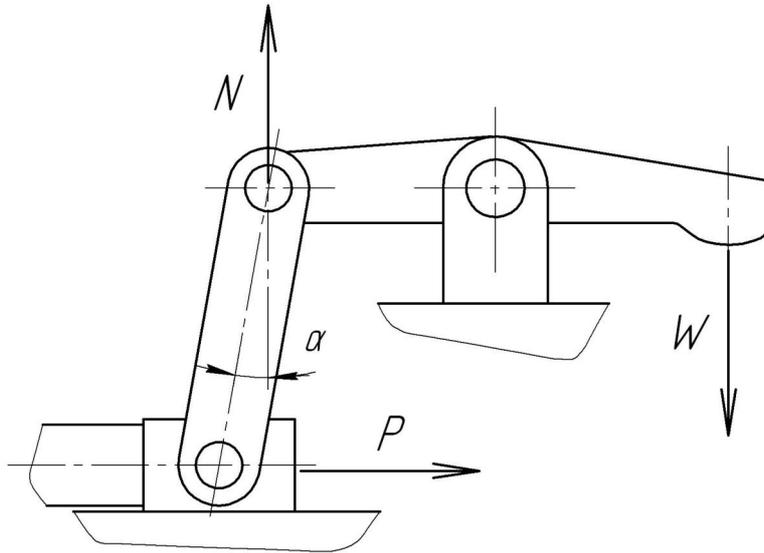


Рисунок 18 - Однорычажный шарнирный зажимной механизм с ползуном

Однорычажный шарнирный механизм с роликом (рисунок 19):

$$P = N \cdot (tg(\alpha + \beta) + tg\phi_{np}) \quad (63)$$

Тангенс угла  $\phi_{np}$  рассчитывается по формуле (50).

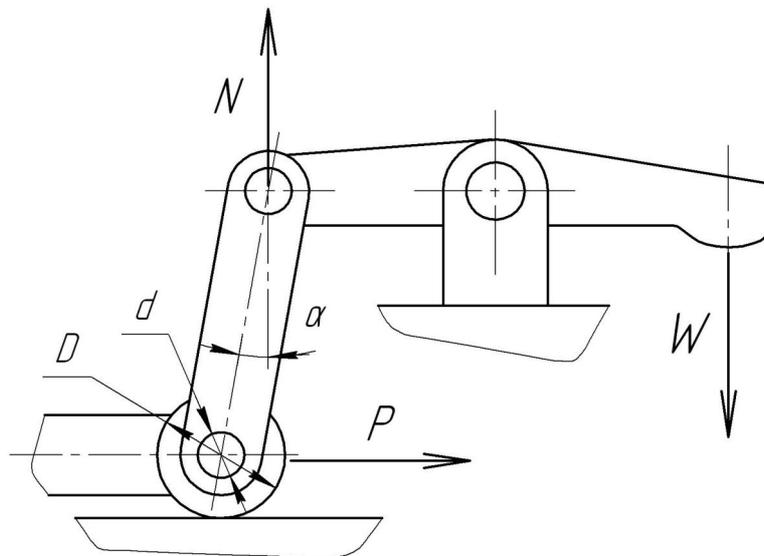


Рисунок 19 - Однорычажный шарнирный зажимной механизм с роликом

Двухрычажный шарнирный механизм второго действия с плунжером (рисунок 20):

$$P = W \cdot 2 \cdot \frac{tg(\alpha + \beta)}{1 - tg\phi_{2np} \cdot tg(\alpha + \beta)}, \quad (64)$$

где  $\phi_{2np}$  - приведенный коэффициент трения в направляющих плунжера.

Тангенс этого угла рассчитывается по формуле 2.13:

$$tg\phi_{2np} = \frac{l}{a} \cdot tg\phi_2, \quad (65)$$

где  $l$  - расстояние от шарнира плунжера до середины направляющей плунжера;

$a$  - длина направляющей плунжера;

$\phi_2$  - угол трения в направляющих плунжера, равен  $6^\circ$ .

На этапе проектирования принимается приближенное соотношение:

$$l/a = 0,7$$

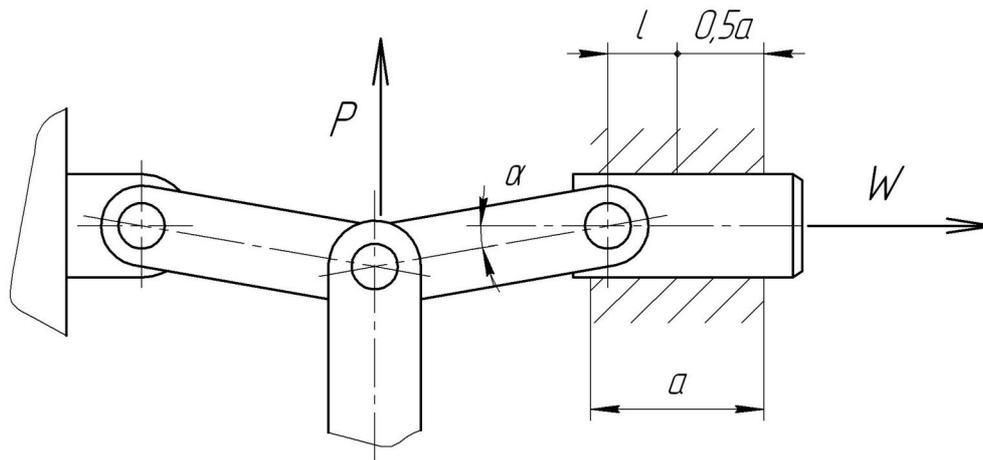


Рисунок 20 - Двухрычажный шарнирный зажимной механизм одностороннего действия с плунжером

Двухрычажный шарнирный механизм двустороннего действия с плунжерами (рисунок 21):

$$P = W \cdot \frac{tg(\alpha + \beta)}{1 - tg\phi_{2np} \cdot tg(\alpha + \beta)} \quad (66)$$

В данном случае под величиной  $W$  следует понимать суммарное усилие, развиваемое обоими плунжерами механизма.

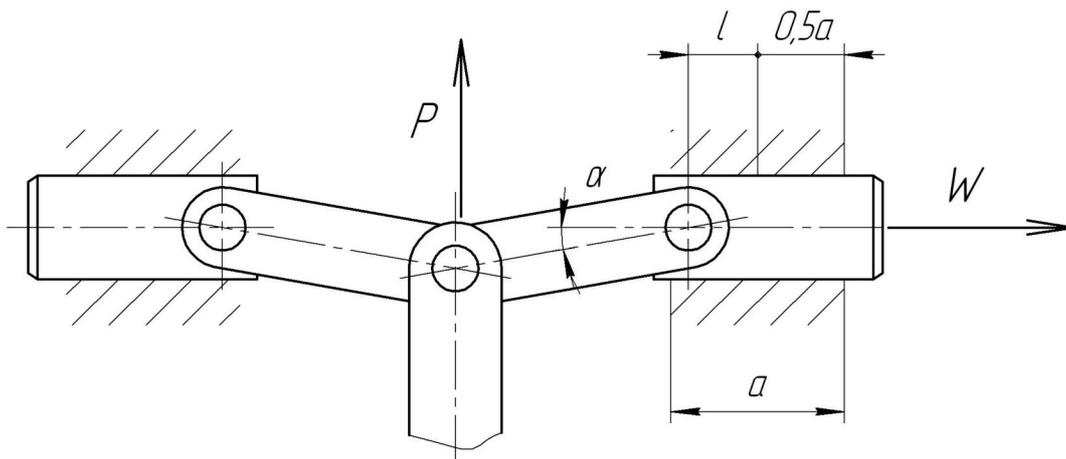


Рисунок 21 - Двухрычажный шарнирный зажимной механизм двустороннего действия с плунжерами

Двухрычажный шарнирный механизм одностороннего действия.

По конструкции зажим аналогичен механизму, представленному на рисунке 20, с той лишь разницей, что закрепление заготовки осуществляется не плунжером, а рычагом:

$$P = N \cdot 2 \cdot tg(\alpha + \beta) \quad (67)$$

Двухрычажный шарнирный механизм двустороннего действия.

По конструкции зажим аналогичен механизму, представленному на рисунке 21, с той лишь разницей, что закрепление заготовки осуществляется не плунжерами, а рычагами:

$$P = N \cdot tg(\alpha + \beta) \quad (68)$$

Под величиной  $N$  в данном случае следует понимать суммарное усилие, необходимое для приведения в действие обоих рычагов зажимного механизма.

#### 4.4 Расчет источника силы привода зажима заготовки

По найденной силе на входе механизма привода зажима заготовки следует рассчитать характерный **параметр источника силы** (например, диаметр пневмо- или гидроцилиндра, вес инерционных грузов, крутящий момент электродвигателя, жесткость пружины) и по значению этого параметра выбрать стандартную модель источника силы [1, 2, 4, 7]. При отсутствии подходящего стандартного источника силы следует разработать нестандартную его конструкцию. В данном разделе рассматривается методика расчета пневматических и гидравлических цилиндров, как наиболее часто используемых в качестве источников силы в приводах зажимы заготовок в станочных приспособлениях.

При расчёте пневмо- и гидроцилиндров основным определяемым параметром является их диаметр  $D$ .

В качестве исходной формулы при расчете используются:

а) для пневмо- и гидроцилиндров двухстороннего действия при подаче воздуха или масла в бесштоковую полость (толкающее усилие):

$$P = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta, \text{ Н}; \quad (69)$$

при подаче воздуха или масла в штоковую полость (тянущее усилие):

$$P = \frac{\pi \cdot (D^2 - d_{шт}^2)}{4} \cdot p \cdot \eta, \text{ Н}; \quad (70)$$

б) для пневмо- и гидроцилиндров одностороннего действия:

$$P = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta - P_{пруж}, \text{ Н}, \quad (71)$$

где  $P$  - усилие, которое должен развивать цилиндр, Н;

$D$  - диаметр цилиндра, мм;

$d_{шт}$  - диаметр штока, мм;

$p$  - рабочее давление воздуха или масла, МПа;

$\eta$  - коэффициент полезного действия привода;

$P_{пруж}$  - сила сжатия возвратной пружины, Н.

Рабочее давление сжатого воздуха равно 0,4...0,6 МПа. Давление жидкости (масла) принимается равным 6...10 МПа.

Коэффициент полезного действия  $\eta$  для пневмоцилиндров принимается равным 0,85...0,95 (меньшие значения для цилиндров малых диаметров), для гидравлических цилиндров коэффициент равен 0,90...0,95.

Используя вышеприведенные формулы, можно получить расчетные зависимости для определения диаметра цилиндра по известной силе  $P$ , необходимой для закрепления заготовки (в случае, если закрепление осуществляется непосредственно) или для приведения в действие промежуточных зажимных механизмов приспособления.

Для цилиндров двухстороннего действия расчет ведется по формулам:

- при подаче воздуха или масла в бесштоковую полость

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \text{ мм}; \quad (72)$$

при подаче воздуха или масла в штоковую полость

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d_{шт}^2}, \text{ мм}. \quad (73)$$

Для пневматических цилиндров соотношение диаметров штока и цилиндра ( $d_{шт}/D$ ) изменяется: от 0,20 (для цилиндров больших диаметров) до 0,35 (для цилиндров малых диаметров). С учетом соотношения  $d_{шт}/D$  расчетная формула примет вид:

$$D = (1,96...1,87) \sqrt{\frac{P}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \text{ мм.} \quad (74)$$

Значение 1,96 принимают для цилиндров больших диаметров, 1,87 - для малых.

Для гидравлических цилиндров соотношение диаметров штока и цилиндра примерно составляет 0,50. С учетом этого расчетная формула примет вид:

$$D = 1,73 \sqrt{\frac{P}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \text{ мм.} \quad (75)$$

Для пневмо- и гидроцилиндров <sup>двухстороннего</sup> действия расчет ведется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{пружи}}}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \text{ мм.} \quad (76)$$

Найденную величину  $D$  округляют в большую сторону до стандартного значения. По принятому диаметру цилиндра и необходимой величине рабочего хода выбирают стандартный цилиндр.

Основные характеристики пневматических и гидравлических цилиндров приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 - Основные параметры стационарных пневмоцилиндров, мм

$D$	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320
$d_{\text{шм}}$	12	14	18	18	25	25	32	40	40	63	80

Таблица 4 - Основные параметры гидроцилиндров, мм

$D$	40	50	63	80	100
$d_{\text{шм}}$	22	25	32	36	45

После выбора стандартного пневмо- или гидроцилиндра определяют действительное значение силы, развиваемой приводом, и силы закрепления заготовки. Найденные значения используют при расчете приспособления на прочность.

### 5 Расчет станочного приспособления на прочность

Перед расчетом на прочность следует выбрать материалы деталей приспособления и методы их упрочнения в соответствии с условиями их работы и рекомендациями [1, 2,]. Для расчета на прочность следует выбрать наиболее нагруженную **уязвимую деталь или соединение** деталей приспособления, размеры которого конструктивно ограничены. Если в ранее выполненных силовых расчетах силы, действующие на эту деталь, не определены, то следует составить соответствующую расчетную схему и определить их. По методикам, изложенным в [2], выполнить проектный или проверочный расчет уязвимой детали (или соединения) на прочность с учетом возможного вида ее разрушения (разрыв, срез, смятие), определив (проверив) его требуемые размеры.

### 6 Расчет станочного приспособления на точность

Требуемая точность приспособления определяется исходя из допусков размеров детали, получаемых при обработке в этом приспособлении. Рекомендуется следующий порядок расчета приспособления на точность:

1) выявить размер детали, получаемый при обработке в проектируемом приспособлении, точность которого напрямую, а не через другие погрешности (например, погрешность

деформаций, погрешность базирования) зависит от точности изготовления приспособления. При этом следует учесть, что точность изготовления приспособления напрямую влияет лишь на размеры, определяющие расположение обрабатываемых в нем поверхностей детали, относительно поверхностей, обработанных ранее на других операциях. Если таких размеров несколько, то из них следует выбрать более точный размер или размер, систематическую погрешность которого трудно компенсировать настройкой инструмента. Допуск этого размера детали  $\delta$ , принятый по чертежу или из операционной карты, будет использоваться в расчете погрешности изготовления приспособления;

2) выявить конкретный размер собранного приспособления, точность которого напрямую влияет на выявленный ранее размер детали. Он должен быть заключен между исполнительной поверхностью установочного элемента (или нескольких элементов), контактирующей с базой заготовки, и основной конструкторской базой корпуса приспособления, контактирующей со станком, и иметь то же направление, что и выбранный размер детали. Допустимую погрешность изготовления приспособления по этому размеру и следует определить при дальнейших расчетах;

3) определить составляющие общей погрешности обработки, возникающие в направлении выявленного размера детали (кроме погрешности изготовления приспособления), по методике, изложенной в [1, 4, 13]:  $\varepsilon_6$  - погрешность базирования заготовки;  $\varepsilon_3$  - погрешность закрепления заготовки;  $\varepsilon_y$  - погрешность установки приспособления на станке;  $\varepsilon_u$  - погрешность износа исполнительных поверхностей установочных элементов приспособления;  $\varepsilon_{nu}$  - погрешность перекоса инструмента из-за неточности направляющих элементов приспособления (если есть кондукторные втулки, копиры и они влияют на выдерживаемый размер детали);  $\omega$  - технологический допуск получаемого размера детали, соответствующий средней экономической точности;

4) рассчитать допустимую погрешность изготовления приспособления как разность между допуском размера детали и общей погрешностью обработки:

$$\varepsilon_{np} = \delta - k_1 \cdot \sqrt{(k_2 \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_{nu}^2 + (k_3 \cdot \omega)^2}, \quad (77)$$

где  $k_1 = 1...1,2$  – коэффициент, учитывающий отклонение распределения общей погрешности от нормального распределения;  $k_2 = 0,8...0,85$  – коэффициент, учитывающий уменьшение погрешности базирования при работе на настроенных станках;  $k_3 = 0,6...0,8$  – коэффициент, учитывающий долю погрешностей, независимых от приспособления в общей погрешности обработки.

Рассчитанная погрешность приспособления должна быть указана в технических условиях на его изготовление при разработке сборочного чертежа.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой части пояснительной записки в краткой форме излагаются особенности и предполагаемый технико-экономический эффект при использовании разработанного станочного приспособления (повышение производительности, снижение доли бракованных изделий, повышение уровня безопасности, повышение культуры производства и т. п.).

## СПИСОК ЦИТИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

В этой части пояснительной записки приводится список литературных источников, нормативных документов, интернетресурсов, из которых при выполнении проекта

заимствовалась информация и на которые в тексте пояснительной записки следует указать ссылки.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

В приложения к пояснительной записке выносятся результаты разработок, понимание которых возможно без тесной связи с основным текстом. Обычно это: спецификации к сборочным чертежам; алгоритмы и компьютерные программы; описание приборов; и т. п.

## ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка оформляется с учетом требований ГОСТа 2.105-95 [5]. Каждая страница пояснительной записки пишется на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210 x 297мм). Объем пояснительной записки обычно составляет 20...25 страниц машинописного текста. Титульный лист и задание оформляются по установленной форме (приложения А и Б). Далее на отдельной странице приводится аннотация работы. Следующая страница, на которой начинается содержание (оглавление) оформляется с основной надписью расчетно-пояснительной записки (штампом) высотой 40 мм и рамкой, отстоящей от левого края листа на 20 мм, а от остальных краев - на 5 мм [5]. В разделе «Содержание» указываются номера и заголовки всех разделов, подразделов, пунктов, других поименованных частей записки, номера страниц, с которых они начинаются. Последующие листы записки оформляются с такой же рамкой, но со штампом высотой 15 мм [5]. Страницы записки нумеруют по порядку арабскими цифрами в соответствующей графе штампа, начиная с титульного листа и заканчивая последней страницей приложений. На титульном листе и задании номера не ставят. Текст пишется с оставлением полей от краев листа: сверху – 20 мм; снизу и слева – 30 мм; справа – 10 мм. На странице со штампом высотой 40 мм нижнее поле – 55 мм. При оформлении записки с помощью графических устройств вывода ЭВМ рекомендуются следующие параметры основного текста: шрифт Arial или Times New Roman; размер шрифта 12 или 14 p; выравнивание по ширине; расстояние между строк в 1 интервал; абзацный отступ 10 мм. Номера и заголовки разделов, подразделов, пунктов пишутся полужирным шрифтом размером соответственно 14 или 16 pt, с выравниванием по середине страницы, без переноса слов и точки в конце, с расстоянием от основного текста в 2 интервала. Допускается аккуратное рукописное оформление записки черной или синей пастой (чернилами), обычным почерком, с приблизительным соблюдением указанных параметров.

Каждый раздел следует начинать с новой страницы. Разделы нумеруются арабскими цифрами без точки, с пробелом между номером и заголовком. Задание, содержание, введение, заключение, список цитируемых источников не нумеруют. Подразделы нумеруют в пределах раздела двумя числами, разделенными точкой и заданными арабскими цифрами с пробелом между номером и заголовком. Первое число соответствует номеру раздела, а второе число - порядковому номеру подраздела в данном разделе, например 1.12 - двенадцатый подраздел первого раздела. Такой же принцип применяется для нумерации пунктов в пределах подраздела или раздела, например 2.3.1 - первый пункт третьего подраздела второго раздела.

Каждый рисунок (схему, эскиз, график и др.) располагают после первой ссылки на него в тексте или на следующей странице. Рисунок сопровождается подрисуночной подписью, состоящей из слова «Рисунок», его номера, наименования и расшифровки буквенных или

цифровых обозначений на нем (если они не даны в тексте). Рисунки нумеруют по тому же принципу, что и подразделы.

Каждую таблицу располагают после первой ссылки на нее или на следующей странице. Слева над таблицей выполняется запись, состоящая из слова «Таблица», номера таблицы и ее наименования. Таблицы нумеруют по тому же принципу, что и подразделы. Таблицы чертят тонкими линиями, без деления граф диагоналями. При необходимости продолжения таблицы на следующей странице предусматривают строку с номерами столбцов на обеих страницах, а головку таблицы не повторяют. Слева над продолжением таблицы выполняется запись, состоящая из слов «Продолжение таблицы» и ее номера.

Каждую формулу располагают в том месте раздела, где она непосредственно впервые используется для расчета, и отделяется от текста сверху и снизу двумя межстрочными интервалами. В конце последней строки, занимаемой формулой, в круглых скобках указывается номер формулы. Формулы нумеруют по тому же принципу, что и подразделы. В следующей за формулой строке после слова «где» приводится расшифровка параметров формулы, с указанием их размерностей после запятой.

Ссылки на цитируемые источники, из которых заимствуются формулы, расчетные данные, рекомендации, обозначаются порядковым номером соответствующего источника в их списке, заключенным в квадратные скобки. Каждый источник в списке нумеруют арабскими цифрами в порядке появления в тексте первой ссылки на него.

## **РАЗРАБОТКА СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ**

Разработку ведут с учетом результатов предыдущих этапов в следующем порядке.

1) Вычертить необходимое число контуров проекций заготовки тонкими линиями, предусмотрев вокруг них место для изображения элементов приспособления. Контур главной проекции должен соответствовать положению заготовки на станке.

2) Изобразить используемые на операции режущие инструменты тонкими линиями в исходном или конечном положении (при наличии элементов для их направления).

3) Вокруг каждого контура заготовки вычертить установочные, зажимные и вспомогательные элементы, а так же элементы, направляющие режущие инструменты или служащие для настройки их рабочих положений.

4) Изобразить механизмы силового привода и источник силы. Если используется стандартный источник силы, то изображают только его внешние очертания.

5) Вычертить корпус приспособления, объединяя им все элементы приспособления и предусмотрев на нем элементы базирования и закрепления на станке (плоскость основания, направляющие шпонки, пальцы, проушины и т. п.)

6) Изобразить разрезы и сечения, необходимые для уяснения конструкции механизмов привода и других элементов приспособления.

7) Проставить размеры сопряжений деталей с посадками, размеры присоединительных элементов к станку и заготовке с предельными отклонениями, контрольные и координирующие размеры с предельными отклонениями, габаритные размеры.

8) Все детали отметить позициями в соответствии со спецификацией.

9) Выше основной надписи (штампа) чертежа записать основные технические характеристики приспособления (модель станка, на котором оно используется, диапазон размеров баз заготовок, сила зажима, давление воздуха или масла и т. п.). Под техническими характеристиками записать технические условия на сборку приспособления (точность параметров и периодичность ее проверки, способ установки и регулирования положения на

станке, периодичность очистки и замены изнашиваемых элементов, периодичность и марка смазки).

Графическая часть (сборочный чертеж приспособления) оформляется с помощью графических устройств вывода ЭВМ или ручным черчением карандашом или тушью в соответствии с требованиями ЕСКД.

### СПИСОК ЦИТИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений. Справочное пособие.- Мн.: Выш. шк., 1991, 400 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т.-М.: Машиностроение,
3. Базаров Б.М. Альбом по проектированию приспособлений/ Б.М. Базаров, А.И. Сорокин.- М.: Машиностроение, 1991.- 121 с.
4. Горохов В.А. Проектирование технологической оснастки.- Мн.: Бервита, 1997
5. ГОСТ 2.105 95 Общие правила оформления текстовых документов
6. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч. /В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. Л.: Машиностроение, 1983. Ч.1 543 с.; Ч.2 448 с.
7. Кузнецов Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник / Ю.И. Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Байков.- М.: Машиностроение, 1983.- 359 с.
8. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для вузов.- Л.: Машиностроение, 1985.- 496 с.
9. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм; под общ. ред. А.А. Панова.- М.: Машиностроение, 1988.-736 с.
10. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, 1974.- Ч.1 -416 с.
11. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Ч.2: Нормативы режимов резания.- М.: Экономика, 1990.
12. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник / под ред. Ю.В. Баранчикова. - М.: Машиностроение, 1990. - 400 с.
13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./ под ред. А.М. Дальского.- М.: Машиностроение, 2003. Т.1.
14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./ под ред. А.М. Дальского.- М.: Машиностроение, 2003. Т.2.
15. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. / под ред. Б.Н. Вардашкина. - М.: Машиностроение, 1984. Т.1 592 с.; Т.2 656 с.
16. Технологическая оснастка. М.Ф. Пашкевич, Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожуро, В.М. Пашкевич. - Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

### **Приложение А**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

## **РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к курсовой работе по дисциплине  
«Технологическая оснастка» на тему

**«Проектирование станочного приспособления с механизированным зажимом заготовки  
для \_\_\_\_\_»**

Разработал: студент гр. Т - 87 Зданович Г.М.

Руководитель: Ялковский Н.С.

Брест 2019

**Приложение Б**  
Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»

Машиностроительный факультет  
Кафедра «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**

на курсовую работу по дисциплине «Технологическая оснастка»

Студенту \_\_\_\_\_ группы \_\_\_\_\_

1 Тема работы: Разработка станочного приспособления для обработки

---

---

2 Сроки сдачи готовой работы « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

3 Исходные данные к работе:

3.1 Чертеж детали \_\_\_\_\_

3.2 Объем выпуска \_\_\_\_\_ шт. в год.

3.3 Материалы конструкторско-технологической практики

4 Содержание расчетно-пояснительной записки.

Введение

4.1 Составление задания на проектирование приспособления:

4.2 Выбор и обоснование технологических баз и схемы базирования заготовки в приспособлении

4.3 Эскизная проработка станочного приспособления

4.4 Определение режимов резания, сил и моментов резания

4.5 Расчет сил зажима заготовки

4.6 Силовой расчет зажимных механизмов приспособлений

4.7 Расчет источника силы привода зажима заготовки

4.8 Расчет станочного приспособления на прочность

4.9 Расчет станочного приспособления на точность

Заключение

Приложения: спецификация к сборочному чертежу.

5 Перечень графического материала: сборочный чертеж приспособления (один лист формата А1)

6 Руководитель работы – старший преподаватель Ялковский Н.С.

7 Задание выдал 12.03.2019 Ялковский Н.С.

(дата и подпись преподавателя)

Задание принял к исполнению 12.03.2019

# РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

## Контрольные вопросы ТО

1. Понятие приспособления. Преимущества ими предоставляемые. Классификация приспособлений по назначению и степени специализации.
2. Погрешность изготовления приспособления. Погрешность, вызванная износом установочных элементов приспособления. Погрешность положения заготовки в приспособлении, ее расчет.
3. Погрешность изготовления приспособления, погрешность его установки на станке.
4. Расчет станочных приспособлений на точность.
5. Установочные элементы приспособлений. Требования, предъявляемые к установочным элементам. Установка на плоскость.
6. Установка на центровые отверстия. Разновидности центров.
7. Установка на наружную и внутреннюю цилиндрическую поверхность.
8. Жесткие оправки.
9. Установка по зубчатой поверхности. Вспомогательные опоры приспособлений.
10. Установка заготовок на плоскость и два пальца.
11. Назначение зажимных элементов, требования к ним предъявляемые. Последовательность расчета сил зажима.
12. Коэффициент запаса зажимной силы и его составляющие. Упругие характеристики зажимных механизмов.
13. Зажимные устройства, предупреждающие смещение заготовки под действием сил.
14. Зажимные устройства, предупреждающие поворачивание заготовки под действием момента.
15. Винтовые зажимные механизмы.
16. Клиновые зажимные механизмы.
17. Рычажные зажимы.
18. Эксцентриковые зажимные механизмы.
19. Комбинированные зажимные механизмы. Зажимные механизмы многоместных приспособлений.
20. Самоцентрирующие механизмы, их основные характеристики. Цанги.
21. Кулачковые самоцентрирующие патроны. Кулачковые оправки.
22. Самоцентрирующие механизмы с гидропластмассой.
23. Мембранные патроны. Самоцентрирующие зажимы с тарельчатыми пружинами и гофрированными втулками.
24. Пневмопривод. Преимущества и недостатки. Существующие конструкции. Расчет пнев-матических приводов.
25. Гидропривод. Преимущества и недостатки. Схема гидропривода. Расчет гидравлических приводов.
26. Пневмогидравлический привод.
27. Магнитный и электромагнитный привод.

28. Привод от электродвигателя.
29. Привод, использующий силы, возникающие в процессе обработки.
30. Кондукторные втулки. Смещение оси отверстия.
31. Установы их конструкция и назначение. Копиры.
32. Делительные и фиксирующие устройства приспособлений.
33. Корпусные детали приспособлений. Способы установки приспособлений на станках.
34. Исходные данные при конструировании приспособлений. Последовательность конструирования. Допуски на детали приспособлений.
35. Экономическое обоснование эффективности применения приспособления.
36. Нормализация приспособлений. Стандартные системы контрольных приспособлений.
37. Многошпиндельные сверлильные головки.
38. Вспомогательный инструмент фрезерных станков. Вспомогательный инструмент токарных станков с ЧПУ.
39. Вспомогательный инструмент сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ.
40. Автоматизация приспособлений. Приспособления к станкам с программным управлением.
41. Приспособления для токарных и круглошлифовальных станков.
42. Приспособления фрезерных и сверлильных станков.
43. Сборочные приспособления, их разновидности. Достижение требуемой точности при сборке.
44. Контрольные приспособления. Расчет контрольных приспособлений на точность.
45. Элементы контрольных приспособлений.
46. Специфика изготовления приспособлений. Контроль приспособлений.

## ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

\_\_\_\_\_ М.В. Нерода

«\_\_»\_\_\_\_\_ 2022

Регистрационный № УД-\_\_\_\_\_ /уч.

Технологическая оснастка

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине  
для специальности:

1 - 36 01 01 «Технология машиностроения»

2022 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта Республики Беларусь ОСВО 1-36 01 03 - 2019 Технология машиностроения, типовой учебной программы «Технологическая оснастка», утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 23.08.2019, регистрационный № ТД-I.1519/тип. и учебных планов специальности

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Н.С. Ялковский, старший преподаватель кафедры «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

В.М. Голуб, зав. кафедрой «Машиноведения» БрГТУ кандидат технических наук, доцент

И.В. Андросюк, Главный инженер СП ОАО «Брестгазоаппарат»

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.В. Монтик  
(протокол № 12 от 27.04.2022 )

Научно-методической комиссией машиностроительного факультета

Председатель научно-методической комиссии \_\_\_\_\_ В.П. Горбунов  
(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2022 )

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2022 )

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Место учебной дисциплины.

Дисциплина «Технологическая оснастка» относится к компоненту учреждения высшего образования, цикл «Проектирование технологического оборудования и оснастки» и изучается на 3 курсе в 5 семестре студентами дневной формы получения образования и на 3 курсе в 5 семестре студентами заочной сокращенной формы получения образования специальности 1 - 36 01 01 «Технология машиностроения».

Цель учебной дисциплины - овладение студентами теоретическими основами, принципами и методиками проектирования технологической оснастки для механосборочного производства.

Основные задачи учебной дисциплины:

- овладеть современными методами расчета и проектирования оснастки, позволяющими эффективно решать поставленные технологические задачи;
- освоить методики обоснования экономической целесообразности применения проектируемой технологической оснастки;
- приобрести навыки использования стандартов в процессе проектирования;
- получить теоретическую и практическую подготовку необходимую для самостоятельного решения задач в области проектирования технологической оснастки при выполнении курсовой работы и дипломного проекта, а также в практической инженерной деятельности.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин как «Металлорежущие станки», «Теория резания», «Режущий инструмент», «Детали машин», «Теоретическая механика», «Механика материалов» и др.

В результате изучения дисциплины «Технологическая оснастка» студент должен знать:

- принципы установки и закрепления заготовки в приспособлении;
- методики проектирования различных видов приспособлений;
- типы и конструктивные особенности приспособлений для различных видов механической обработки;
- место и роль технологической оснастки в современном машиностроительном производстве как средства повышения производительности оборудования, обеспечения качества изделий и улучшения других технико-экономических показателей производства;

уметь:

- проектировать приспособления для различных видов обработки и сборки;
- оценивать эффективность работы приспособления, его состояние при эксплуатации;
- производить экономическое обоснование выбора конструкции приспособления;
- использовать в работе справочную литературу и технические нормативные правовые акты и документы, применять известные типовые решения и вносить в них необходимые изменения;

владеть:

- методами выбора схемы базирования и зажима детали в приспособлении, обеспечивающей минимальные погрешности установки;
- навыками проектирования приспособлений для установки деталей при их обработке на различных металлорежущих станках;
- навыками силового и точностного расчета приспособлений для установки деталей на металлорежущих станках.

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование специализированной компетенции:

СК-2.4: Быть способным спроектировать отдельные узлы и металлорежущие станки в целом, элементы гидро- и пневмопривода, а также гидро- и пневмоавтоматики, приспособления к указанным станкам различных типов, использовать при этом современные системы

управления оборудованием.

План учебной дисциплины для дневной формы получения высшего образования

Код специальности	Наименование специальности	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Количество аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)				Академических часов на курсовую работу	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия		
1-36 01 01	Технология машиностроения	3	5	136	3	68	52	16		40	Экзамен 5 семестр защита курсовой работы 5 семестр

План учебной дисциплины для заочной формы получения высшего образования  
(сокращенный курс)

Код специальности	Наименование специальности	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Количество аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)				Академических часов на курсовую работу	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия		
1-36 01 01	Технология машиностроения	3	5	136	3	16	12	4		40	Экзамен 5 семестр защита курсовой работы 5 семестр

## 1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 1.1. ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

#### Тема 1. Введение

Цель и задачи дисциплины. Понятие о технологической оснастке механосборочного производства. Приспособление, как один из видов технологической оснастки. Роль и значение приспособлений в машиностроении, как средств повышения точности обработки (сборки и контроля), производительности труда, расширения технологических возможностей оборудования, облегчения условий и повышения безопасности труда. Классификация приспособлений по назначению, степени специализации и автоматизации. Элементы, входящие в состав приспособлений. Функции, выполняемые этими элементами.

#### Тема 2. Принципы установки заготовок в приспособление, установочные элементы приспособлений

Погрешность установки заготовки в приспособление, ее составляющие. Погрешность базирования, ее определение. Погрешность закрепления заготовки в приспособление. Погрешность, вызванная неточностью приспособления, ее составляющие (погрешность изготовления приспособления, погрешность, вызванная износом установочных элементов, погрешность установки приспособления на станке). Расчет приспособления на точность. Классификация установочных элементов, требования к ним предъявляемые. Установочные элементы приспособлений, используемые при различных схемах установки заготовок, их конструктивное исполнение, материал, области применения. Дополнительные опоры (самоустанавливающиеся и подводимые), их конструктивное исполнение и области применения.

#### Тема 3. Закрепление заготовок. Зажимные устройства приспособлений

Назначение зажимных элементов, требования к ним предъявляемые. Силы, действующие на заготовку в процессе обработки. Методика расчета сил закрепления. Выбор точки приложения и направления действия зажимной силы. Упругие характеристики зажимных устройств. Коэффициент запаса зажимной силы, его составляющие и расчет. Определение необходимой силы закрепления при различных схемах установки и закрепления деталей. Элементарные зажимные устройства (винтовые, клиновые, рычажные, эксцентриковые и пружинные). Области применения, конструктивные особенности, преимущества и недостатки, исходные данные и основные параметры, определяемые при расчете. Комбинированные зажимы. Рычажно-шарнирные зажимы. Зажимные устройства многоместных приспособлений.

#### Тема 4. Самоцентрирующие механизмы

Самоцентрирующие механизмы, их разновидности и назначение. Основные характеристики самоцентрирующих устройств. Кулачковые самоцентрирующие патроны и оправки. Цанговые и мембранные, самоцентрирующие механизмы. Самоцентрирующие механизмы с гидропластмассой, с тарельчатыми пружинами и гофрированными втулками. Их конструктивное исполнение, основные характеристики, расчет, области применения.

#### Тема 5. Силовые узлы и устройства приспособлений

Пневматический, гидравлический, пневмо-гидравлический, электромеханический, магнитный и электромагнитный приводы. Конструкция и характеристики силовых узлов, области их применения. Основные параметры, определяемые при расчете. Зажимные устройства, приводимые в действие механизмами подачи, силами резания, центробежно-инерционный привод.

### Тема 6. Корпусные детали приспособлений

Корпусные детали приспособлений. Назначение и предъявляемые требования. Материал и способы получения заготовок корпусных деталей. Способы базирования и закрепления приспособлений на станках.

### Тема 7. Детали приспособлений для направления и контроля положения режущего инструмента

Кондукторные втулки (постоянные, сменные и быстросменные, специальные), направляющие втулки приспособлений расточных станков. Их назначение, конструкция, материал. Точность положения оси отверстия.

Угловые и высотные установки, копиры. Области применения, материал.

### Тема 8. Делительные и поворотные устройства

Конструкции делительных и поворотных устройств приспособлений. Области их применения. Точностной расчет.

### Тема 9. Методика проектирования станочных приспособлений

Исходные данные для проектирования приспособлений. Последовательность проектирования. Последовательность разработки общего вида приспособления. Использование стандартов и нормалей, как одно из условий при проектировании и выборе элементов приспособлений. Допуски на детали приспособлений. Расчет приспособлений на прочность и жесткость. Методика определения экономической целесообразности применения приспособлений. Специфика изготовления и эксплуатации приспособлений.

### Тема 10. Нормализация и универсализация приспособлений

Значение нормализации и основные ее направления. Универсализация, создание переналаживаемых (обратимых) приспособлений. Стандартные системы станочных приспособлений: неразборные специальные приспособления (НСП), универсально-сборные (УСП), универсальные безналадочные (УБП), универсальные наладочные (УНП), сборно-разборные (СРП), специализированные наладочные (СНП). Области их рационального применения, конструктивные особенности. Приспособления для групповой обработки.

### Тема 11. Приспособления для установки и закрепления режущего инструмента (вспомогательный инструмент)

Назначение и разновидности приспособлений данного типа. Вспомогательный инструмент для сверлильных станков. Многошпиндельные сверлильные головки (револьверные, с переменным расстоянием между шпинделями). Вспомогательный инструмент для фрезерных станков (поворотные и многошпиндельные головки). Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ токарной и сверлильно-фрезерно-расточной групп.

### Тема 12. Приспособления для автоматизированного производства и станков с ЧПУ

Цель автоматизации приспособлений. Вспомогательные операции, подвергаемые автоматизации. Классификация приспособлений по степени автоматизации. Требования к приспособлениям автоматизированных производств. Приспособления автоматических линий (стационарные и приспособления-спутники). Приспособления к станкам с программным управлением и гибких автоматизированных производств. Требования к ним предъявляемые. Особенности конструкции.

### Тема 13. Типовые конструкции станочных приспособлений

Приспособления для токарных и круглошлифовальных станков. Приспособления для обработки в центрах. Поводковые устройства. Люнеты. Самоцентрирующие патроны и оправки. Специальные патроны и приспособления, их конструкция. Приспособления для фрезерных станков. Особенности фрезерных приспособлений. Их разновидности и кон-

струкция. Приспособления для сверлильных станков. Особенности сверлильных приспособлений, их классификация. Скальчатые кондукторы. Приспособления для обработки зубчатых колес.

#### Тема 14. Сборочные приспособления

Назначение сборочных приспособлений. Универсальные приспособления. Специальные сборочные приспособления, их разновидности. Достижение требуемой точности при сборке.

#### Тема 15. Контрольные приспособления

Назначение контрольных приспособлений. Контролируемые параметры. Погрешность измерения. Расчет контрольных приспособлений на точность. Установочные, зажимные и вспомогательные элементы контрольных приспособлений.

#### Тема 16. Специфика изготовления, контроля и эксплуатации приспособлений

Специфика изготовления приспособлений. Методы проверки на точность новых приспособлений и приспособлений, находящихся в эксплуатации. Поддержание приспособлений в технически исправном состоянии. Ремонт приспособлений.

### 1.2. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ, ИХ НАЗВАНИЕ

1. Изучение конструкций жестких оправок. Расчет цилиндрической прессовой оправки.
2. Изучение методики расчета сил закрепления заготовки в приспособлении. Расчет зажимного механизма и силового привода станочного приспособления.
3. Изучение конструкций самоцентрирующих механизмов. Расчет центрирующей оправки с гидропластмассой.
4. Изучение методики расчета приспособлений на точность. Расчет на точность станочного приспособления.

### 2. ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Целью выполнения курсовой работы является формирование практических навыков в проектировании станочных приспособлений и их расчете.

Темой курсовой работы является разработка конструкции станочного приспособления средней сложности. Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка включает следующие разделы:

1. Задание на проектирование станочного приспособления.
2. Выбор и обоснование технологических баз и схем базирования заготовки в приспособлении.
3. Эскизная проработка станочного приспособления.
4. Расчет привода зажима заготовки.
5. Расчет станочного приспособления на прочность.
6. Расчет станочного приспособления на точность.

Пояснительная записка содержит 10...15 страниц машинописного текста, включающего необходимые таблицы и рисунки, а также приложения (спецификация к сборочному чертежу).

Графическая часть контрольной работы включает сборочный чертеж станочного приспособления (1 лист формата А1).

**3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**для дневной формы получения образования**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самостоят. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
1.	Введение	1				3	экзамен
2.	Принципы установки заготовок в приспособление, установочные элементы приспособлений	7	8			6	экзамен
3.	Закрепление заготовок. Зажимные устройства приспособлений	6	4			5	экзамен
4.	Самоцентрирующие механизмы	5	4			5	экзамен
5.	Силовые узлы и устройства приспособлений	5				5	экзамен
6.	Корпусные детали приспособлений	1				2	экзамен
7.	Детали приспособлений для направления и контроля положения режущего инструмента	3				3	экзамен
8.	Делительные и поворотные устройства	2				3	экзамен
9.	Методика проектирования станочных приспособлений	2				4	экзамен
10.	Нормализация и универсализация приспособлений	2				5	экзамен
11.	Приспособления для установки и закрепления режущего инструмента (вспомогательный инструмент)	4				6	экзамен
12.	Приспособления для автоматизированного производства и станков с ЧПУ	2				4	экзамен
13.	Типовые конструкции станочных приспособлений	4				6	экзамен
14.	Сборочные приспособления	3				4	экзамен
15.	Контрольные приспособления	4				4	экзамен
16.	Специфика изготовления, контроля и эксплуатации приспособлений	1				3	экзамен
	Всего часов по дисциплине	52	16			68	экзамен

для заочной формы получения образования (сокращенный курс)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
1.	Введение					3	экзамен
2.	Принципы установки заготовок в приспособление, установочные элементы приспособлений	3				6	экзамен
3.	Закрепление заготовок. Зажимные устройства приспособлений	2				5	экзамен
4.	Самоцентрирующие механизмы	1,5	4			5	экзамен
5.	Силовые узлы и устройства приспособлений	1				5	экзамен
6.	Корпусные детали приспособлений					2	экзамен
7.	Детали приспособлений для направления и контроля положения режущего инструмента	1				3	экзамен
8.	Делительные и поворотные устройства	0,5				3	экзамен
9.	Методика проектирования станочных приспособлений	0,5				4	экзамен
10.	Нормализация и универсализация приспособлений					5	экзамен
11.	Приспособления для установки и закрепления режущего инструмента (вспомогательный инструмент)	1,5				6	экзамен
12.	Приспособления для автоматизированного производства и станков с ЧПУ					4	экзамен
13.	Типовые конструкции станочных приспособлений					6	экзамен
14.	Сборочные приспособления					4	экзамен
15.	Контрольные приспособления	1				4	экзамен
16.	Специфика изготовления, контроля и эксплуатации приспособлений					3	экзамен
	Всего часов по дисциплине	12	16			68	экзамен

#### 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

##### 4.1. Перечень литературы (учебной, учебно-методической, научной, нормативной, др.)

###### Основная

1. Технологическая оснастка. / В.Е. Антонюк, Э.М. Дечко, Ж.А. Мрочек, А.С. Скороходов - Мн.: Издательство Гревцова, 2011. 376 с.
2. Технологическая оснастка. М.Ф. Пашкевич, Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожуро, В.М. Пашкевич. Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002. 320 с.
3. Матвеев, В.Н. Технологическая оснастка: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 231 с.

###### Дополнительная

4. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1983. - 277 с.
5. Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков. - 4-е изд. исправл. и доп. - Л.: Машиностроение (Ленинград. отделение), 1975. - 656 с.
6. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сушлова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. - 5-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2001.
7. Горохов, В.А. Проектирование технологической оснастки: [учебник для машиностроительных специальностей вузов] / В.А. Горохов. - Минск: Бервита, 1997. - 343 с.
8. Кузнецов Ю.И. Технологическая оснастка для станков с ЧПУ и промышленных роботов. М.: Машиностроение, 1987. 107 с.
9. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений. Справочное пособие. Мн.: Беларусь, 1991. 400 с.

###### Методические указания

1. Методические указания «Расчет зажимных механизмов станочных приспособлений» для выполнения курсового и дипломного проектирования для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / Сост. Н.С. Ялковский, А.Н. Парфиевич. - Брест.: БрГТУ, 2012. - 24 с.
2. Методические указания к лабораторной работе «Изучение конструкций жестких оправок. Расчет цилиндрической прессовой оправки» по дисциплине «Технологическая оснастка» для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / Сост. Н.С. Ялковский. - Брест.: БрГТУ, 2015. - 16 с.
3. Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Технологическая оснастка» для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / Сост. О.А. Медведев, Н.С. Ялковский. - Брест.: БрГТУ, 2018. - 40 с.

4.2. Перечень компьютерных программ, наглядных пособий и плакатов, методических указаний и материалов, сборочных чертежей станочных и контрольных приспособлений, технических средств обучения, оборудования и индивидуальных заданий для выполнения лабораторных работ

##### 4.3. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Письменные отчеты по аудиторным лабораторным занятиям с их устной защитой.
2. Курсовая работа и ее устная защита перед комиссией, созданной распоряжением заведующего кафедрой.
3. Письменные экзамены.

#### 4.4. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся учебной дисциплине

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы в соответствии с п. 3 Положения о самостоятельной работе студентов учреждения образования «Брестский государственный технический университет», утвержденного ректором БрГТУ №56 от 01.06.2020:

- самостоятельное изучение тем лекционного курса по литературным источникам и методическим указаниям, имеющимся в библиотеке БрГТУ и указанным в разделе 4 настоящей программы;
- самостоятельная подготовка к выполнению лабораторных работ по методическим указаниям, разработанным на кафедре машиностроения и эксплуатации автомобилей и указанным в разделе 4 настоящей программы;
- самостоятельная работа под контролем преподавателя во время лабораторных занятий по расписанию по индивидуальным заданиям;
- выполнение курсовой работы по индивидуальным темам в соответствии с разделом 2 настоящей программы;
- подготовка студентом реферата на заданную тему и выступление по этой теме на студенческой научной конференции;
- самостоятельная подготовка к экзамену.

Самостоятельное изучение тем лекционного курса выполняется по следующим литературным источникам:

Номер темы	Название раздела, темы	Номер литературного источника
1.	Введение	[1,2,4]
2.	Принципы установки заготовок в приспособление, установочные элементы приспособлений	[1,4,5,6,7]
3.	Закрепление заготовок. Зажимные устройства приспособлений	[1,2,3,4,5,7,9]
4.	Самоцентрирующие механизмы	[1,2,4,5,9]
5.	Силовые узлы и устройства приспособлений	[1,2,3,4,5,9]
6.	Корпусные детали приспособлений	[1,4,5]
7.	Детали приспособлений для направления и контроля положения режущего инструмента	[1,4,5,7]
8.	Делительные и поворотные устройства	[4,5]
9.	Методика проектирования станочных приспособлений	[1,2,4,7,9]
10.	Нормализация и универсализация приспособлений	[1,4,7]
11.	Приспособления для установки и закрепления режущего инструмента (вспомогательный инструмент)	[4,8]
12.	Приспособления для автоматизированного производства и станков с ЧПУ	[4,7]
13.	Типовые конструкции станочных приспособлений	[5,6]
14.	Сборочные приспособления	[1,4]
15.	Контрольные приспособления	[1,4]
16.	Специфика изготовления, контроля и эксплуатации приспособлений	[1,4]

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменении в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Технология машиностроения	МЭА	нет	Рекомендовать к утверждению (протокол №12 от 27.04.2022.) Зав. кафедрой МЭА С.В.Монтик

Содержание учебной программы согласовано с выпускающей кафедрой

Заведующий выпускающей кафедрой,  
кандидат технических наук, доцент \_\_\_\_\_ С.В.Монтик