

***∞ Технологическая оснастка ∞***

***∞ Конспект лекций ∞***

## Понятие технологической оснастки

В соответствии с единой системой технологической подготовки производства (ЕСТПП) ГОСТ 3.1109-82 вводит понятие на средства технологической оснастки (СТО).

СТО включает в себя:

- 1) Технологическое оборудование (контрольное и испытательное)
- 2) Технологическое оборудование (режущий, контрольный и измерительный инструмент).
- 3) Средства механизации и автоматизации производственного процесса

*Технологическая оснастка (ТО)* – это средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса (ТП).

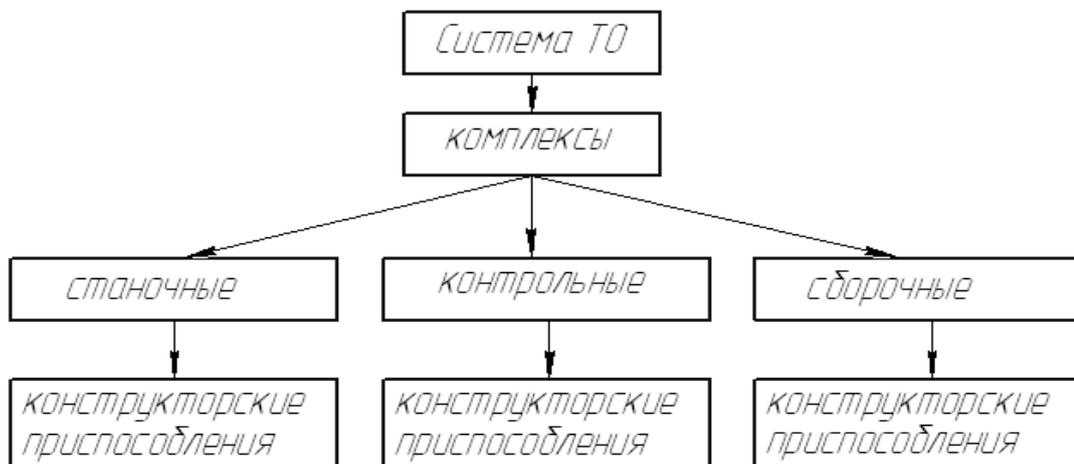
Основную часть ТО составляют станочный инструмент контрольный, режущий. Затем идет режущий инструмент, вспомогательный калибры, пресс формы, штампы.

Для того чтобы снизить трудоемкость изготовления, проектирую ТО необходимо использовать оснастку неоднократно применяемую или переналаживаемую ТО на базе унифицированных стандартных деталей и узлов.

В соответствии с ЕСТПП вся ТО подразделяется на 6 систем:

- 1) НСО – неразборная специализированная оснастка
- 2) УБО – универсально-безналадочная оснастка
- 3) УНО – универсально-наладочная оснастка
- 4) УСО – универсально-сборная оснастка
- 5) СРО – сборно-разборная оснастка
- 6) СНО – специализированная наладочная оснастка

Система ТО формируется комплексами:



*Приспособление* – ТО предназначенные для установки или направления предметов труда или инструмента на какой-либо технологической операции.

Набор той или иной системы ТО определяется условиями организации производства и правильности проектирования той или иной оснастки.

С технической точки зрения приспособление может быть однодетальным (оправка); в виде узла; в виде конструкции; в виде сборки; в виде базисного агрегата (корпуса, базовой плиты) и наладки, которая устанавливается на корпус.

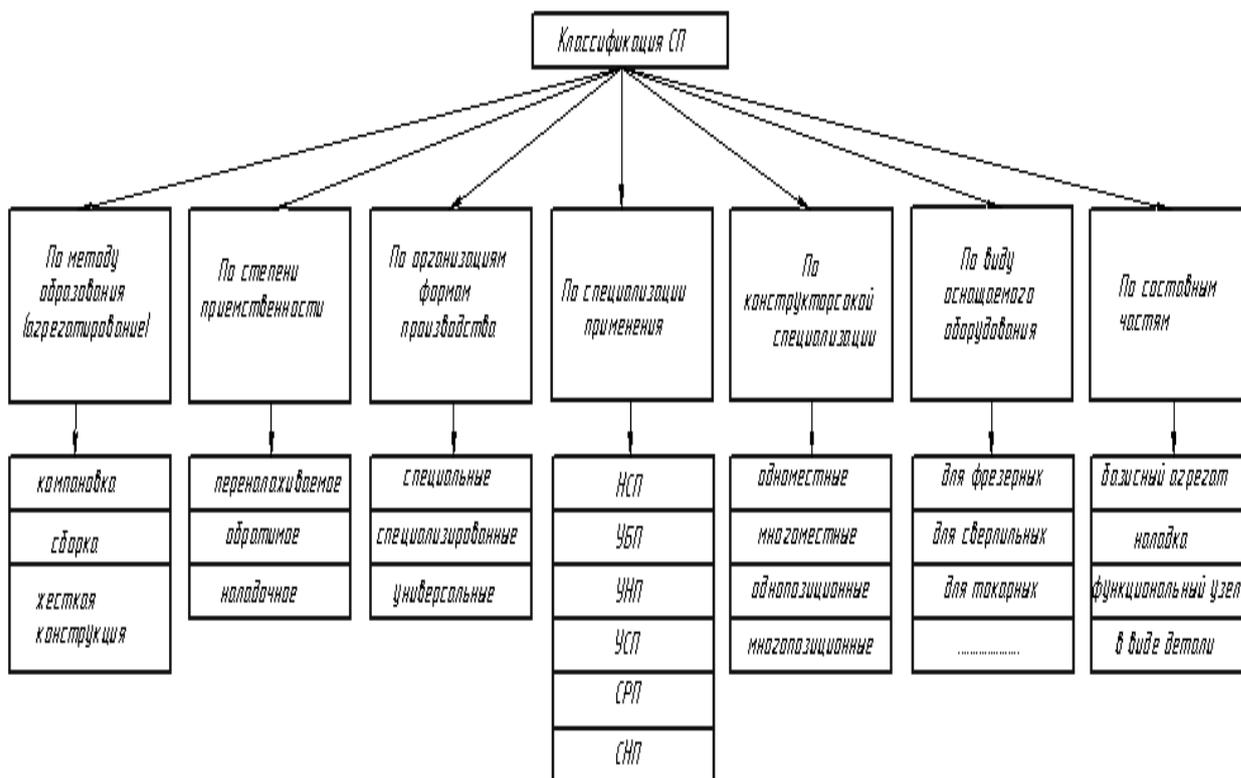
*Наладка* – совокупность сборочных единиц или механическая регулировка установочных элементов приспособления; осуществляется ориентация заготовки в пространстве.

## Роль ТО в машиностроении

Приспособления в машиностроении выполняют следующую роль:

- 1) Повышение производительности обработки, сборки и контроля.
- 2) Расширение технологических возможностей оборудования.
- 3) Снижение себестоимости изготовления деталей.
- 4) Обеспечение условий охраны труда и техники безопасности оператора.
- 5) Создание условий для механизации и автоматизации производства.

## Классификация ТО



1) Определяются точностью изготовления деталей и узлов приспособлений. Различают 2 класса точности приспособления.

а) нормальной точности «Н». Приспособления служат для обработки в них деталей по 7-10 качеству.

б) приспособления повышенной точности класса «П». Приспособления повышенной точности служат для обработки в них заготовок по 7-8 качеству и точнее.

*Компоновка* – базисный агрегат (корпус) + наладка.

*Сборка* - все детали собираемые вместе.

*Конструкция* – базисный агрегат (корпус) и установочные элементы на нем.

2) Переналаживаемые приспособления – приспособления, представляющие собой базисный агрегат + переналадка, путем замены которой или регулированием установочных элементов в данном приспособлении можно обработать различные по форме и размерам заготовки

Обратимые приспособления – это приспособления многократно использующие, собираемые из полного стандартных деталей и узлов путем переналадки которых можно изменить тип и назначение приспособления.

3) Определяется типом производства (единичное, серийное, массовое)

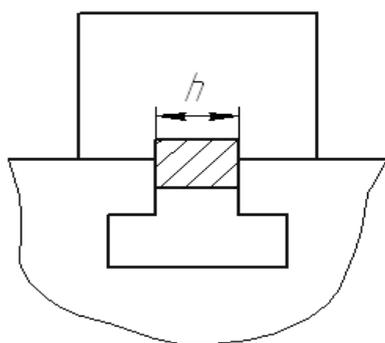
4) *НСП* – конструкторской детали, проектируют из стандартных деталей корпус оригинальный. Применяют в крупносерийном, массовом производстве. После снятия объекта с производства приспособление списывают в металлолом

*УБП* – представляет собой конструкцию долгосрочного использования, например машиностроительные тиски, трехкулачковый патрон. Позволяет обработать детали различных размеров и формы, но не обеспечивает ориентации заготовки в пространстве. Применяют в единичном, мелкосерийном и серийном производстве.

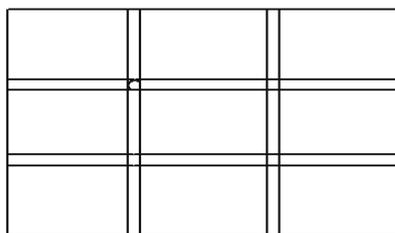
*УНП* – предназначены для обработки любых заготовок по форме и размерам т.е. определяют полную ориентацию заготовок в пространстве. Применяют в единичном, мелкосерийном и серийном производстве, в том числе и на станках с ЧПУ.

*УСП* – универсальное сборочное приспособление применяют в единичном, мелкосерийном и серийном производстве. Собирается из стандартных деталей и узлов. УСП можно применять на стадии отладки ТП и в крупносерийном производстве.

Характерным признаком и элементов фиксации является размеры Т-образных пазов базисной плиты или базисного агрегата.



*h=12, M12 серия 12*



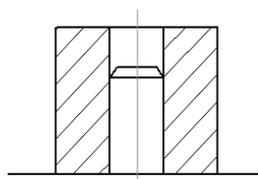
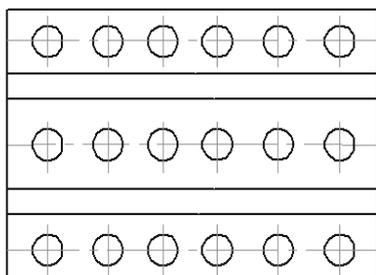
Детали УСП не подвергаются дополнительной обработке

*СНП* – специальное наладочное приспособление – представляет собой базисный агрегат или корпус + наладка. Применяется в крупносерийном и серийном производстве, с помощью которых можно обрабатывать детали по групповой технологии.

*СРП* – сборочно-разборное приспособление собирается из стандартных узлов многократного использования. Применяются для обработки различных по форме и размерам деталей в серийном производстве со сроком выдачи производства до 1 года, в крупносерийном производстве.

Детали СРП, контактирующие с заготовкой могут в отдельных случаях дорабатываться механической обработкой с целью повышения точности приспособления.

Точность фиксации элементов в отличие от УСП обеспечивается соединением «отверстие - палец».



б) По конструктивной специализации

### Требования, предъявляемые к приспособлениям

- 1) Приспособления должны обеспечивать автоматическое получение размеров
- 2) Приспособления должны обеспечивать надежность закрепления заготовок. Вводится коэффициент запаса  $k > 1$ .
- 3) Приспособления должны отвечать современным уровням надежности, производительности и экономичности изготовления деталей.
- 4) Приспособления должны отвечать требованиям эргономики и эстетики.
- 5) Приспособления должны отвечать требованиям охраны труда и требованиям безопасности
  - а) приспособления, в которых устанавливаются заготовки массой  $> 10-12$  кг, должны иметь специальные места для прохода транспортно-загрузочных устройств.

б) приспособления массой более  $> 16$  кг должны иметь рым-болты, цапфы для транспортировки приспособления на станок или со станка.

## Основные части приспособлений

Несмотря на многообразие систем станочных приспособлений, многие конструкторские элементы в них по своему целевому и функциональному назначению являются общими для всех систем.

Основными частями приспособления являются:

1. Установочные (базовые) элементы.
2. Зажимные устройства (ЗУ).
3. Силовой привод.
4. Корпус приспособления.
5. Направляющие и делительные устройства приспособления.
6. Вспомогательные элементы.

### Способы установки заготовок в приспособлении. Выбор схемы установки заготовок в приспособлении.

Различают следующие принципы установки заготовок:

1) Принцип локализации контакта установочных элементов приспособления с заготовкой (чем меньше площадь контакта, тем выше точность установки; чем грубее поверхность, т. е. чем больше шероховатость, тем меньше должна быть площадь контакта).

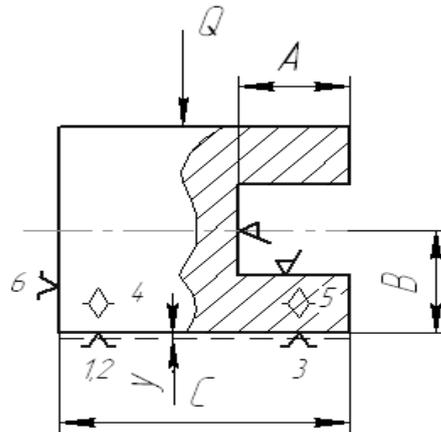
2) Принцип 6 точек.

Различают 2 способа установки заготовок в приспособлении:

а) установка на опорные штыри или пластины, т. е. создание плотного контакта заготовки с установочными элементами;

б) установка по охватывающим поверхностям заготовки (установка на пальцы, оправки, в центра, призмы, патроны).

*Процесс установки*  $\longleftrightarrow$  *базирование*  
 $\longleftarrow$  *закрепление*



$$\omega_y = \omega_{нб} + \omega_3 + \omega_{п}$$

$$\omega_{н.б}^A = Tc.$$

$$\omega_b^B = 0.$$

Погрешность закрепления  $\omega_3$  – это разность между *min* и *max* проекциями исходной базы размера на направление выдерживаемого размера при приложении силы (сил) зажима.

$$\omega_3^A = 0; \quad \omega_3^B \neq 0$$

Величина погрешности закрепления зависит от колебаний силы зажима:

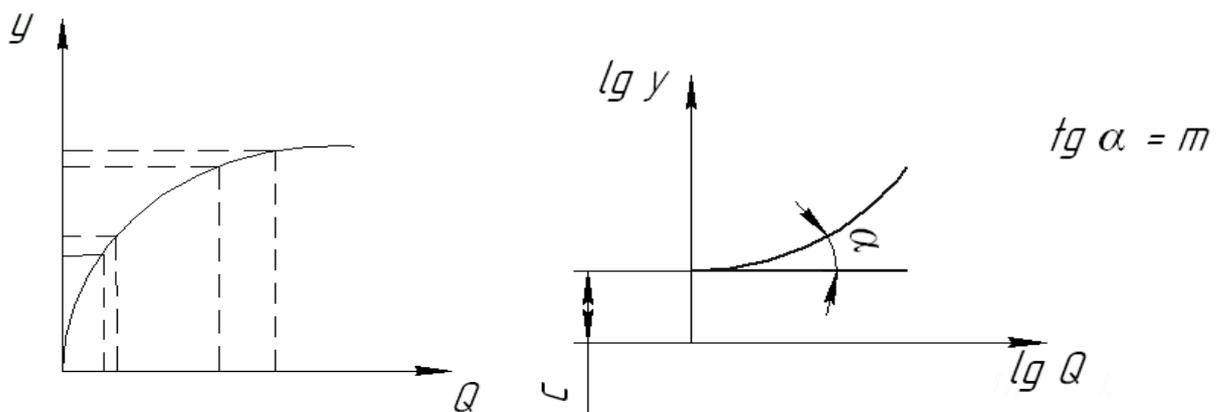
$$\omega_3 = (y_{max} - y_{min}) \cos \alpha;$$

где  $\alpha$  – угол между направлением размера и смещением исходной базы.

Погрешность закрепления при правильном конструировании жесткости детали или заготовки в основном определяется деформациями в стыке «заготовка – установочный элемент».

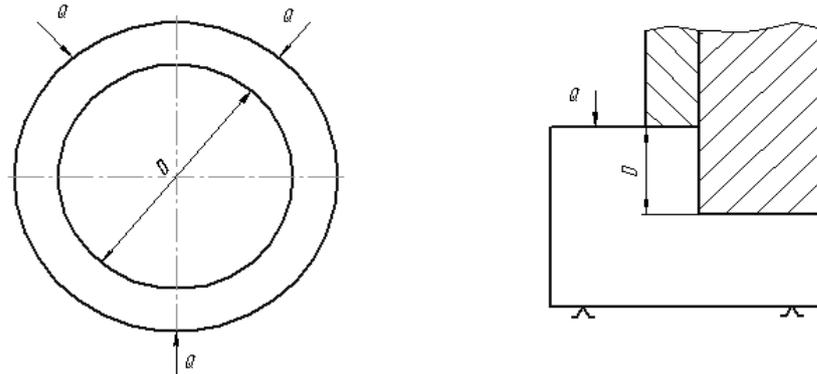
$$y = C \cdot Q^m = \omega_3'$$

где  $C$  – коэффициент, учитывающий форму опоры или установочного элемента;  $m$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя заготовки.



Коэффициенты  $C$  и  $m$  определяются экспериментально после обработки результатов.

При закреплении заготовки в трехлапчатом патроне, а так же при обработке заготовок набором фрез или другим инструментом погрешность закрепления равна нулю.



В общем случае  $\omega_3 = \omega_3' + \omega_3'' + \omega_3'''$

$\omega_3''$  – определяется в зависимости от колебания шероховатости обрабатываемой заготовки т.е.  $k = \frac{R_{zmax}}{R_{zmin}}$ ;  $m = 0,5-0,75$

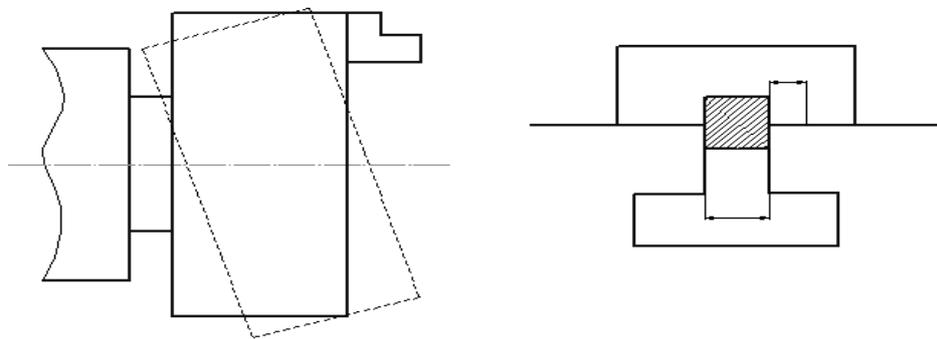
$$\omega_3'' = 0,2y = 0,2 \cdot C \cdot Q^m$$

$\omega_3'''$  – учитывает деформацию упругих отклонений в стыках

$$\omega_3 = T = \sqrt{(\omega_3' + \omega_3''')^2 + \omega_3''^2}$$

Погрешность положения  $\omega_n$  включает в себя следующие погрешности:

- 1) Погрешность изготовления детали и приспособления в направлении выдерживаемого размера.
- 2) Износ установочных элементов.
- 3) Погрешность, связанная с установкой самого приспособления на столе станка или на шпинделе станка.



- 4) Погрешность, связанная с набиванием стружки в установочные элементы.

По формуле (1) определяется фактическая погрешность установки

$$T = \sqrt{[\omega_y]^2 + K^2 \omega_{TC}^2} \quad (3)$$

$$[\omega_y] = \sqrt{T^2 - K^2 \cdot \omega_{TC}^2} \quad (4)$$

Условие выбора схемы установки будет иметь вид:

$$\omega_y \leq [\omega_y]$$

## Установочные элементы приспособлений

Установочные элементы служат для установки на них деталей, узлов и заготовок при контроле, сборке, механической обработке заготовок, а также ориентации самого приспособления.

Установочные элементы разделяют на 2 вида:

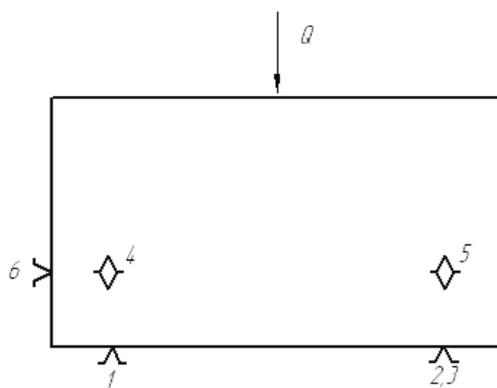
- 1) Элементы установки (опорные штыри или опорные пластины).
- 2) Элементы фиксации (установочные пальцы, призмы, оправки, центра, патроны).

Требования к установочным элементам приспособлений:

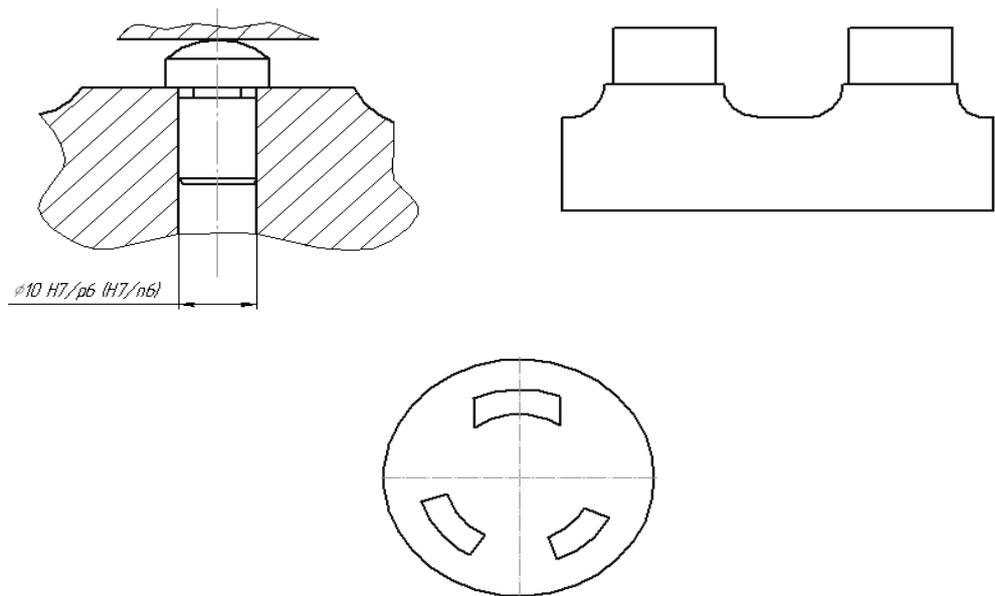
1. Соблюдение правила 6 точек.
2. Минимальные размеры для уменьшения влияния погрешности их формы на точность выдерживаемого размера.
3. Установочные элементы не должны портить поверхности заготовки.
4. Высокая жесткость и хорошее сопряжение с посадочными местами элементов приспособлений.
5. Высокая износостойкость.
6. Простота замены (на случай износа или поломки).
7. Установочные элементы должны располагаться как можно дальше друг от друга.
8. Легкость очистки их от стружки.
9. Заготовка должна устанавливаться на установочные элементы, а не на корпуса приспособлений (кроме УСП).

### Установка заготовок по плоским поверхностям

**Установка заготовок по 3 взаимно перпендикулярным плоскостям.**



- 1) Установка по «черным» (необработанным) поверхностям. Установочная технологическая база (1,2,3) реализуется тремя штырями со сферической головкой.
- 2) Установка по «чистым» установочным поверхностям. При установке по чистым поверхностям вместо точек 1,2,3 можно поставить опорные пластины. На точки 4,5 можно поставить опорные штыри с плоской головкой. Точку 6 оставить сферической.

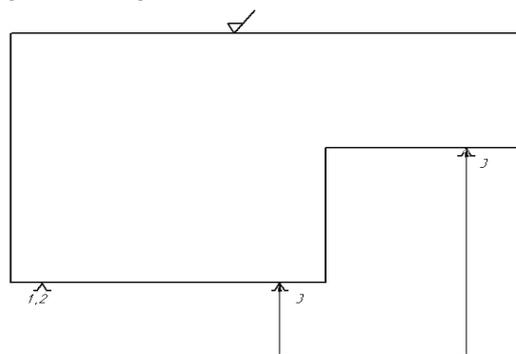


Рассмотренные опорные штыри и опорные пластины реализуют жесткие точки. Кроме основных (жестких) опор, рассмотренных выше, применяют вспомогательные (дополнительные опоры).

Вспомогательные опоры бывают 2-х видов:

- 1) Регулируемые (подвижные) опоры.
- 2) Плавающие (самоустанавливающиеся) опоры.

Вспомогательные опоры служат для повышения жесткости и устойчивости заготовки при ее обработке. Плавающие опоры могут реализовать одну жесткую точку.



Регулируемые опоры не влияют на точность базирования, их количество может быть неограниченно. Они служат для повышения жесткости и устойчивости детали.

### **Установка заготовок по наружным цилиндрическим поверхностям**

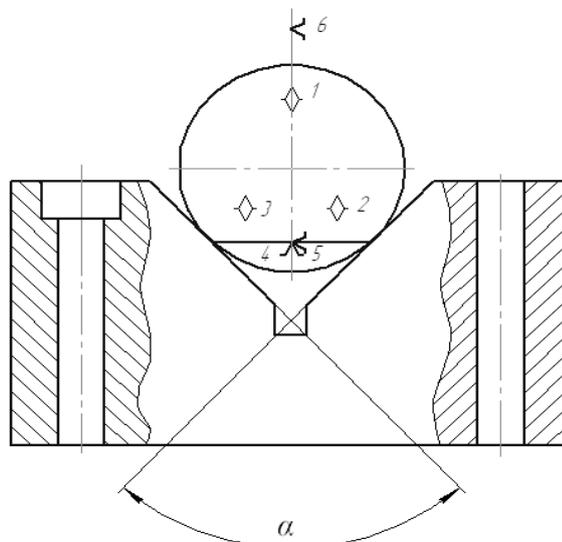
Данная схема установки применяется для деталей типа: валов, фланцев, шатунов, переходников, крестовин и т.п.

В качестве установочных элементов могут быть:

- 1) Призмы
- 2) Патроны различных типов.

Призмы по конструкции бывают неподвижные и регулируемые (подводимые).

Постоянные призмы по целевому назначению подразделяют на короткие и длинные. Основным преимуществом призм является обеспечение постоянства продольной оси призм.



Призмы изготавливают обычно из стали 20, 20Х. Предварительно делают цементацию на глубину 0,8-1,2 мм и закаливают до  $HRC_{э} = 58-62$ . Большие призмы иногда делают из чугуна, но приворачивают стальные закаленные планки, щечки.

Недостатки:

– призмы копируют погрешности формы заготовки (отклонение от круглости и т.д.)

– в точках контакта заготовки с призмами могут быть вмятины, т.е. происходит порча заготовки при ее закреплении.

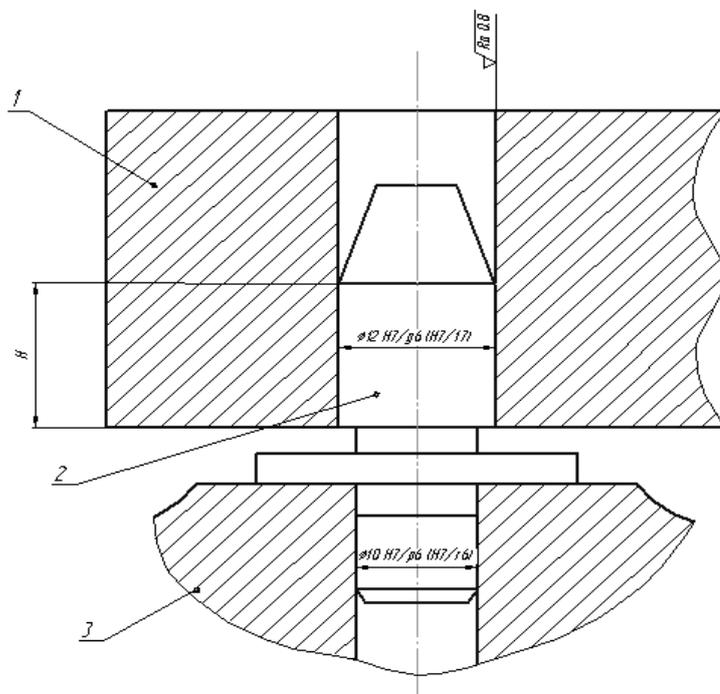
### Установочные пальцы

Установочные пальцы служат для установки на них заготовок различных типов: корпусные детали, втулки, фланцы и др.

Установочные пальцы по целевому назначению бывают:

- 1) Короткие  $H/d < 1$  (двойная опорная технологическая база).
- 2) Длинные  $H/d > 1,5 - 2$  (двойная направляющая технологическая база).

По конструкции пальцы бывают: выдвижные, плавающие и подпружиненные. По форме пальцы бывают целые, срезанные (ромбические) и конические.



1 – заготовка; 2 – палец; 3 – корпус приспособления

## Оправки

Оправки по конструкции бывают:

- 1) Жесткие (конические и цилиндрические)
- 2) Разжимные

По виду установки на станке оправки бывают: центровые, фланцевые и шпиндельные.

- 3) Патроны различных видов

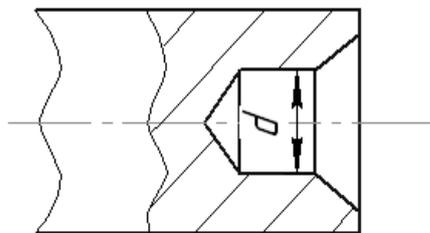
Конструкции патронов 2-х, 3-х, 4-х кулачковые и др. посмотреть Ансерава.

- 4) Приспособления с гиропластинами.

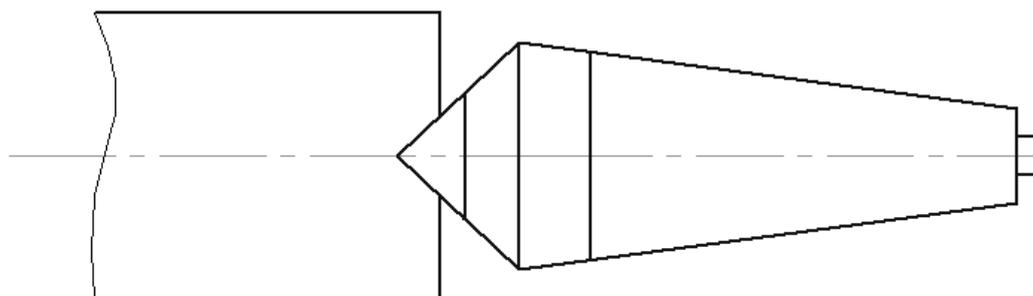
Установочные пальцы, оправки и патроны используются для установки заготовок по внутренним цилиндрическим отверстиям. Детали могут быть корпусными, фланцевыми и другими, которые имеют отверстия.

## Установка по коническим поверхностям заготовок

Установка по коническим поверхностям заготовок применяется на токарных, фрезерных, шлифовальных, зубофрезерных и других станках. В заготовках типа валов создают искусственные технологические базы - центровые отверстия которые являются технологическими базами при обработке заготовок.



В качестве установочных элементов для этих заготовок используют цента. По конструкции бывают: прямые, обратные, полуцентры. Центры бывают: жесткие, плавающие (подпружиненные) и вращающиеся.

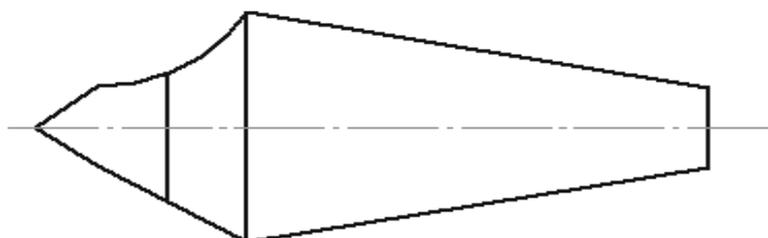


*Жесткие центры* применяют на круглошлифовальных станках для точных работ.

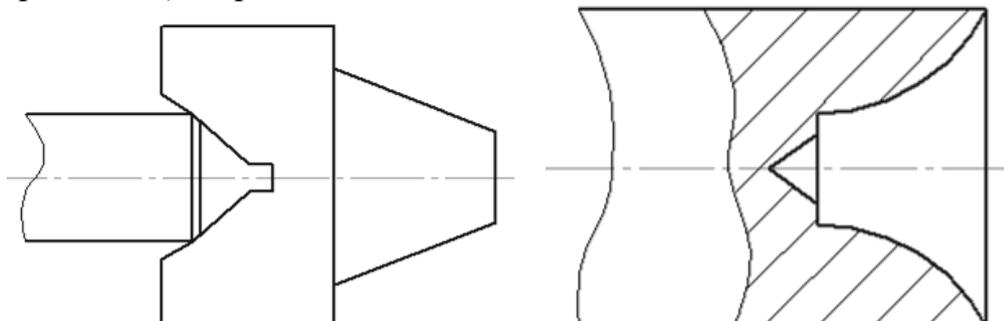
*Подпружиненные центры* применяют при обработке на полуавтоматах, автоматах в крупносерийном производстве для обеспечения точности осевых размеров.

*Вращающиеся центры* применяют при обработке тяжелых деталей больших размеров для снижения износа.

*Полуцентры*



*Обратные центры*



## Установка по зубчатым поверхностям заготовок

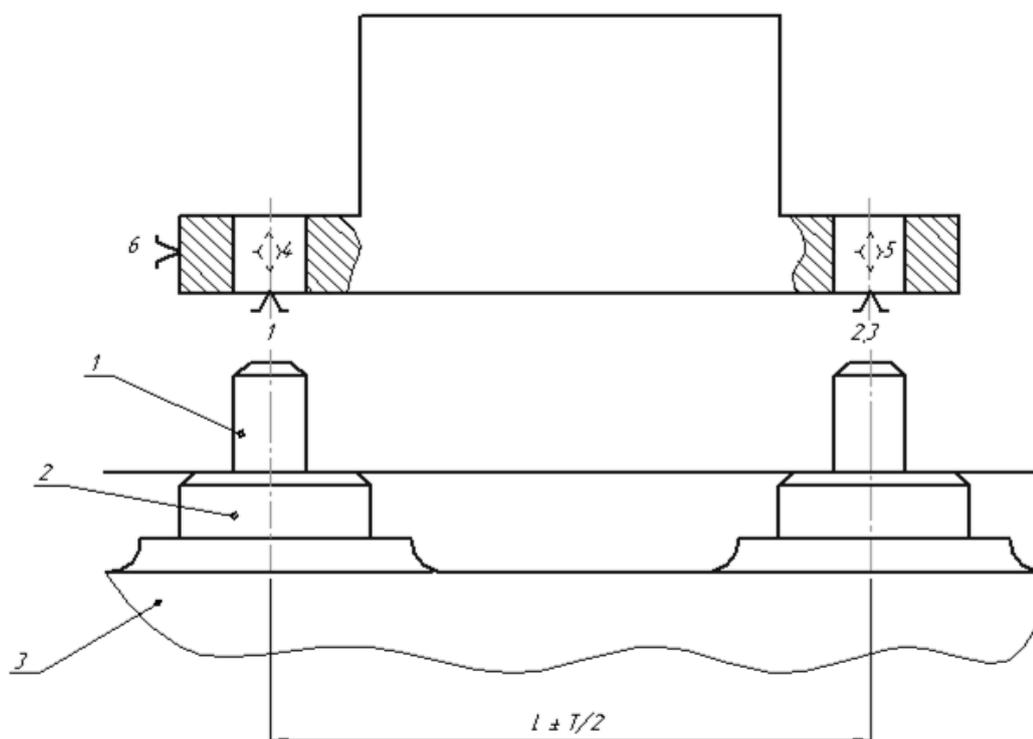
Данная схема установки применяется при обработке отверстий зубчатого колеса, цилиндрических, конических и других. Установка заготовок (цилиндрические зубчатые колеса с прямым зубом) производится по следующим установочным элементам:

- 1) Три расположенных под углом 120 ролика
- 2) Зубчатые гребенки по углом 120
- 3) Охватывающие зубья, качающиеся рычаги под углом 120

На этом принципе работают самоцентрирующие патроны различных типов. Для установки зубчатых цилиндрических косозубых зубчатых колес используют три шарика расположенных под углом 120 или упругие литые ролики. Для конических зубчатых колес с прямым или спиральным зубом используют 3 шарика, установленные во впадины зубчатого колеса. Установочные элементы центрируют зубчатое колесо по делительной окружности. Тем самым обеспечивают максимально точность при обработке посадочного отверстия шестерни.

*Литература: Костромин Болотин «Приспособления металлорежущих станков»*

## Установка заготовок по плоскости и двум отверстиям



- 1- Палец
- 2- Опорная пластина
- 3- Корпус

Данная схема установки применяется обычно для установки корпусных деталей, плоских коробок передач, редукторов и т.д.

Часто данная схема используется в автоматном производстве, например в приспособлениях спутниках – используется на автоматных линиях при обработке корпусных деталей

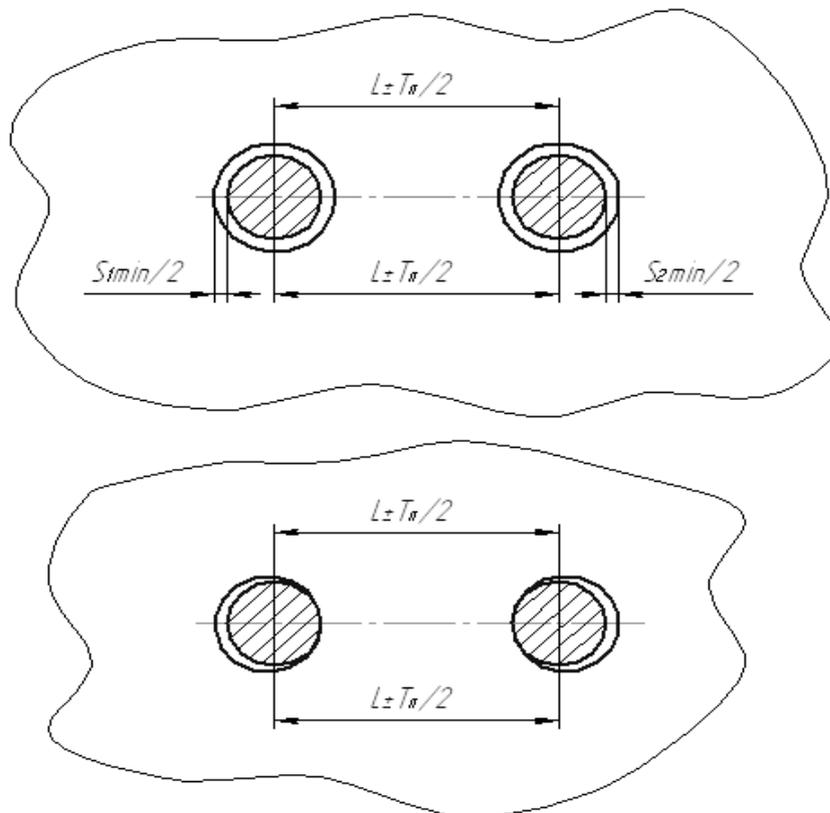
*Преимущества:*

- 1) Простота конструкции приспособления
- 2) Хорошая доступность режущего инструмента до максимального количества обрабатываемых поверхностей
- 3) Обеспечивается принцип единства баз на дальних операциях
- 4) Сравнительно высокая точность обработки заготовок в данном приспособлении

При установки заготовок по плоскости и двум отверстиям за счет колебания межцентрового расстояния в заготовке  $L \pm T_o/2$  возможны два предложенных случая:

Рассмотрим худший случай установки когда межцентровое расстояние в заготовке - максимально ( $L + T_o/2$ ), а пальцы в приспособлении – по минимальному предельному размеру ( $L - T_o/2$ ).

1. Два пальца - цилиндрические.



В этом случае условия установки будут иметь вид

$$1) S_{1min} + S_{2min} \geq T_o + T_n \quad (1)$$

где  $S_{1min}$  и  $S_{2min}$  – зазоры между первым пальцем и отверстием, и вторым пальцем и другим отверстием.

$T_o$  – допуск на межцентровое расстояние между отверстиями;

$T_n$  – допуск на межцентровое расстояние между пальцами.

Т.к. сумма минимальных зазоров всегда меньше чем сумма допусков в правой части данная схема на практике не применяется.

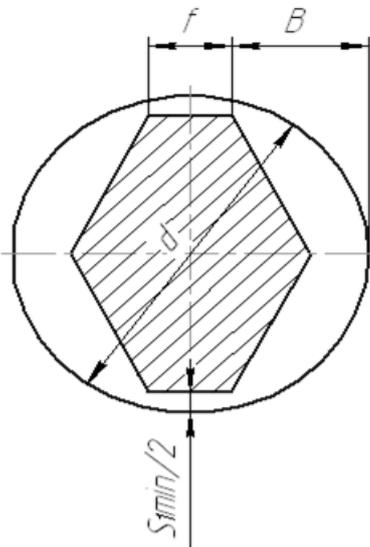
Для того чтобы обеспечить достаточно высокую точность установки не нарушая схему базирования заготовки один из пальцев делают срезанным (ромбическим) за счет чего рассматривается зазор в отверстии между ромбическим пальцем и отверстием.

Условие установки в этом случае будет иметь вид

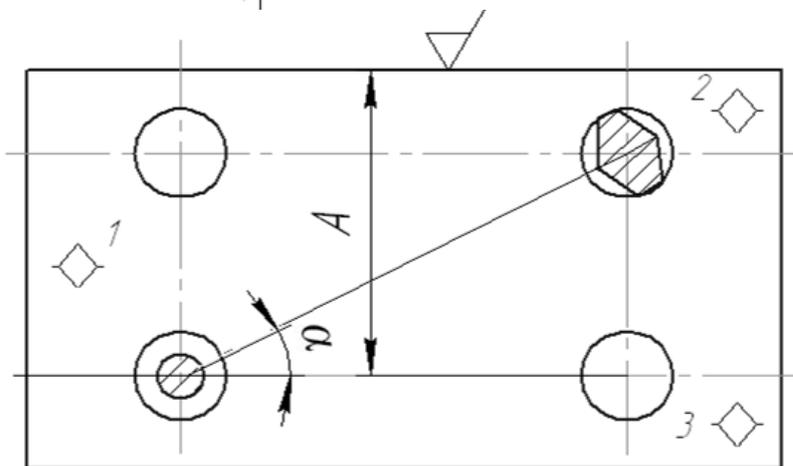
$$2) S_{1\min} + S_{2\min} \cdot x \geq T_o + T_n$$

$$X = \frac{d}{b}$$

$$S_{1\min} + \frac{d}{b} \cdot S_{2\min} \geq T_o + T_n$$



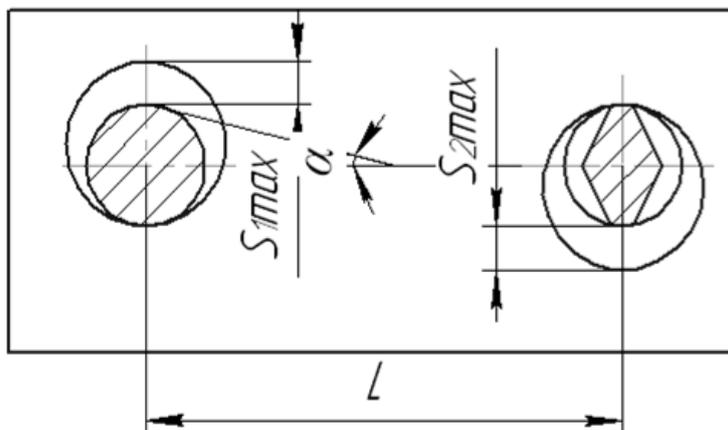
Срез пальцев производят всегда перпендикулярно межцентровому расстоянию отверстий под пальцы.



$$\omega_6^A = S_{\max} \cos \alpha$$

$$\omega_A = \omega_6^A + \omega_{TS}$$

При установке заготовок по двум отверстиям и плоскости появляется два вида погрешности базирования:  
 1) Линейные погрешности  
 2) Угловые погрешности



Угловая погрешность базирования получается за счет поворота заготовки на пальцах

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{1\min} + S_{2\max}}{2L}$$

*Правила установки пальцев*

1. Целый палец устанавливают в то отверстие, от которого требуют выдержать размер.

2. Если первое требование не выполняется, то целый палец всегда устанавливают в отверстие большего диаметра.

3. Для снижения погрешности базирования пальцы должны устанавливаться на *тах* расстояние друг от друга.

4. В случае если погрешность базирования не позволяет обеспечить точность размера, то пальцы могут быть сделаны коническими подпружиненными.

## Зажимные устройства

Зажимные устройства предназначены для надежного закрепления заготовок при выполнении операций обработки и контроля.

Зажимные устройства не проектируют в тех случаях, когда силы резания способствуют закреплению заготовки и когда масса заготовок достаточно велика (масса заготовки значительно больше сил резания).

### Требования к зажимным устройствам:

1. Зажимные устройства должны действовать в направлении сил резания, т.е. прижимать заготовку к установочным элементам.
2. Зажимные устройства не должны деформировать заготовку при закреплении.
3. Зажимные устройства должны располагаться как правило на корпусе приспособления.
4. Зажимные устройства должны действовать быстро, управляться от одной рукоятки, находящейся в безопасной зоне для оператора.
5. В ручных зажимных устройствах при кратковременной работе усилие оператора на рукоятке должно быть  $P \leq 150 \text{ Н}$ , при длительной работе –  $P \leq 100 \text{ Н}$ .

В процессе закрепления на заготовку могут действовать следующие силы:

1. *Сила резания и сила зажима.* Сила резания рассчитывается или назначается по нормативам.
2. *Сила тяжести.* Обязательно учитывается при обработке крупных и тяжелых заготовок, а также заготовок, установленных на наклонных и вертикальных плоскостях.
3. *Центробежная сила.* Учитывается при закреплении заготовок во вращающемся приспособлении, когда центр тяжести заготовки не совпадает с осью ее вращения.
4. *Инерционная сила.* Учитывается при наличии возвратно-поступательного движения заготовки.
5. *Второстепенные силы* (реакции опор, силы трения).

Проектирование зажимных устройств включает в себя 3 этапа:

- 1 этап – расчет сил зажима.
- 2 этап – выбор силового привода.
- 3 этап – расчет силового привода.

### Методика расчета сил зажима

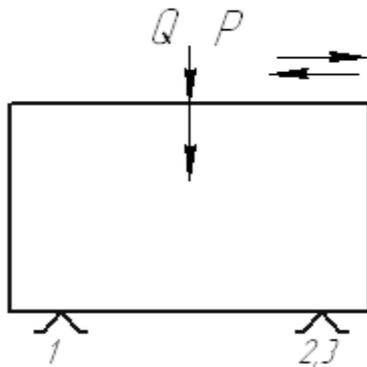
При расчете сил зажима необходимо знать:

1. Все действующие силы на заготовку и условия осуществления операции. Из операционной карты берут условия выполнения операции, режимы резания для расчета сил зажима, схемы базирования на данной операции и др.
2. Составляющие силы резания, их величины, направления действия и точки их приложения.

При расстановке сил зажима делают следующие допущения:

1. Заготовка считается абсолютно жестким (недеформируемым) телом.
2. Под действием всех приложенных к ней сил (см. выше) заготовка находится в равновесии.

Основные расчетные схемы для определения сил зажима:



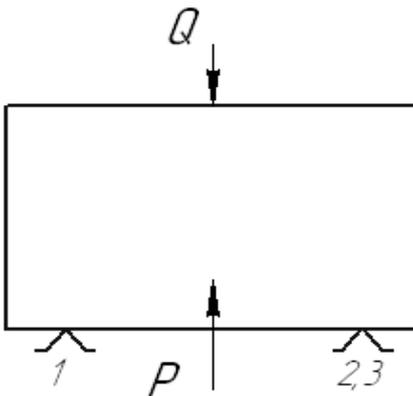
Случай 1

$$1) N = 0 \quad Q = 0$$

$$2) N \neq 0 \quad Q = k \cdot N$$

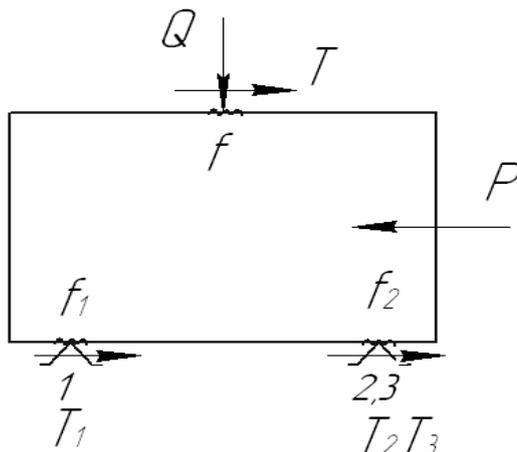
где  $k$  коэффициент запаса  $k > 1$  (операция протягивание отверстия)

Во всех случаях  $m < 20$  и массой заготовки пренебрегаем.



Случай 2

$$Q = k \cdot P$$



Случай 3

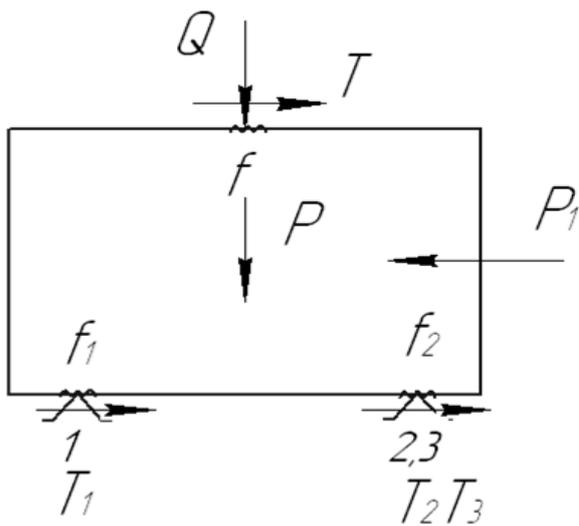
$$\sum_{i=1}^n T_i = k \sum_{i=1}^n P_i$$

$$T = Q \cdot f$$

$$T_1 = T_2 = T_3 = \frac{Q}{3} f_1$$

$$T_1 + T_2 + T_3 = kP$$

$$Q(f_1 + f_2) = kP \quad Q = \frac{kP}{f + f_1}$$



Случай 4

1)  $P_2 > P_1$

Если  $P_1 > P_2$  см. п. I. 2

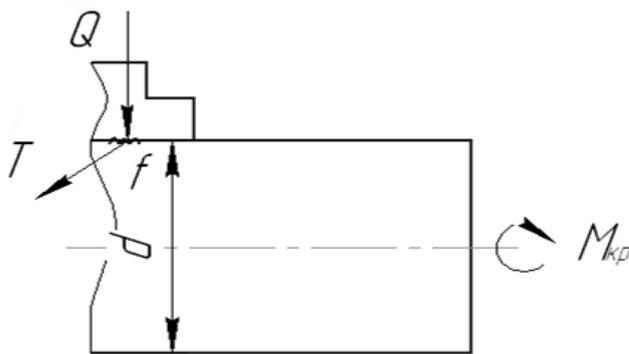
$$\sum_{i=1}^n T_i = k \sum_{i=1}^n P_i$$

$$T = Q \cdot f$$

$$T_1 = T_2 = T_3 = \frac{Q + P_1}{3} f_1$$

$$Qf + (Q + P_1)f_1 = kP_2$$

$$Q = \frac{kP_2 - P_1 f_1}{f_1 + f_2}$$



Случай 5 Закрепление заготовок в патроне

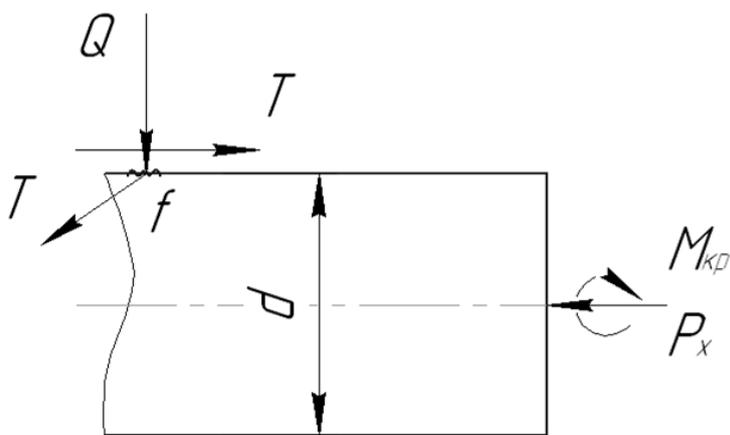
$$\sum_{i=1}^n M_{TP0} = \sum_{i=1}^n M_{pi}$$

$$T = Q \cdot f_1$$

$$T \frac{d}{2} n = k M_p$$

1)  $Qf \frac{d}{2} n = k M_p$

$$Q_1 = \frac{2k M_p}{f d n}$$



Случай 6

Приложение  $P_x$  приводит к смещению заготовки в осевом направлении т.к. опорной точки нет.

$$\sum_{i=1}^n T_i = k \sum_{i=1}^n P_i$$

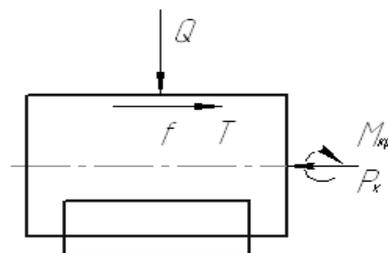
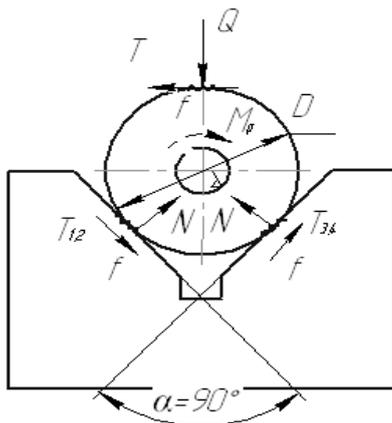
2)  $Qf n = k P_x$

$$Q_2 = \frac{k P_x}{f n}$$

Из 2-х случаев в дальнейших расчетах применяется большая

величина  $Q$ .

Случай 7 Установка в призме



$$\sum_{i=1}^n M_{Tpi} = k \sum_{i=1}^n M_{pi0}$$

$$T = Q \cdot f_1$$

$$T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = Nf$$

$$\sum_{i=1}^n P_{iy} = 0$$

$$-Q + 4N \sin \frac{\alpha}{2} = 0$$

$$N = \frac{Q}{4 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$T \frac{D}{2} + 4T_1 \frac{D}{2} = kM_p$$

$$Qf \frac{D}{2} + 4 \frac{Q}{4 \sin \frac{\alpha}{2}} = kM_p$$

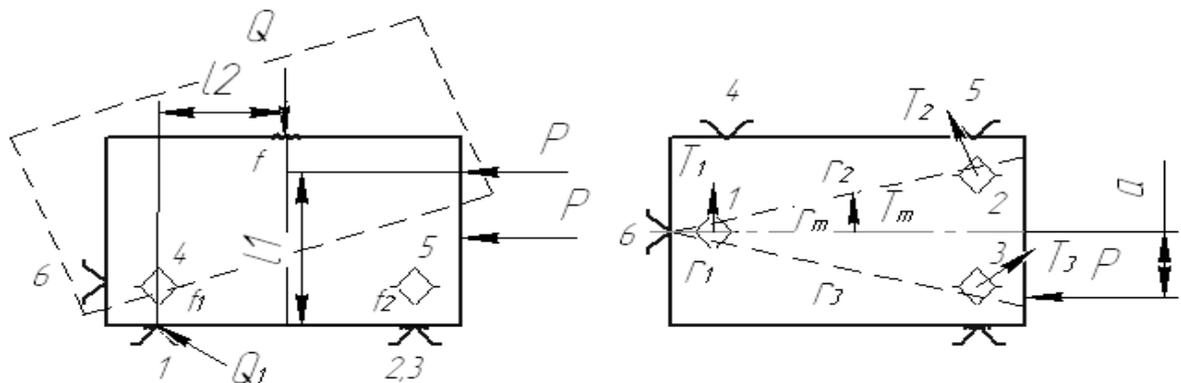
$$Q =$$

Случай 8

$$\sum_{i=1}^n T_i = k \sum_{i=1}^n P_{ix}$$

$$T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = kP_x$$

IX



$$\sum_{i=1}^n M_{Tpi} = k \sum_{i=1}^n M_{pi}$$

$$T = Q \cdot f$$

$$T_1 + T_2 + T_3 = \frac{Q}{3} f_1$$

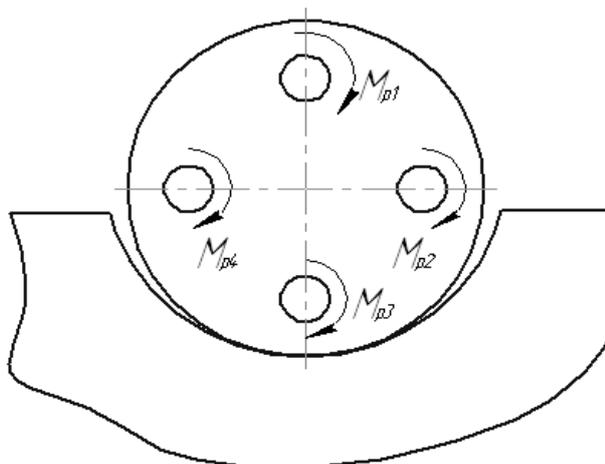
$$Tr_m + T_1 r_1 + T_2 r_2 + T_3 r_3 = PQk$$

$$r_m Qf + \frac{Q}{3} f_1 (r_1 + r_2 + r_3) = PQk$$

В случае если сила P приложена выше точки бможет произойти опрокидывание детали.

$$kpl_1 = Ql_2$$

$$Q = \frac{kPl_1}{l_2}$$



### Расчетные факторы для определения сил зажима.

К расчетным факторам сил зажима относят: коэффициент запаса  $k$  и коэффициент трения  $f$

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6$$

$k_0$  – гарантийный коэффициент запаса

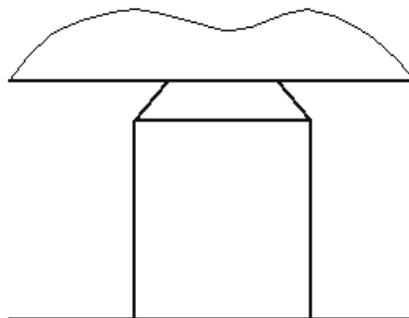
$$k_0 = 1,5$$

$k_1 \dots k_6$  – коэффициенты учитывающие условия выполнения операций, непостоянство сил зажима, затуплении режущего инструмента и т.д.

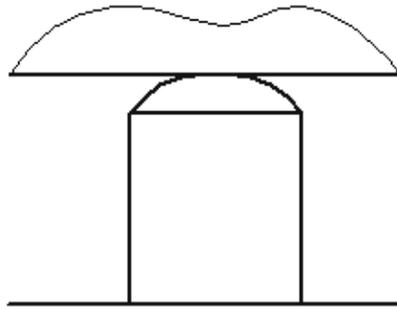
(см методику по ТО и оправки).

Как маленький так и большой коэффициент запаса нежелателен но при этом должны учитываться все условия выполнения операций.

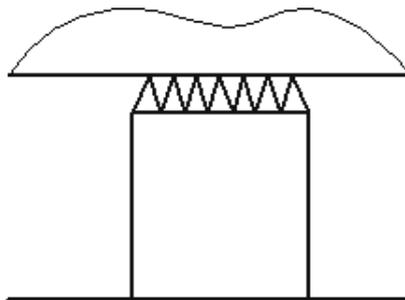
Коэффициент трения берут ?



$$f = 0,1 - 0,16$$

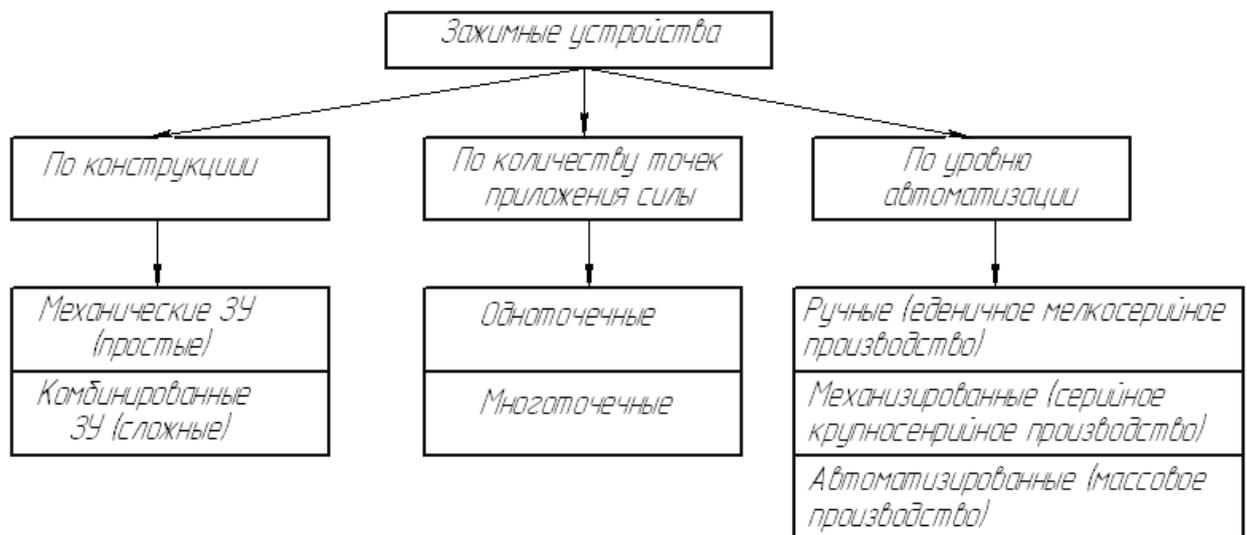


$f = 0,2- 0,3$

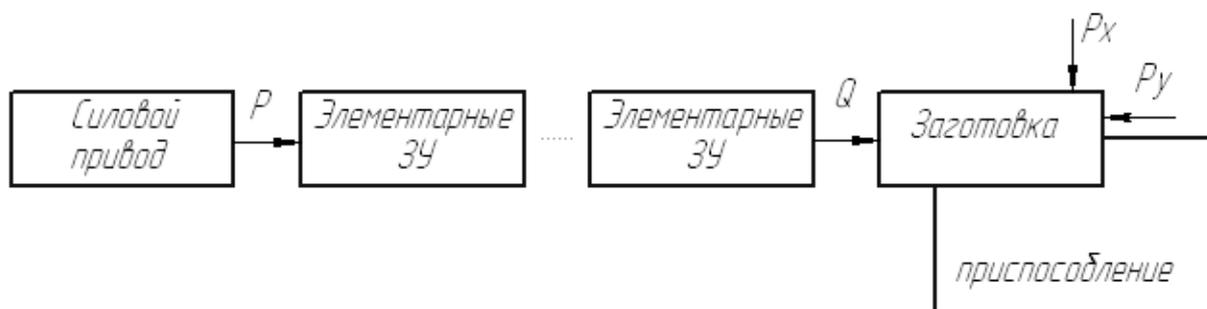


$f = \text{до } 0,7$

### Классификация зажимных устройств.



*Механические зажимные устройства* служат для непосредственного закрепления заготовок или входят составляющими звеньями комбинированными зажимными устройствами для усиления нагрузки.



Цель любого ЗУ является по найденной силе зажима  $Q$  выбрать тип зажимного устройства и рассчитать силу  $P$  прикладываемую к силовому приводу для обеспечения требуемой силы зажима  $Q$ .

Механические ЗУ разделяют на следующие виды:

Клиноплунжерные ЗУ (клиновые ЗУ)

Эксцентриковые ЗУ

Рычажные ЗУ

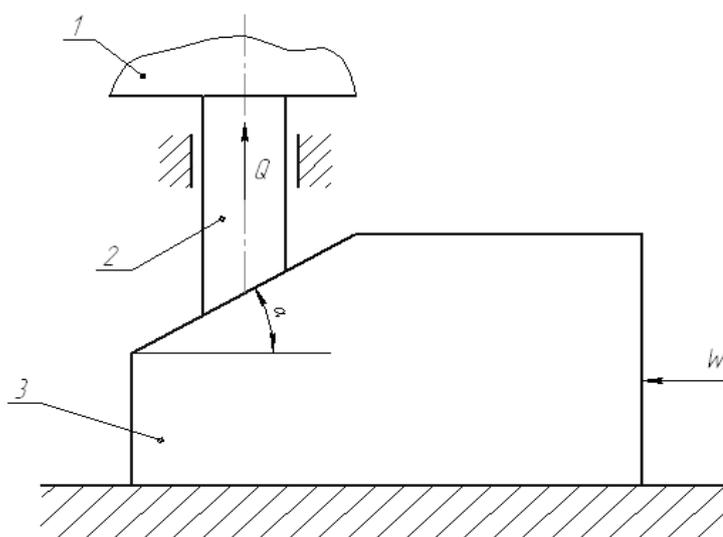
Пружинные ЗУ

Клиновые ЗУ три технические задачи:

1. Выступает как усилитель нагрузки т.е. увеличивает прикладную силу клиньям
2. Изменяет направление действия зажима
3. Клин обеспечивает самоторможение

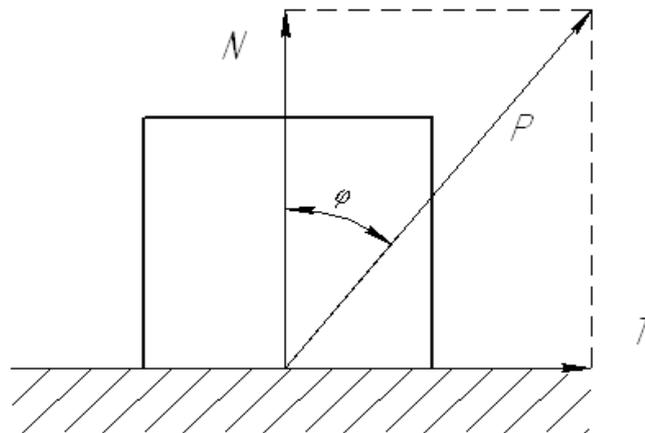
Клиновые ЗУ в свою очередь разделяют на несколько разновидностей:

1. Прямой односкосный клин
2. Двухскосный клин
3. Криволинейный клин (эксцентриковые ЗУ)
4. Пространственный клин (винтовые ЗУ)
5. Многозвенные клиновые механизмы (цанговые ЗУ, кулачковые ЗУ)



- 1- Заготовка
- 2- Плунжер
- 3- Клин

## Условие самоторможения клиновых механизмах

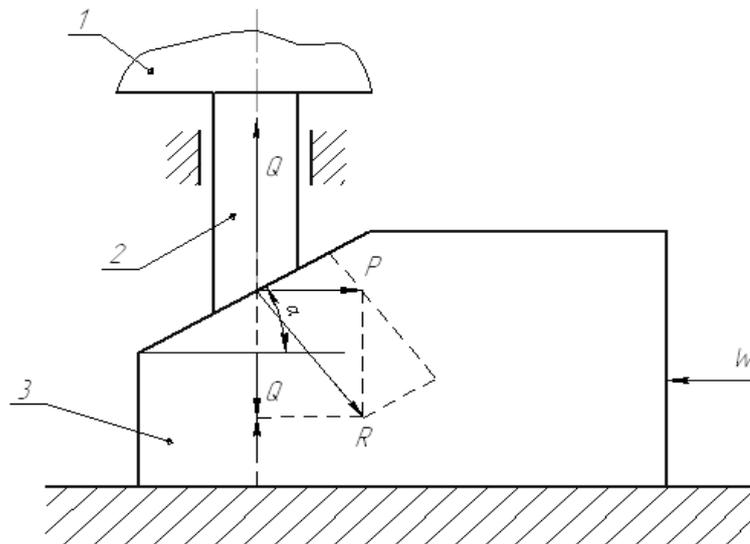


$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= \frac{T}{N} \\ T &= N \operatorname{tg} \varphi \\ T &= N f \\ N &= \frac{T}{f} \end{aligned}$$

Клин изготавливают из стали 40X, Ra 0,8

### Рассчитываем силу зажима клиноплунжерного механизма

1. Рассмотрим клиноплунжерный механизм без трения(идеальный)



Для определения силы Q рассмотрим клин в равновесии( т.е отбросим все связи и заменим их реакциями) и определим силу Q.

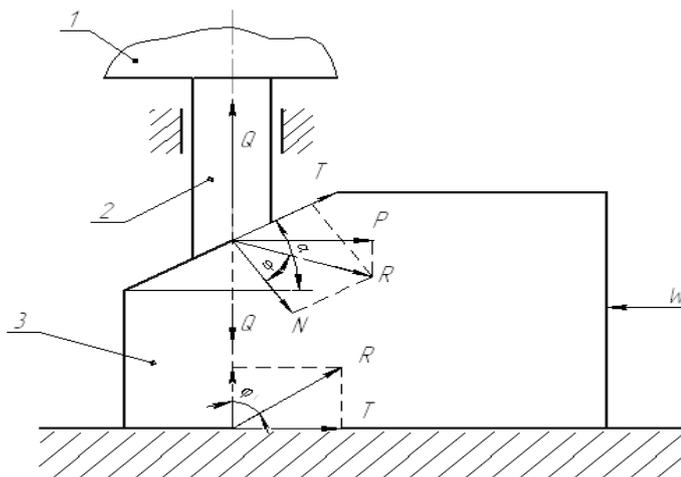
$$P = W$$

$$Q \operatorname{tg} \alpha = W$$

$$Q = \frac{W}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$\alpha \rightarrow 0; Q \rightarrow \infty$$

2. Рассмотрим реальный клин в равновесии (с учетом трения).



Условие равновесия:

$$P + T_1 = W$$

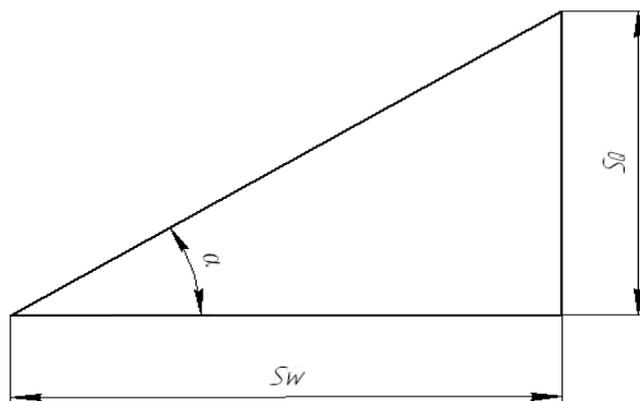
$$T_1 = Qtg\varphi$$

$$P = Qtg(\alpha + \varphi)$$

$$Qtg(\alpha + \varphi) + Qtg\varphi_1 = W$$

$$Q = \frac{W}{tg(\alpha + \varphi) + tg\varphi_1}$$

Уравнение перемещений:

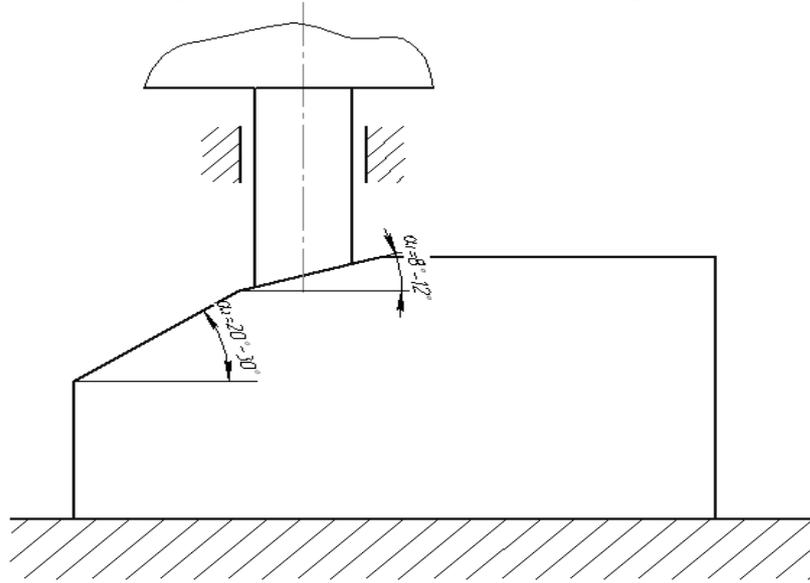


$$S_Q = S_w tg\alpha$$

Клин как усилитель увеличивает нагрузку в 2-3 раза

$$Q = (2 \div 3)W$$

## Эксцентрикые зажимные устройства.



Эксцентрикые ЗУ используется обычно в мелкосерийном и единичном производстве.

*Преимущества:* по сравнению с клиновыми большие силы зажима, простая конструкция.

*Недостатки:* не обеспечивается самоторможение, малый рабочий ход, переменные силы зажима, плохо поддаются автоматизации.

Чаще распространены крупные эксцентрики

1 – величина эксцентриситета

$\alpha$  – угол подъема эксцентрика

1 – круглый эксцентрик

2 – цапфа

3 – заготовка

$D = 30 \div 70$

$e = 1,7 \div 3,5$

$\alpha \leq \varphi_1 + \varphi_2$

$h_{max} = 2e$  (радиальное биение)

Основные параметры круглого эксцентрика: ширина эксцентрика  $B$ ,  $D$ ,  $e$

$B$  – находят из условия смятия эксцентрика.

Рассчитаем силу зажима эксцентрика:

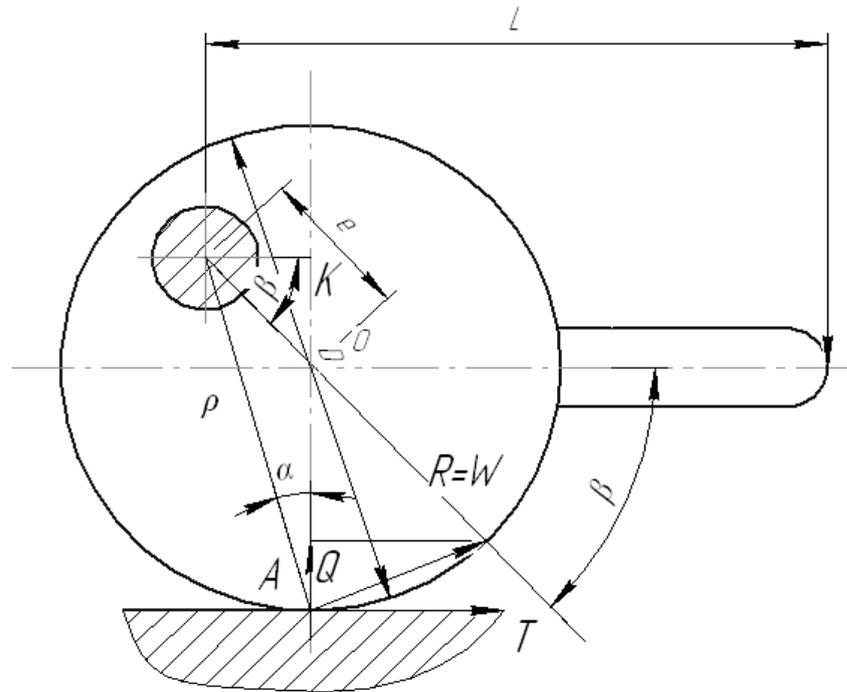
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2e}{D}$$

$\frac{D}{e} \geq 14$  (характеристика эксцентрика) При этом условии всегда

обеспечивается самоторможение.

$$\varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ 43'$$

## Рассчитаем силу зажима эксцентрикового ЗУ



$$\sum M(\text{сил})_0 = 0$$

$$W\rho = Pl$$

$$W = \frac{Pl}{\rho}$$

W- реакция со стороны заготовки.

$$Q = \frac{W}{\frac{Pl}{\rho} [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2]}$$

$$Q = \frac{W\rho}{Pl [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2]}$$

При проектировании эксцентриков  $l=2D$  угол поворота эксцентрика  $\beta=30^\circ-40^\circ$   
 $\alpha_{\text{ср}} 4^\circ \varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ 43'$

Как усилитель эксцентриков ЗУ обеспечивают силу зажима  $Q=(10-12)P$

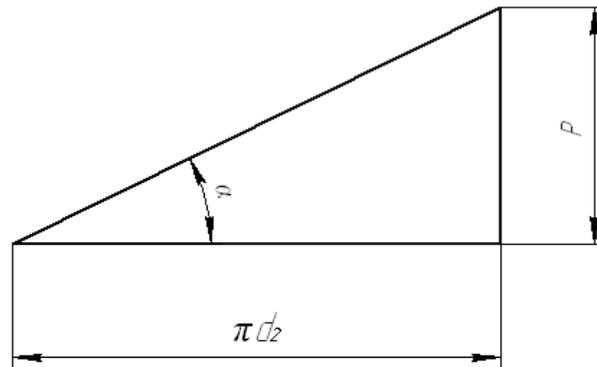
## Винтовые зажимные устройства.

Винтовые ЗУ наиболее распространены во всех типах производства. Они используются также в автоматизированном производстве в приспособлениях спутниках на автоматических линиях. Кроме того часто используются винтовые ЗУ для станков с ЧПУ.

*Преимущества:* большие силы зажима, резьба самотормозящая.

*Недостатки:* непостоянство силы зажима, плохо поддаются автоматизации, портят заготовку в точках контакта.

Условие самоторможения:



$$\alpha \leq \varphi$$

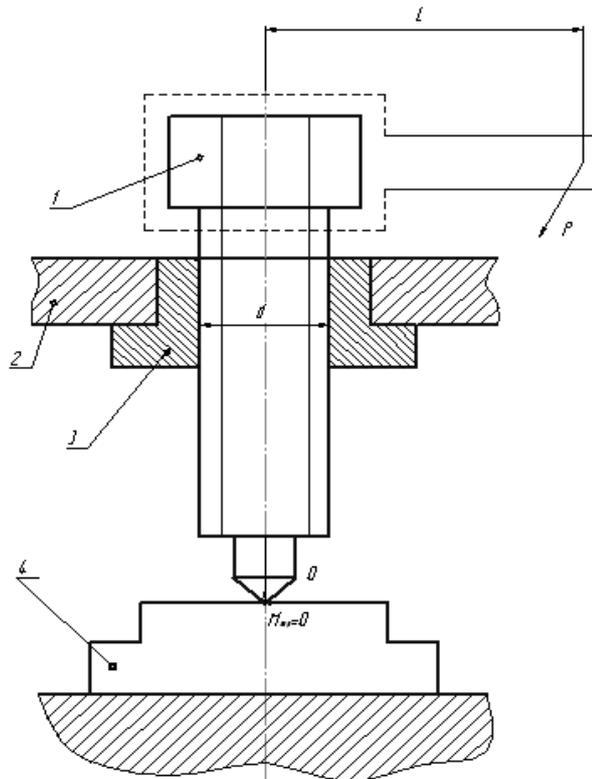
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{\pi d_2}$$

Силы зажима винтовых ЗУ зависят от размеров резьбы и моментов трения плиты или винта с заготовкой.

Рассчитаем силу зажима винтом.

Винтовые ЗУ работают по 2-м схемам:

- 1) Зажим винтом при неподвижной гайке
- 2) Зажим гайкой при неподвижной шпильке.



- 1- Винт
- 2- Кронштейн
- 3- Резьбовая гайка
- 4- Заготовка

Q- сила зажима

Рассмотрим систему в равновесии после приложения к рукоятки силу P

$$d = c \sqrt{\frac{Q}{\sigma}}$$

$C=1,4$  (постоянный коэффициент)

$Q$ - сила зажима

$\sigma$  – напряжение сжатия или растяжения

$$M_p = M_{\text{зат.резьбы}} + M_{\text{тр}}$$

$$M_{\text{тр}} = 0$$

$$L = 12d$$

$$PL = Qr_2 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$$

Находи силу  $Q$

$$Q = \frac{PL}{r_2 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}$$

Как усилитель винтовые ЗУ обеспечивают:

1) При зажиме винтом  $Q_v = 140P$

2) При зажиме гайкой  $Q_r = 65P$

Гайки, винты делают из стали 45,45Х.

В приспособлениях используют резьбы  $d=M6-M48$ (резьбы обычного назначения)

### Цанговые ЗУ.

Цанговые ЗУ применяют для одновременного центрирования и закрепления заготовкой как по наружной так и по внутренней поверхности заготовки.

Цанговые ЗУ работают по 2-м схемам:

1) На принципе толкающего усилия (закрепляется обычно прутковый материал заготовок)

2) На принципе тянущего усилия (закрепляются штучные заготовки)

Число листов цанги зависит от диаметра заготовки

$$d < 30\text{мм}, n=3$$

$$30 < d < 80\text{мм}, n=4$$

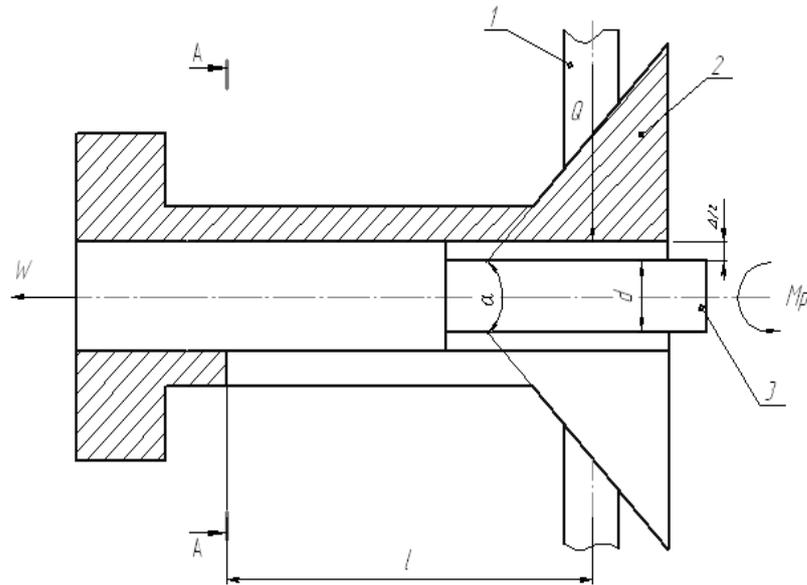
$$d > 80\text{мм}, n=6$$

$$\alpha = 29^\circ - 30^\circ \text{ (угол цанги)}$$

Угол цанги делают на  $1^\circ$  больше или меньше к углу втулки

Для повышения износостойкости цанги подвергают термообработке.

Рассчитаем силу зажима цанговых ЗУ



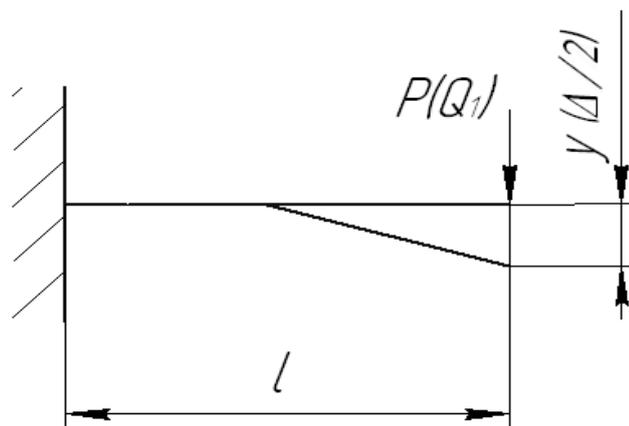
- 1- Стопорная втулка
- 2- Цанга
- 3- Заготовка

Рассчитать какую необходимо приложить к цанге тянущую силу  $W$  которая обеспечивала бы надежное закрепление заготовки 3 силой  $Q$  от действия момента резания  $M_p$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$Q_1$ - сила необходимая для выборки зазора

$Q_2$ - окончательная сила зажима которая создает силу трения в контакте «лепесток - заготовка»



$$y = \frac{Pl^3}{3EJ}$$

$J$ - момент инерции

$$Q_1 = \frac{3EJ\Delta}{l^3 2} n$$

$$Q_2 f \frac{d}{2} n = kM_p$$

$$Q_2 = \frac{2kM_p}{fdn}$$

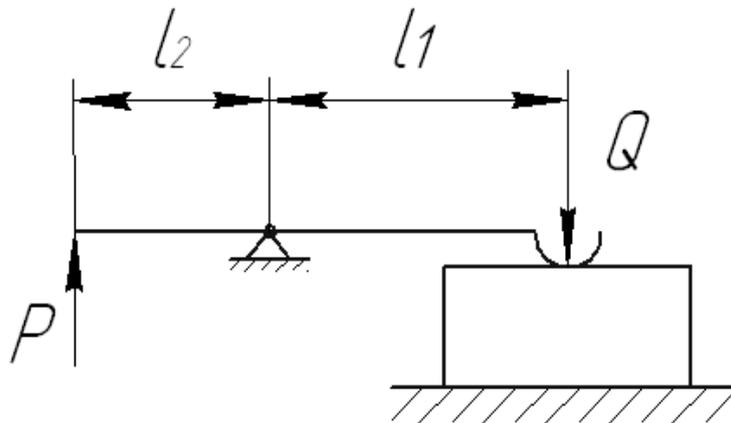
$$Q = \frac{W}{tg(\alpha + \varphi_1) + tg\varphi_2}$$

$\varphi_2 = 0$  т.к трение заготовки с цапфой в осевом направлении отсутствует

### Рычажные зажимные устройства.

Рычажные ЗУ широко распространены в различных типах производства. Рычажные ЗУ используют с целью изменения направления действия сил зажима. Выполняют роль усилителей обеспечивают закрепление заготовки в одной или нескольких точках.

Рассчитаем 2-х точечный рычаг и силы зажима.



$$\sum M = 0$$

$$Ql_1 = Pl_2$$

$$Q = \frac{Pl_2}{l_1} \mu$$

$$\mu = 0,95$$

### Пружинные зажимные устройства.

Пружинные ЗУ обеспечивают закрепление заготовки за счет сил упругости пружин.

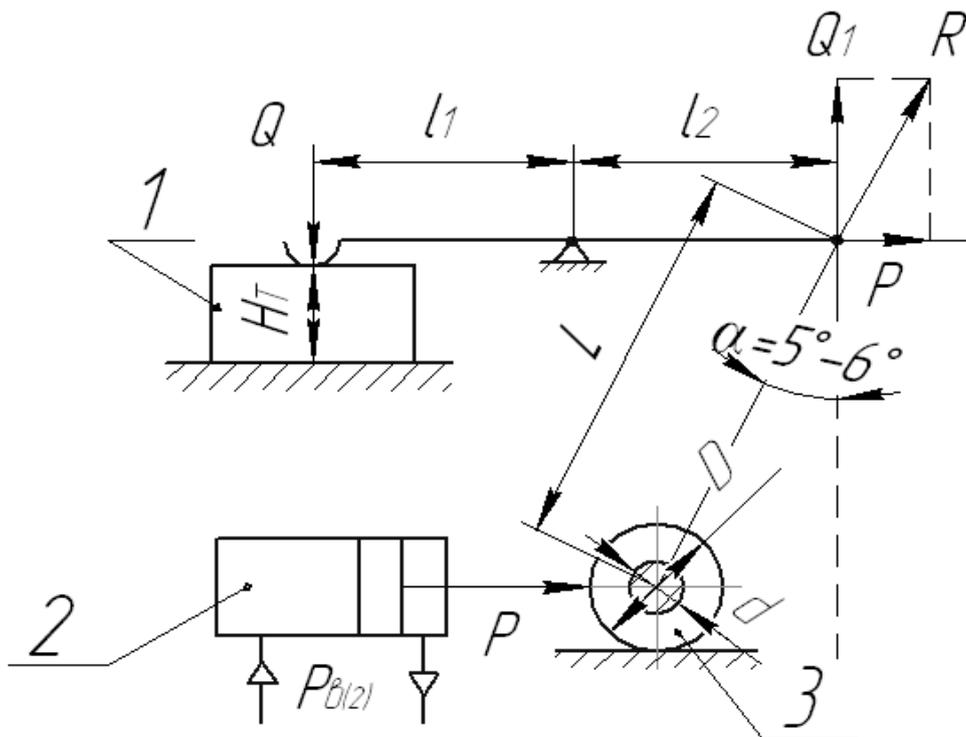
### Шарнирно-рычажные механизмы – усилители.

Данные механизмы обычно используют в механизированном производстве для обеспечения больших сил зажима.

По конструкции шарнирно-рычажные механизмы усилители бывают:

- 1) Одностороннего действия 2-х рычажного типа

2) Двухстороннего действия 2-х рычажного типа

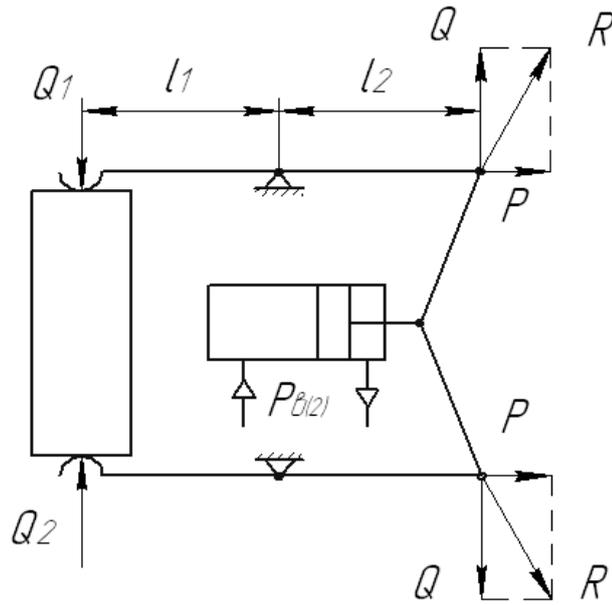


- 1- Заготовка
- 2- Пневмопривод
- 3- Ролик

$$Q = \frac{1}{P \operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi_{\text{пр}}}$$

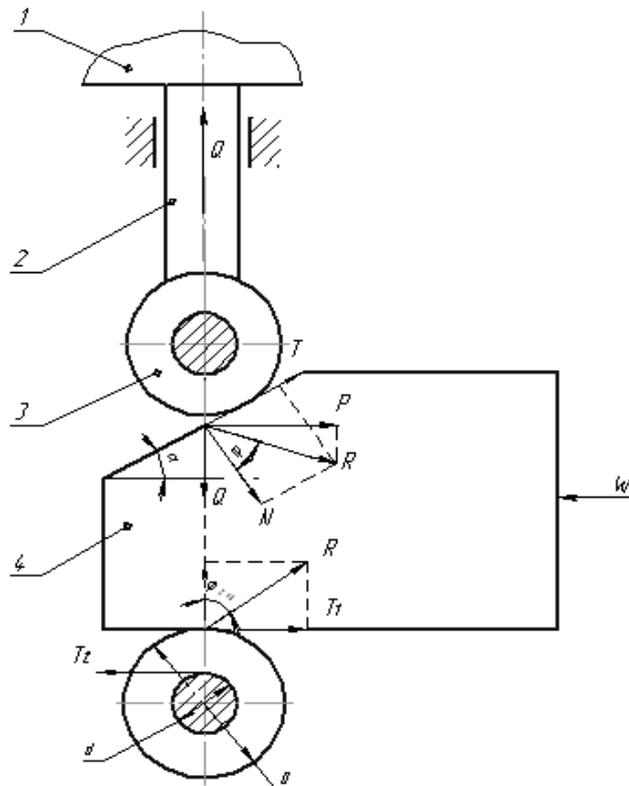
$\beta$ - дополнительный угол к  $\alpha$  который учитывает потери в шарнирах  
 $\varphi_{\text{пр}}$ - приведенный угол трения который учитывает смешанное трение  
 $f$ - коэффициент трения

$$\beta = \arcsin f \frac{d}{D}$$



$$Q = \frac{1}{2P \operatorname{tg}(\alpha + \beta)}$$

### Клино - плунжерные механизмы с роликом.



- 1- Заготовка
  - 2- Плунжер
  - 3- Ролики
  - 4- Клин
- $P + T_1 = W$

$$Q \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + T_1 = W$$

$$Q \operatorname{tg} \varphi_2 = T_1$$

$$Q \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + Q \operatorname{tg} \varphi_2 = W$$

$$Q = \frac{W}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{пр}}) + \operatorname{tg} \varphi_{2\text{пр}}}$$

$\varphi_{1\text{пр}}, \varphi_{2\text{пр}}$  - приведенные углы трения, которые учитывают смешанное трение (скольжение + качение)

Для определения  $\varphi_{\text{пр}}$  рассмотрим в равновесии нижний ролик

$$T_1 \frac{D}{2} = T_2 \frac{d}{2}$$

$$D Q \operatorname{tg} \varphi_{2\text{пр}} = Q \operatorname{tg} \varphi d$$

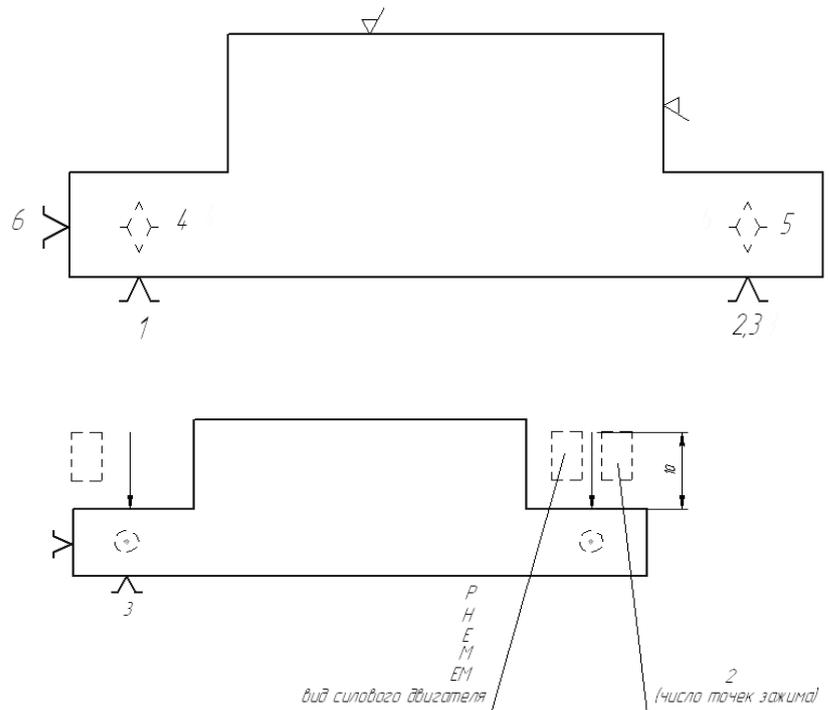
$$\varphi_{2\text{пр}} = \frac{d}{D} \operatorname{tg} \varphi$$

$$\frac{d}{D} = 0.5$$

Применение данных механизмов целесообразно в спокойных условиях резания (без вибраций), но за счет того что приведенный угол в 2 раза меньше угла трения сила  $Q$  увеличивается на 40-50%

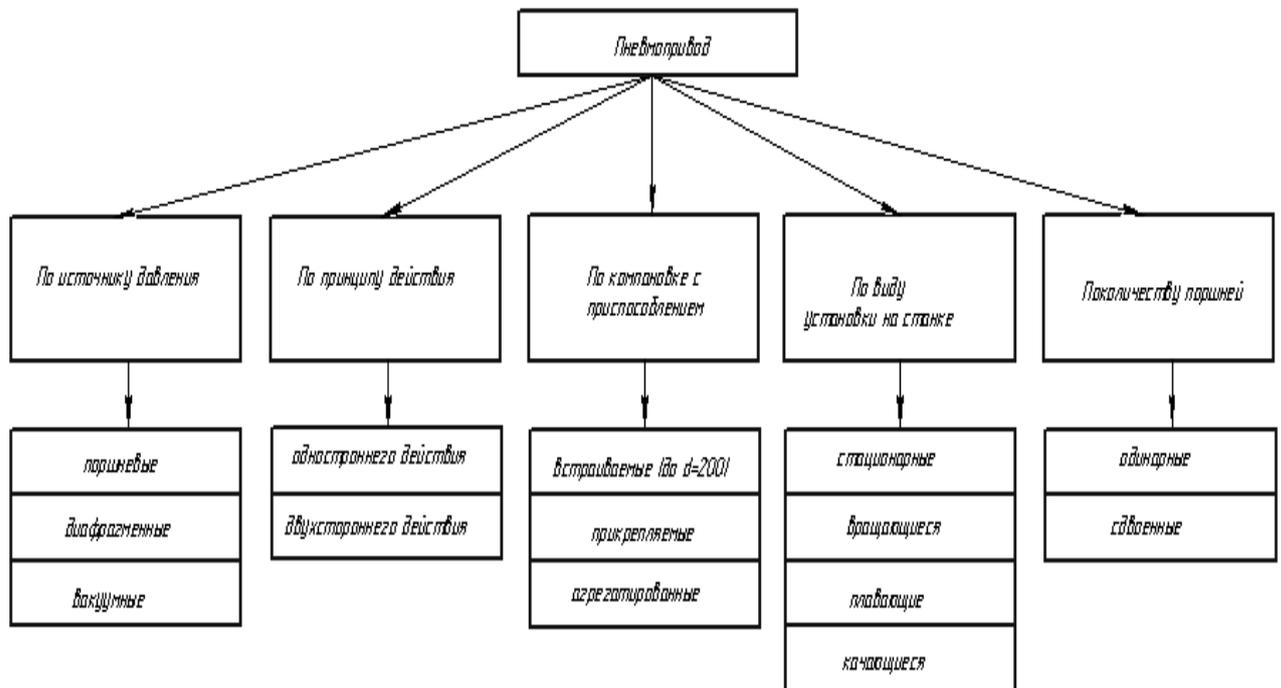
### Условное обозначение на картах эскизов опор зажимных устройств и механизмов.

Обозначения производятся в соответствии с ГОСТ 31107-87



## Механизированный привод.

К механизированным приводам относят привода в которых в качестве источников энергии используют энергию сжатого воздуха, масла электрического, магнитного электромагнитного электростатических полей. К механическим приводам относят приводы в которых закрепление заготовки осуществляется движущими частями станка.

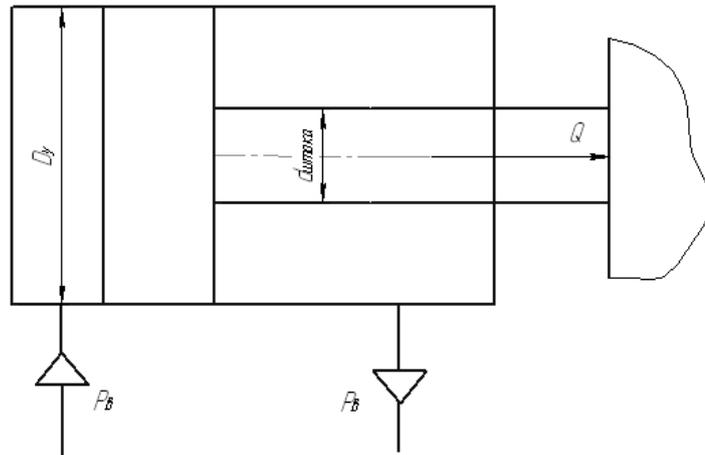


Пневмопривод работает по 2-м схемам:

1. На избыточном давлении (поршневые, диафрагменные)
2. На разрежении (вакуумные)

Пневмопривод одностороннего действия в котором закрепляется заготовка за счет источника давления воздуха, а раскрепляется заготовка за счет пружины.

Пневмопривод двухстороннего действия в котором закрепляется и раскрепляется заготовка за счет давления.

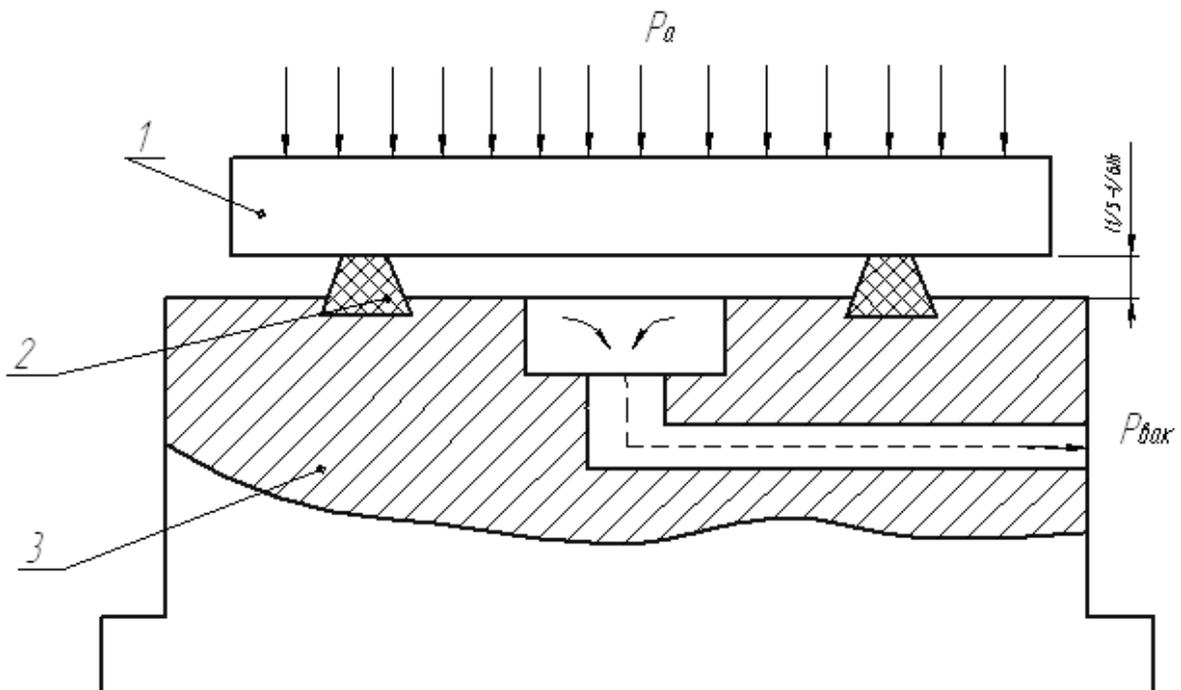


$$Q = P_B \frac{\pi D_y}{4} \mu$$

$$Q = \frac{\pi(D_y^2 + d_{штока}^2)}{4}$$

### Вакуумный привод.

Вакуумный привод в приспособлениях используется на токарных, шлифовальных, полировальных и других станках при обработке нежестких, тонкостенных заготовок



- 1- Заготовка
- 2- Уплотнитель
- 3- Корпус

$$Q = [(p_{атмос} + p_{вак})F_{акт} - q]k_{чер}$$

$F_{\text{акт}}$  - активная площадь по внутреннему периметру уплотнителя 2

$Q$  - усилие сопротивления манжеты

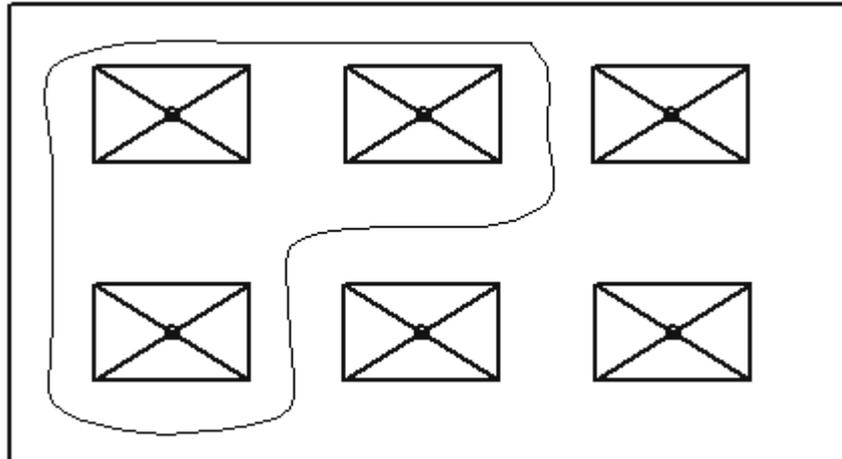
$P_{\text{вак}} = 0,01 - 0,015 \text{ МПа}$

$K_{\text{чер}} = 0,85$

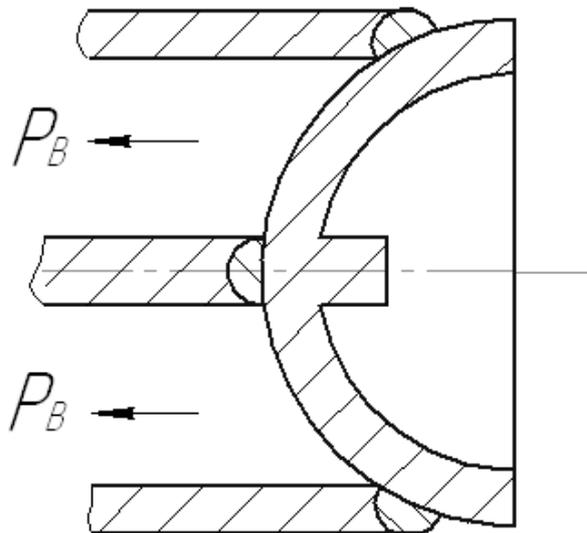
Толщина закрепляемых заготовок достигает 0,025мм

По конструкции приспособления с вакуумным приводом бывают:

1) Универсальные



2) Специальные



Посмотреть книгу Кукалев «Оснастка для закрепления нежестких деталей 1980г»

### Гидропривод приспособлений.

Имеет преимущества пневмоприводов и свои преимущества:

1. Обеспечивает большие силы зажима
2. Компактность
3. Постоянство сил зажима

4. Бесшумность
5. Используются там где есть гидропривод на станке

Недостатки:

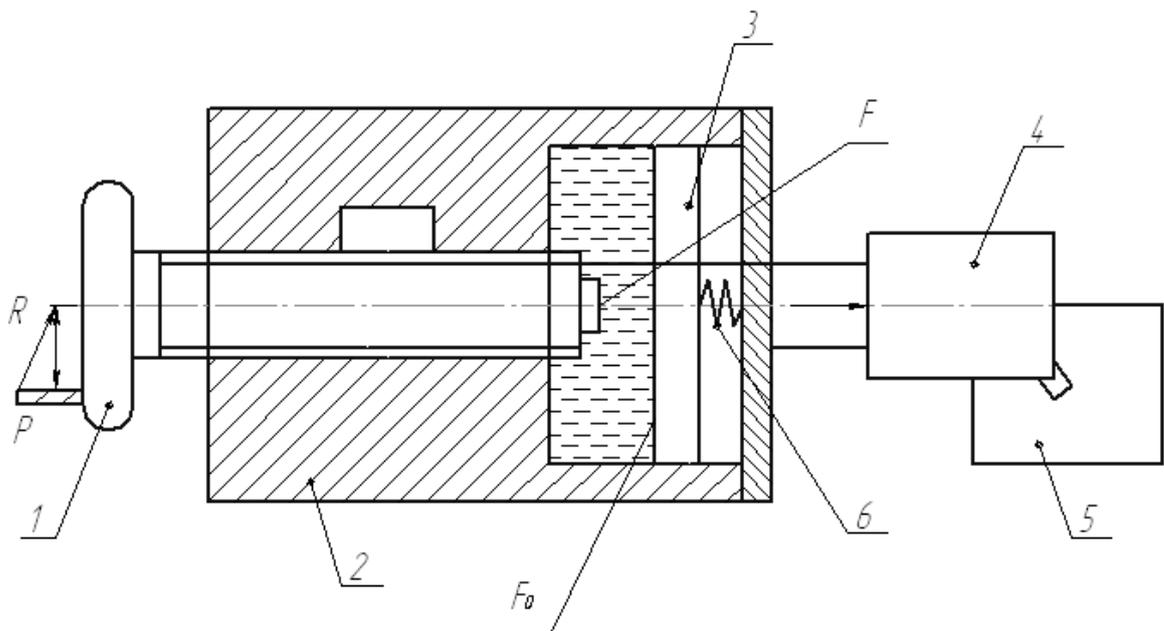
1. Малые скорости передвижения
2. Чувствительность к температуре
3. Возможны утечки
4. Требуется дорогостоящая контрольная аппаратура

По источнику давления гидропривод делят на 3 вида:

1. Гидропривод(электропривод)
2. Пневмопривод
3. Механогидравлический привод

### Механогидравлический привод.

Применяют на карусельно фрезерных станках на фрезерных с поворотным столом где отсутствует отверстие в столе для муфты. Применяются для создания больших сил зажима. Наиболее часто механогидравлические приводы используются в сочетании с винтовым ЗУ в отдельных случаях используются рычажные ЗУ



- 1- Винт
- 2- Корпус
- 3- Поршень со штоком
- 4- Заготовка
- 5- Приспособление
- 6- Пружина (для возврата)

$$Q = \frac{PRF_0}{r_2 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) F} \mu - q$$

Гидропривод приспособлений используется в тех случаях где имеется гидропривод станка.

Гидропривод делят на 3 вида:

- 1) Индивидуальный гидропривод используется для обслуживания одного станка на котором может быть размещено 1,2,3 приспособления с гидроприводом.
- 2) Малогрупповой гидропривод рассчитан на 3-5 станков на которых будут приспособления с гидроприводом
- 3) Групповой гидропривод

### **Компоновка приспособлений с гидроприводом**

Специальные и универсальные приспособления с гидроприводом применяют на тяжелых станках с большими силами зажима. На легких и средних станках применяют в сочетании с самотормозящим клиновыми устройствами. В тех случаях когда нужно компактное приспособление чтобы вписаться в рабочее пространство станка гидропривод применяют независимо от типа производства.

Различают 3 вида компоновок приспособления с гидроприводом:

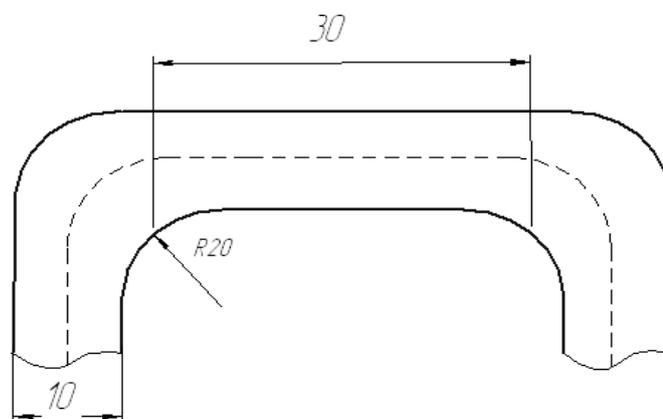
1. Стационарные когда в приспособление встроен гидродвигатель, а питание гидроцилиндра осуществляется от источника расположенного на станке или рядом со станком.
2. Гидродвигатель расположен на приспособлении, а источник давления отдельно от станка.
3. Гидродвигатель комплектуется вместе с зажимным устройством как одно целое и как агрегат встраивается в приспособление.

**Самостоятельно магнитный электромагнитный и электромоторный привод.**

### **Требования по технике безопасности при работе с приспособлением с гидроприводом.**

1. Станки с гидроприводом должны обеспечивать аварийным отклонением станка в случае падения давления в гидроприводе
2. Приспособления с гидроприводом должны испытывать под пробкой давление превышающее рабочее давление (резиновый шланг в металлической оплетке  $P_{исп} \geq 1,25 P_{раб}$ )

При 10-17 МПа  $P_{исп} = 1,5 P_{раб}$



3. Все патрубки должны подводиться с нижней части и не выступать над приспособлением.

### **Последовательность срабатывания 2-х цилиндров одного приспособления.**

Схема используется в тех случаях когда необходимо в начале произвести предварительный подвод к установочной базе, а второй обеспечивает окончательное закрепление.

1. Цилиндры одинаковы(используют дросселирование)
2. Цилиндры разных диаметров (1-ый срабатывает цилиндр меньшего диаметра)
3. Используют 3-х 4-хходовые краны
4. Используют залатниковые автоматические устройства которые автоматически управляют цилиндрами.

### **Электростатические приспособления.**

Применяют в тех случаях когда магнитное приспособление нельзя использовать т.е толщина материала заготовка < 1. При этом материал не обладает ферромагнитными свойствами редкоземельные металлы(медь, бронза).

Принцип работы таких приспособлений основан на работе конденсатора одной из обкладок которой является заготовка.

Расчет удельной силы зажима

$$Q_{уд} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2}$$

$\epsilon_0$  - диэлектрик постоянный

$\epsilon$  – величина диэлектрика

$U$  - напряжение

$\sigma$  - толщина диэлектрика

$E$  – напряженность электрического поля

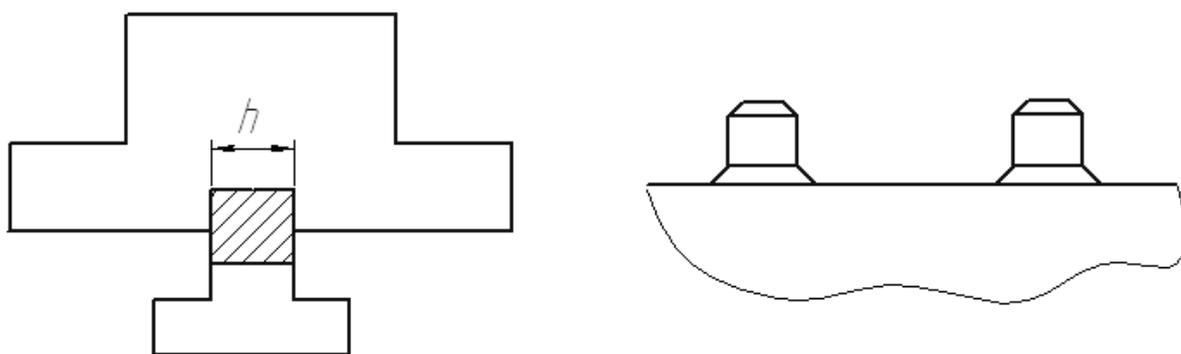
$$E = \frac{U}{\sigma}$$

## Корпусы приспособлений.

Корпус приспособления является деталью который воспринимает как силы резания так и силы зажима. При проектировании к корпусу предъявляют следующие требования:

1. Приспособление должно быть жестким при минимальном весе
2. На приспособлении на его ответственных поверхностях должны быть предусмотрены соответствующие места под базирующие устройства и другие части.
3. Корпус должен иметь места для схода СОЖ, стружки в сторону противоположную от оператора.
4. Приспособление должно иметь в основании для ориентации его на станке шпонки.

Размеры корпусов конструктор определяет сам. Серию корпусов разделяют в зависимости от размера  $T$  – образных пазов в столе станка.



Серии корпусов бывают следующих видов:

$h$	серия
10	легкая
14	средняя
18	тяжелая
22	особо тяжелая

Корпуса изготавливают литыми из чугуна СЧ15, для корпусов приспособлений агрегатных станков из чугуна СЧ20. Корпус изготавливают из Ст3 получаемых сваркой. Метод получения корпуса зависит от точности

выдерживаемых размеров обрабатываемых на данном приспособлении, поэтому получают литьем, сваркой ковкой, сборкой, склеиванием.

*Направляющие и координирующие части приспособления*

К данным частям относят приспособления относят кондукторные втулки и направляющие втулки, установы, копирные и делительные устройства.

Кондукторные втулки служат для повышения жесткости инструмента (сверла, зенкеры, развертки) при обработке отверстий в заготовке. Кондукторные втулки повышают точность направления инструмента и по сравнению с обработкой по разметке увеличивает точность межцентрового расстояния отверстий в заготовке на 50 и более %. Кондукторные втулки распространяются в плитах называемых кондукторными.

Направляющие втулки это те же втулки кондукторные втулки но используются для обработки больших диаметров заготовок на расточных станках.

По конструкции кондукторные втулки бывают:

1. неподвижные
2. вращающиеся
3. специальные

В свою очередь неподвижные кондукторные втулки подразделяют

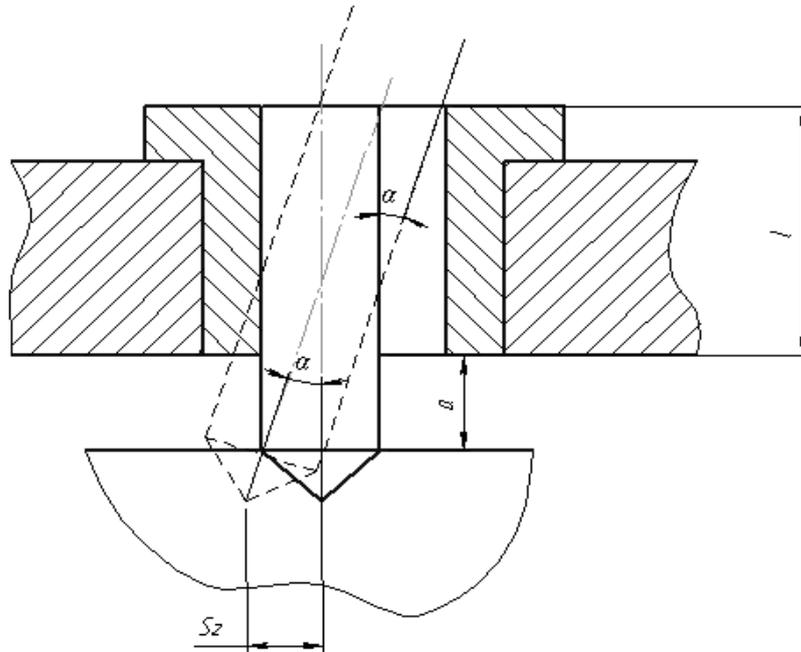
1. постоянные
2. сменные
3. быстросменные

Постоянные используются в единичном и мелкосерийном производстве при обработке неотчетственных отверстий; сменные на агрегатных станках; быстросменные используют в ? станках где на одном станке осуществить обработку отверстий по нескольким переходам.

Втулки вращающиеся применяют для обработки отверстий на расточных станках большого диаметра для уменьшения износа борштанг. Они представляют собой подшипник скольжения, когда зона большая между отверстиями используют подшипник качения.

Точность обработки зависит от расположения нижнего торца кондукторной втулки до заготовки межцентрового расстояния.

Рассчитаем точность отверстия при сверлении по кондукторной втулке:



1–штулка

2- плита

3-заготовка

$$S = S_1 + S_2$$

$$\Delta ABC: \operatorname{tg} \alpha = \frac{2S_2}{l} \quad (2)$$

$$S_2 = a \operatorname{tg} \alpha \quad (3)$$

С учетом (2) и (3) получим:

$$S = S_1 + a \frac{2S_1}{l} = S_1 \left( 1 + \frac{2a}{l} \right)$$

$$a = 0,5d_{\text{сверла}} a_{\text{зенкера}} = 0,5d_{\text{сверла}}$$

$$a_{\text{стали}} = d_{\text{сверла}}$$

$$a_{\text{зенкера}} = 0,3d_{\text{инстр}}$$

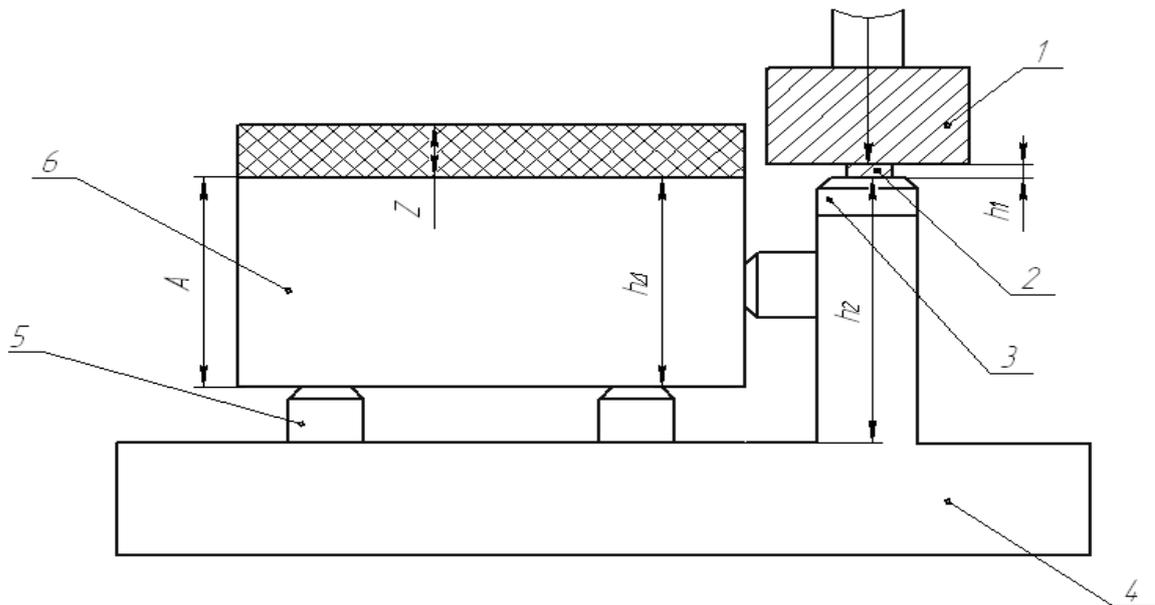
9ХС;У7А для диаметров до 25мм

20Х;209 (с цементацией и закалкой) для диаметров больше 25мм

**Посмотреть Ансерава «Конструкции кондукторных плит, скальчатых кондукторов»**

## Установы.

Применяют чаще фрезерных, продольно фрезерных, строгальных, иногда на токарных станках. Установы служат для взаимного координирования РИ относительно установочных элементов приспособления. Перед началом обработки они служат для настройки на размер.



- 1 – инструмент
- 2 – щуп
- 3 – высотный установ
- 4 – корпус
- 5 – опорная пластина
- 6 – заготовка

Конструкция установов зависит от количества выдерживаемых размеров и их взаимного расположения. По конструкции бывают:

- 1) высотные (настраивается 1 размер)
- 2) угловые( настраиваются 2 размера по высоте и торцу)
- 3) призматические
- 4) специальные

$$h_{\Delta} = h_1 + h_2$$

$$T_{h\Delta} = T_{h1} + T_{h2} + \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{j_i}$$

Кроме плоских щупов используют цилиндрические диаметром 3,5 У7А,У8. Для настройки на размер  $h_1$  в случае когда пластины износились конструктор назначает  $h_2$ .

### **Методика проектирования специальных приспособлений.**

Техническое задание на проектирование приспособления конструктору выдает технолог после полного проектирования ТП изготовления деталей техническое задание заполняется по ГОСТ 15.001-81.Пример заполнения ТЗ смотри Худобин Гурьянихин «Расчет проектирования специальных приспособлений».

### **Расчет проектирования специальных приспособлений.**

В ТЗ приводятся следующие данные:

- входные данные о заготовке и выходные данные о детали
- схема базирования и установки на данной операции
- указывают данные из операционной карты или КТП
- данные о станке

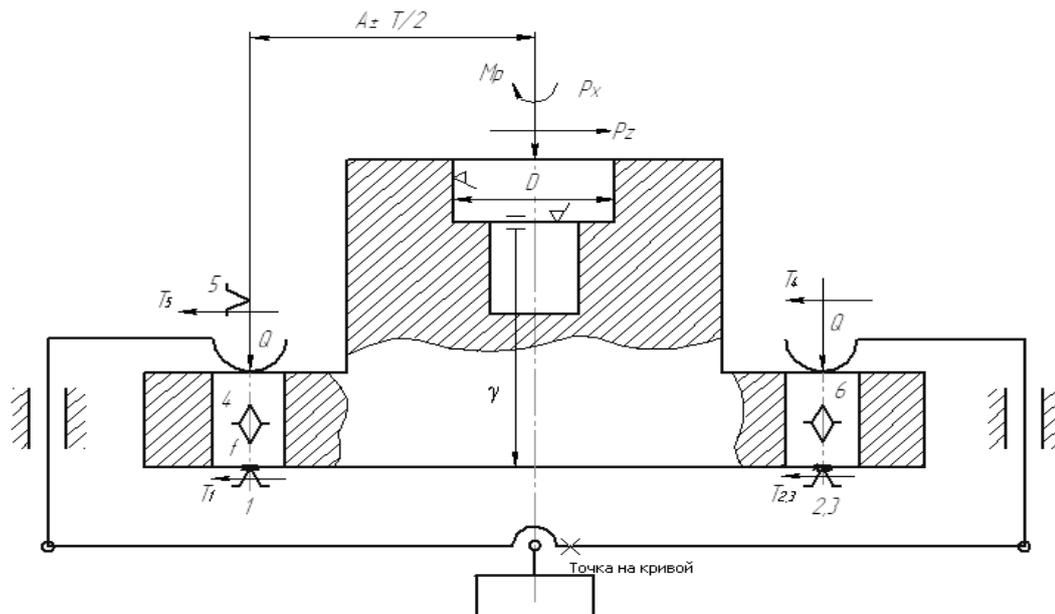
При проектировании приспособлений изучается патентная литература, стандарты предприятия, анализируются конструкции подобных технологических приспособлений.

Проектирование приспособления включает 2 этапа

1. Расчетная часть
2. Конструкторская часть

*Расчетная часть*

Расчетная часть начинается с анализа схемы установки. Расчетная схема вычерчивается в масштабе в 1-ой или 2-х или 3-х проекциях.



Расточная операция

$$M_p = P_z \frac{D}{2}$$

1) Сдвиг

2) Проворот  $\sum M_{t_{pi}} = k \sum M_{pi}$

$$1) \sum_{i=1}^n T_i = k \sum_{i=1}^n P_i$$

$$T_1 = T_2 = T_3 = \frac{P_x + 2Q}{3} f$$

$$T_4 = T_5 = Q f_1$$

$$Q_1 = Q_2$$

Исходя из расчета зажима выбирают тип зажима и силовой привод

$Q = 3000\text{Н} (300\text{кг})$  - пневматика

$$\mu Q = P$$

$$D_y = 69 \text{ — принимают по ГОСТ}$$

$$P = \frac{\pi(D_y^2 - d_{\text{штока}}^2)}{4} \mu P_B$$

$$P_B = 0,4 \text{ МПа}$$

Выполняют кинематический, динамический расчет.

#### *Конструкторская часть*

Конструкторская часть начинается после выполнения расчетной части. На заводе прежде чем выполнять технический проект конструктор выполняет эскизный проект. После анализа по расчетной схеме вычерчивается технический проект. Вычерчивают главный вид в масштабе 1:1. заготовка считается прозрачной – синим карандашом, а все остальное черным цветом. Далее вычерчивают зажимные устройства, направляющие координирующие части. Затем вычерчивают контур приспособления. Делаются виды, разрезы в сечениях, раскрываются принципы работы. После расставляют посадки в соединениях, габаритные размеры, координирующие размеры (расстояние между пальцами, от пальца до кондукторной втулки), параллельность, перпендикулярность базирующих устройств. Технические требования записывают над штампом и должны быть рассчитаны по методике. После этого выполняется патентная частота. Выполняются расчеты на точность записывается техническая характеристика.

### **Точность изготовления станочных приспособлений.**

Любые расчеты точности изготовления деталей основываются на сопоставлении суммарной погрешности обработки  $\omega \leq T(1)$  с с допуском на выдерживаемый размер данной схемы.

$$\omega = f(\omega_y, \omega_c, \omega_d)$$

$$\omega_y = \omega_6 + \omega_3 + \omega_{\text{пр}} \quad (2)$$

$$\omega_{\text{пр}} = \sqrt{\omega_y'^2 + k^2 + \omega_{\text{ТС}}^2} \quad (3)$$

$$\omega_y' = \omega_6 + \omega_3$$

$$\omega_{\text{пр}} = T - \sqrt{\omega_y'^2 + k^2 + \omega_{\text{ТС}}^2} \quad (4)$$

где  $k$  - коэффициент принимается в зависимости от выдерживаемого размера

$$\omega_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n T_i + \varepsilon_{\text{уп}} + \varepsilon_3 + \varepsilon_{\text{п}}$$

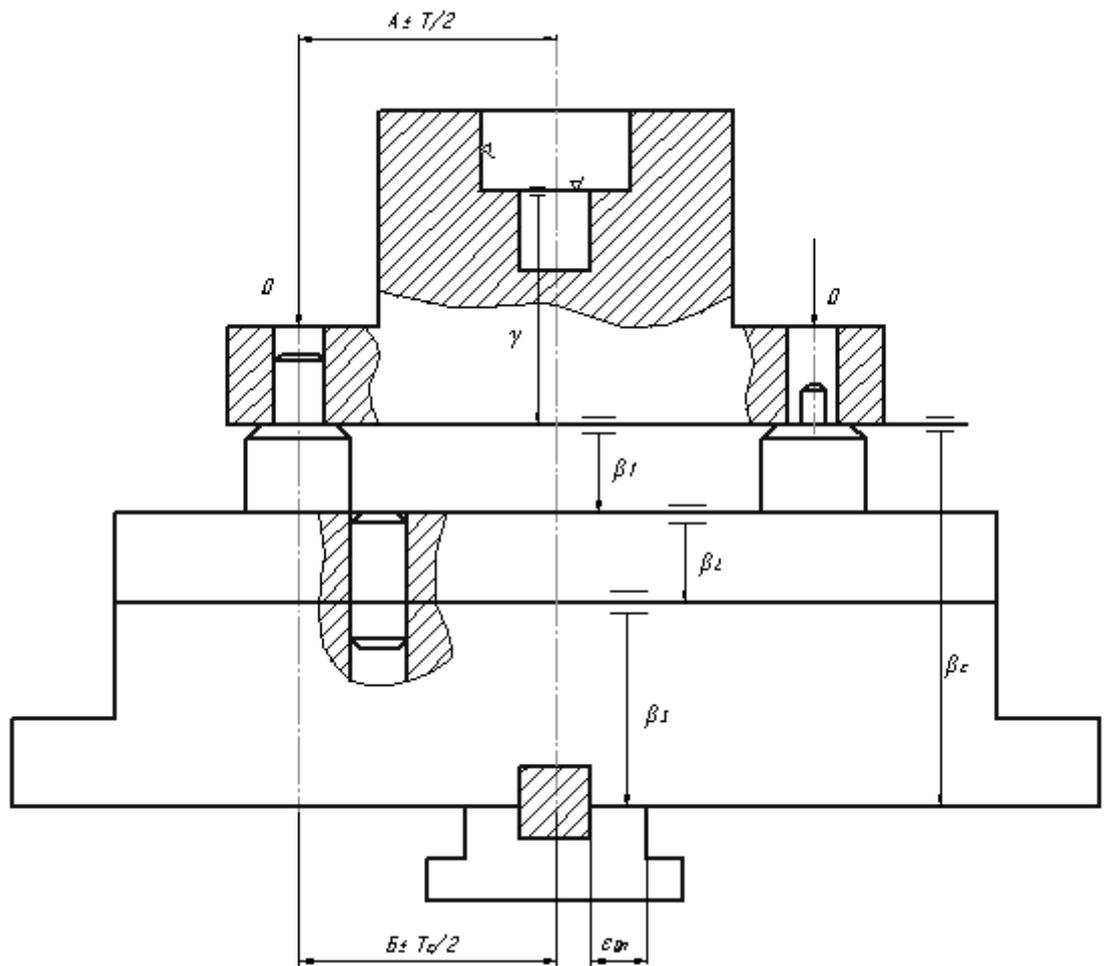
где  $\sum_{i=1}^n T_i$  погрешность деталей изготавливаемых в данном приспособлении в направлении выдерживаемого размера.

$\varepsilon_{\text{уп}}$  - погрешность связанная с установкой приспособления на столе станка или на шпинделе.

$\varepsilon_3$  - погрешность связанная с наличием зазоров между базирующими устройствами и заготовкой

$\varepsilon_{\text{п}}$  - погрешность связанная с перекосом РИ в кондукторных или направляющих втулках, а также связанная с настройкой инструмента по установку.

$$T_c = \sum_{i=1}^n Ti = \omega_{\text{пр}} - (\varepsilon_{\text{уп}} + \varepsilon_3 + \varepsilon_{\text{п}}) \quad (5)$$



$$\omega_6^Y = S_{\text{max}}$$

$$\omega_3^A = 0$$

$$\omega_y = \omega_6 + \omega_3$$

$$\omega_{\text{пр}} = T - \sqrt{\omega_y'^2 + k^2 + \omega_{\text{тс}}^2}$$

$$T_c^B = \omega_{\text{пр}} - (\varepsilon_{\text{уп}} + \varepsilon_3 + \varepsilon_{\text{п}})$$

Необходимо рассчитать на приспособлении точность размера при его изготовлении, чтобы обеспечить размер А при обработке заготовки.

$$\omega_6^Y = 0$$

$$\omega_3^Y \neq 0$$

$$\omega_y = \omega_6 + \omega_3$$

$$\omega_{\text{пр}}^Y = T^Y - \sqrt{\omega_y'^2 + k^2 + \omega_{\text{тс}}^2}$$

$$T_c^{\beta c} = \omega_{\text{пр}} - (\varepsilon_{\text{уп}} + \varepsilon_3 + \varepsilon_{\text{п}})$$

**Технико - экономическая эффективность.**

## Целесообразность проектирования специальных приспособлений.

Как правило для одной и той же операции можно спроектировать разные приспособления, но разные по стоимости и производительности.

Сравним новые приспособления с имеющимися но не отвечающими требованиям по точности и производительности.

<i>Статьи затрат</i>	<i>Новые</i>	<i>Старые</i>	
<i>Затраты на 1 деталь</i>	<i>Эн</i>	<i>Эс</i>	<i>Эн &lt; Эс</i>
<i>Стоимость проектирования</i>	<i>Сн</i>	<i>Сс</i>	<i>Сн &gt; Сс</i>

$$З = C_{чс} T_{шт}$$

$C_{чс}$  – часовая тарифная ставка

Условие рентабельности применения является:

$$Э \geq P$$

(1)

Э – экономия

P – затраты (процент накладных расходов)

$$Э: Эс - Эн$$

$$(Эс - Эн) = \frac{P}{100}$$

P: амортизация  $\frac{C_n - C_c}{ni}$

i – срок выпуска продукции (2-3 года)

Расходы по эксплуатации и ремонту(q):

$$\frac{C_n - C_c}{n} \frac{q}{100}$$

$$q = 15 \div 20\%$$

Стоимость проектных работ  $S_n$

$$\frac{S_n}{n}$$

$$Эс - Эн \left( 1 + \frac{P}{100} \right) \geq \frac{C_n - C_c}{n} \left( \frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right) \frac{S_n}{n}$$

### Выбор технологической оснастки.

Выбор технологической оснастки производится в зависимости от организации планово экономических показателей производства:

- 1) Продолжительность выпуска продукции
- 2) Трудоемкость и продолжительность освоения продукции

3) Организационная форма производства на период выпуска продукции ГОСТ 14.305-73 к нему есть приложения в которых приведены формы для расчета стоимости всех систем технологической оснастки кроме специальной технологической оснастки.

При одинаковых условиях для выбора технологической оснастки используют 2 критерия:

1) Коэффициент загрузки технологической оснастки  $K_3 = \frac{T_{шт} \Pi}{F_{до}}$

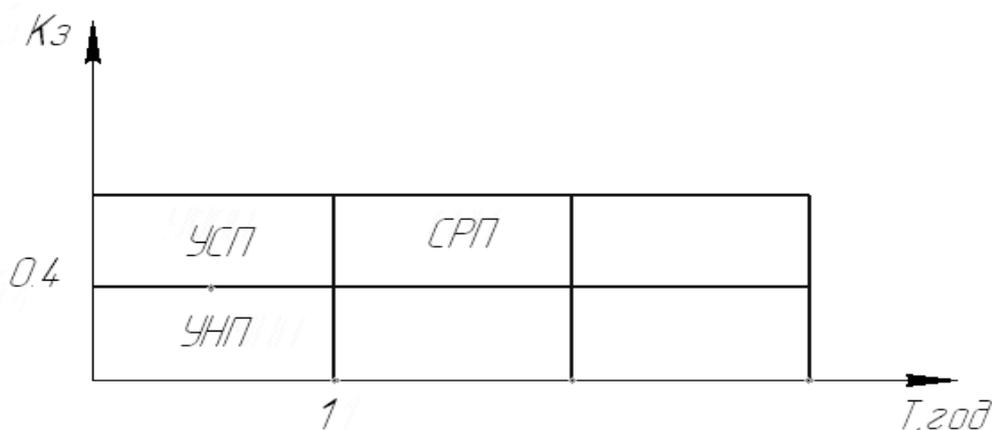
$\Pi$  – программа выпуска

$T_{шт}$  – время на изготовление одной детали

$F_{до}$  – эффективный фонд времени.

2) Стоимость технологической оснастки

Если программа годовая то и фонд годовой если программа годовая программа меняется то и фонд меняется.



## Особенности проектирования приспособлений для станков с ЧПУ.

Приспособления для станков с ЧПУ предназначено для тех же целей, что и для станков с ручным управлением т.е. для установки и закрепления заготовки. Т.к. точность обработки на станках с ЧПУ обеспечивается по управляющей программе, поэтому к приспособлениям при проектировании применяют следующие требования:

- 1) приспособления должны быть жесткими и более высокой точности по сравнению с обычными приспособлениями;
- 2) приспособление должно ориентироваться на столе станка как в продольном, так и в поперечных направлениях стола станка.
- 3) приспособление должно обеспечивать min время на установку и съем их со стола станков, а также подсоединения и отсоединения от пневмо- или гидросистемы питающих эти приспособления.
- 4) заготовки обрабатываемые в приспособлениях на станках с ЧПУ, должны обрабатываться на технологичность.

5) приспособления должны обеспечивать хорошую инструментальную доступность до обрабатываемых поверхностей заготовок. Желательно открывать все обрабатываемые поверхности заготовки для доступа Р И. На станках с ЧПУ применяют упрощенные переналаживаемые приспособления многократного использования. Т.к. обработка на станках с ЧПУ производится по программе, а также автоматическая смена инструмента на станке, в приспособления станков с ЧПУ отсутствуют направляющие и кондукторные втулки(кондукторные плиты).

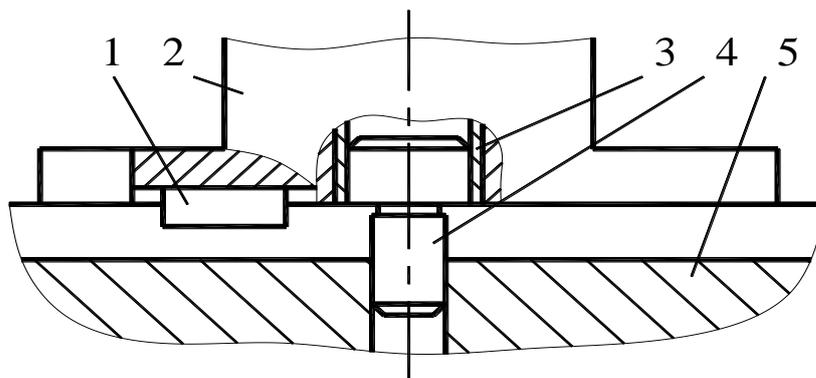
На станках с ЧПУ применяют следующие виды приспособлений

1. Универсальные (УБП, УНП, УСП)
2. Специализированные (СНП)
3. Специальные

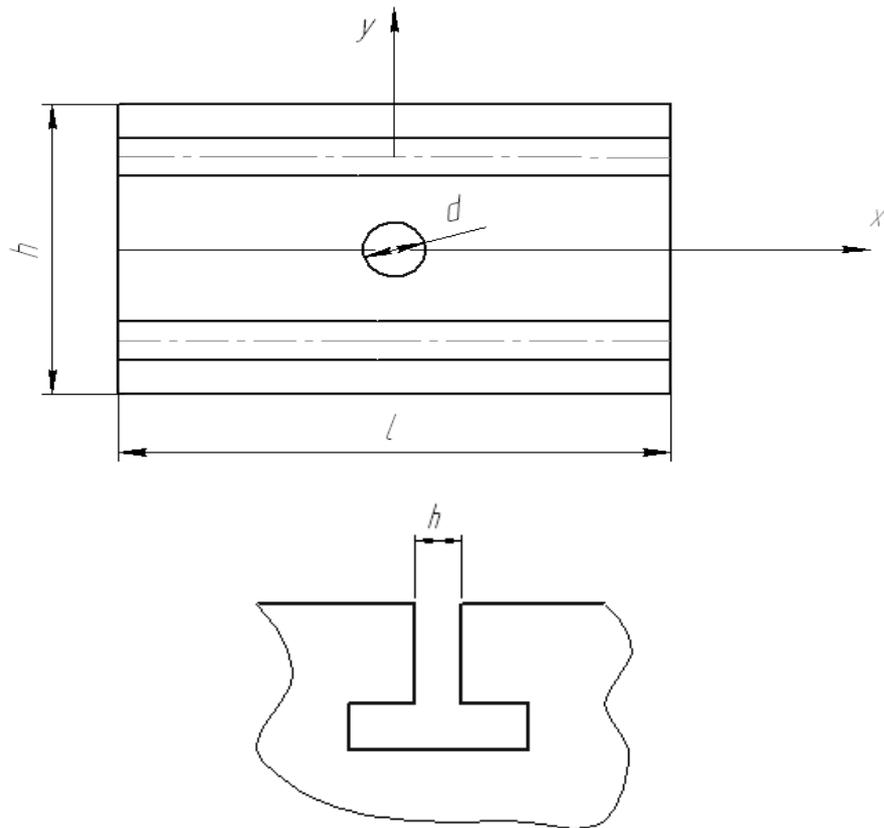
Специальные приспособления применяют только в случаях, когда невозможно использовать универсальную оснастку, а также в случаях, если машинное время мало (3...5мин.) для повышения производительности проектируют специальные многоместные приспособления.

Большое значение при проектировании приспособлений для станков с ЧПУ имеет правильная ориентация на столах станков. В зависимости от конструкции столов станков с ЧПУ в практике находят следующие способы ориентации приспособлений на станках с ЧПУ:

1)

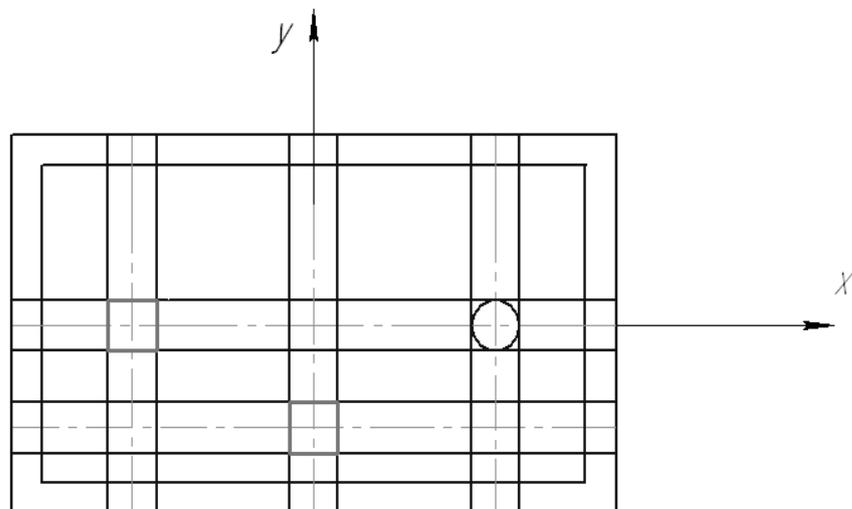


1. приспособление
2. шпонка
3. программный палец
4. стол станка
5. направляющая втулка под палец

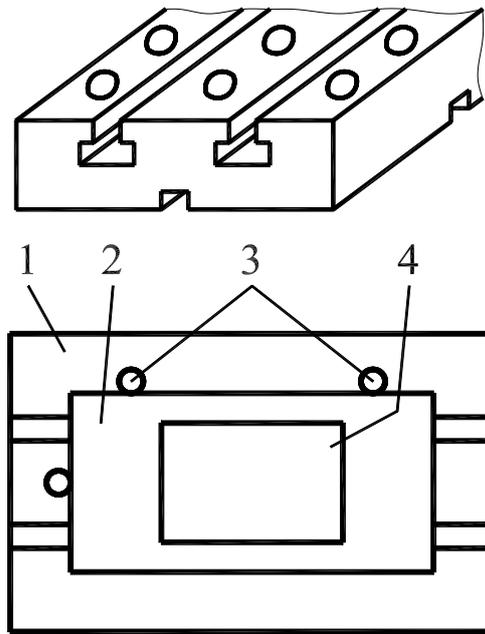


Приспособления на данных станках ориентируют т.е выводят в исходную точку на приспособлении с помощью лимбов продольной и поперечной подачи станка линеек или датчиков положения.

- 2) Стол имеет продольные и поперечные пазы. В этом случае в основании нужно поставить 2 шпонки в поперечном и продольном направлении.

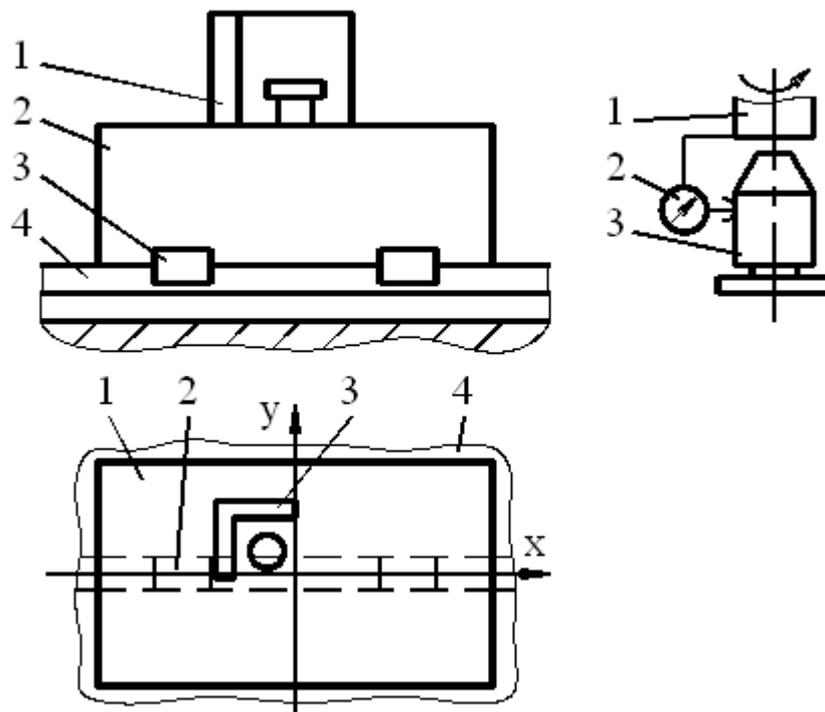


- 3) Ориентация приспособления с помощью координатных плит.



Приспособление устанавливают на координатную плиту. После установки приспособления или детали без приспособления после этого эта плита транспортным средством устанавливается на стол станка по 2 штырям или шпонкам в продольном или поперечном направлении с помощью лимбов, линеек или датчиков приспособление выводится в исходную точку.

4) Стол имеет продольные пазы



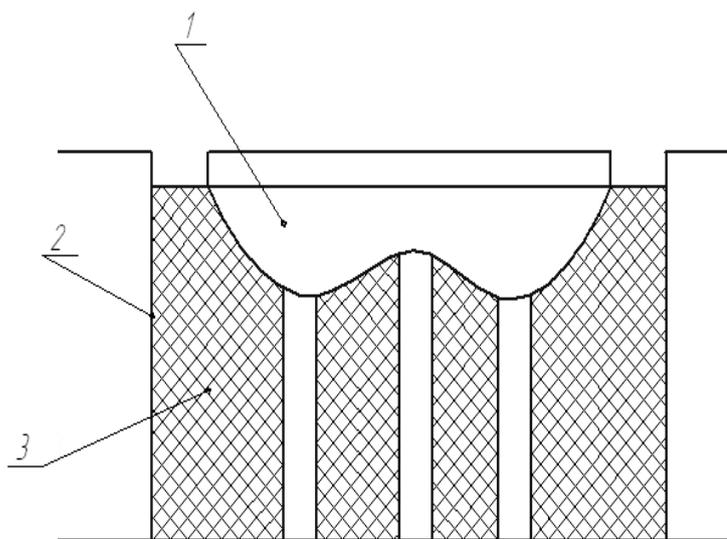
В шпиндель станка вместо РИ устанавливают контрольную оправку. С помощью лимбов, линейки или датчиков положения выводят ось контрольной оправки в исходную точку с помощью установа и щупов.

В случае использования плиты СРП установка приспособления в нужную точку производится с помощью центроискателя оправка с индикатором

устанавливается в шпиндель станка вместо РИ, а в плите СРП устанавливают палец. Далее с помощью маховиков продольной и поперечной подачи центроискателем вокруг пальца устанавливают нулевое совпадение пальца и центроискателя.

## Ложементы.

Ложементы относят к специальным упрощенным приспособлениям на станках с ЧПУ. Они применяются как правило на 1-ой операции с базированием по необработанным поверхностям. Применяются на многоцелевых станках с применением точности по 6-7 качеству. Ложементы изготавливают по заготовке.



- 1- Приспособление
- 2- Корпус
- 3- Эпоксидный компаунд

*Расчет сил зажима приспособлений.*

Для станков с ЧПУ проводится по той же методике что и для обычных приспособлений но при этом выбирается самый нагруженный переход где действуют большие силы резания.

Методика расчета точности изготовления приспособления для станков с ЧПУ также используется как и для обычных специальных приспособлений но для расчета точности изготовления приспособления применяют наиболее точные параметры выдерживаемые при обработке заготовок данным приспособлением.

## **Особенности проектирования приспособлений для групповой обработки.**

Приспособления для групповой обработки служат для обработки группы деталей в одном приспособлении. Возможность обработки группы деталей в одном приспособлении обеспечивается за счет регулировки установочных элементов, установки сменных наладок, или тех и других совместно. Технологическая оснастка одной группы приспособления может заменить собой несколько специальных приспособлений.

### Требования к групповым приспособлениям:

- 1) Приспособления должны обеспечивать max количество устанавливаемых деталей в приспособлении.
- 2) Приспособления должны быть точными, жесткими. Достигается точностью установки наладок.
- 3) Приспособления должны быть быстродействующими. Достигается max механизацией зажима.
- 4) Приспособления должны компоноваться max из стандартных деталей и узлов. Корпус приспособления должен служить значительный срок до полного износа.

### Групповые приспособления (Г П) подразделяются на 2 вида:

1. ГПН-групповые приспособления со сменными наладками, обеспечивают установку группы деталей разные по форм. и размерам сменных наладок или их регулировки.

2. ГПП-групповые приспособления с постоянными наладками. В них обрабатывается различные по форме и размерам детали.

Специальные приспособления для групповой обработки отсутствуют, и используются приспособления из тех же систем технологической оснастки (УБП; УНП; СНП)

При разработке технического задания на проектирование группового приспособления должны указывать: схему базирования обрабатываемой заготовки (и крепежа); диапазон регулирования установочных элементов, а также диапазон регулирования ЗУ.

Методика расчета сил зажима и точности изготовления приспособления производится как и для специальных приспособлений. Однако, при расчете сил зажима расчет ведут по самому нагруженному переходу. А расчет точности ведут по наибольшей точности детали, обрабатываемой в данном приспособлении.

## **Особенности проектирования приспособлений для агрегатных станков.**

Данные приспособления служат для тех же целей что и обычные приспособления т.е. для установки и закрепления заготовок.

Проектирование приспособлений для агрегатных станков связано с их компоновкой. Приспособления могут быть как автономными узлами агрегатного станка, так и неотъемлемой частью стола агрегатного станка (т. е. корпуса приспособлений отливаются вместе со столом станка)

Требования предъявляемые к приспособлению при их проектировании.

- 1) т. к. приспособление агрегатных станков работают в специальных условиях (многоинструментальная обработка), приспособления должны быть жесткими и высокой точности, а также виброустойчивыми (корпус  $\geq$  СЧ20)
- 2) приспособления должны быть быстродействующими, так механизированы или автоматизированы для закрепления заготовок.
- 3) приспособления должны иметь надежную защиту трущихся элементов приспособлений, хороший отвод стружки и СОЖ
- 4) приспособления должны иметь доступ для смены изношенных частей приспособлений при ремонте и эксплуатации.

При выборе и компоновке конструкции приспособления необходимо также учитывать:

- 1) возможность загрузки-разгрузки заготовок
- 2) рабочее пространство
- 3) материал обрабатываемой заготовки (режим резания,..)

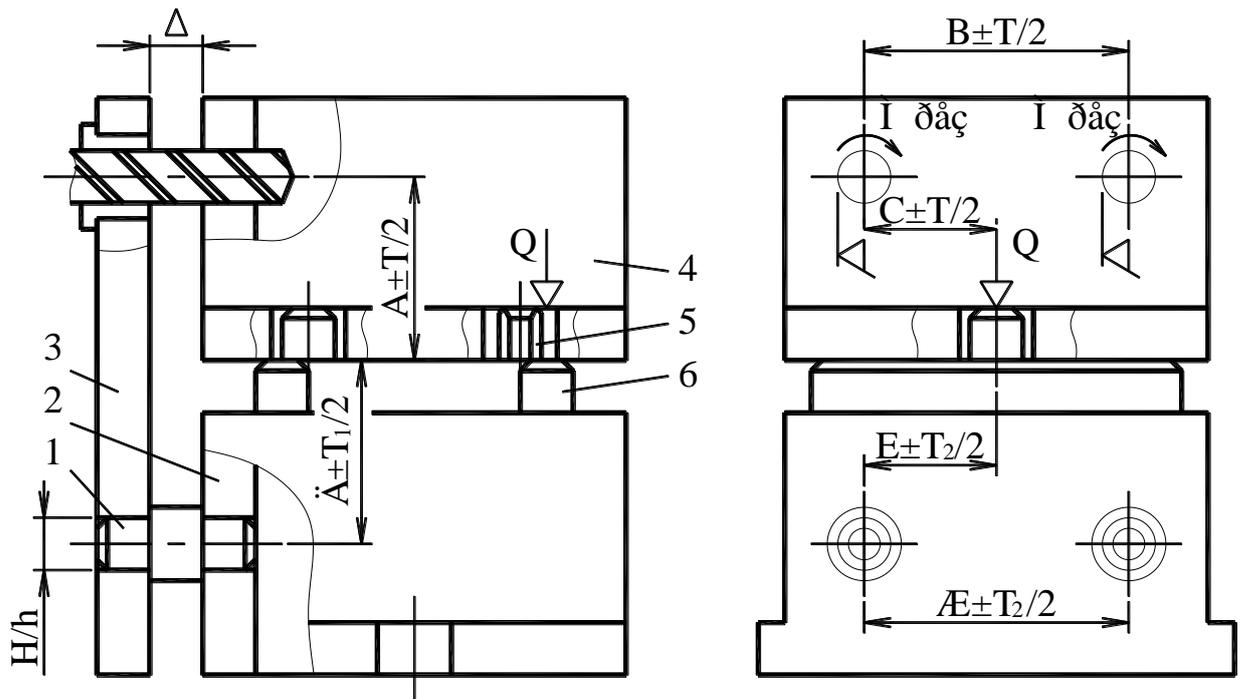
При обработке крупногабаритных деталей, как правило используется пневмопривод, а также для мелких деталей на пониженных станках (агрегатах). На средних и других станках используется гидропривод или электромеханический привод ('эл.-ключ') → на агрегатных станках барабанного типа с горизонтальной осью вращения барабана, в отдельных случаях в сочетании с рычажными усилителями.

В зависимости от компоновки агрегатных станков приспособлений разделяются на 3 вида:

1. Стационарные (неподвижные.)
2. На делительном станке
3. На барабане

Методика расчета сил зажима на агрегатных станках остается той же что и для обычных станков но принимается в расчет наиболее нагруженная позиция обработки агрегатного станка (где большие силы резания).

## Точность изготовления приспособлений агрегатных станков.



- 1-направляющие пальцы для кондукторной плиты 2
- 2-кондукторная плита
- 3-корпус приспособления
- 4-заготовка
- 5-срезанный палец установки
- 6-пластины опорные

Для обеспечения при обработке размера А необходимо выдержать размер Б.

$$\omega_6^A = 0$$

$$\omega_3^A \neq 0$$

$$\omega_y^A = \omega_6 + \omega_3$$

$$\omega_{пр} = T^A - \sqrt{\omega_y'^2 + k^2 + \omega_{тс}^2}$$

$$T_c^B = \omega_{пр} \cdot (\varepsilon_{уп} + \varepsilon_3 + \varepsilon_{п})$$

Размер Б определяется точностью расположения кондукторных втулок в плите. Для точности размера С необходимо выдержать размеры Г, Д.

$$\omega_6^C = S_{max}$$

$$\omega_3^C = 0$$

$$\omega_y^C = \omega_6 + \omega_3$$

$$\omega_{пр} = T^C - \sqrt{\omega_y'^2 + k^2 + \omega_{тс}^2}$$

$$T_c^D = \omega_{пр} \cdot (\varepsilon_{уп} + \varepsilon_3 + \varepsilon_{п})$$

## Особенности проектирования приспособлений для автоматических линий (АЛ).

Приспособление для автоматической линии проектируют после разработки полного ТП изготовления детали на АЛ причем проектирование приспособления осуществляется одновременно с разработкой компоновки АЛ.

К приспособлениям для АЛ предъявляют следующие требования:

- 1) Заготовки должны загружаться в приспособление, простым обычным прямолинейным движением ( или сочетанием двух простых движений)
- 2) Приспособление должно обеспечивать автоматическое базирование заготовок (ориентацию), а также автоматическое закрепление заготовок. В отдельных случаях осуществляется и автоматический контроль положения заготовок в приспособлении.
- 3) Приспособление должно обеспечивать хорошее удаление стружки и СОЖ с установочных элементов приспособления.
- 4) Приспособление должно обеспечивать доступ к установочным элементам приспособлений при их замене, при ремонте, желательно без снятия приспособления со стола станка.

Приспособления АЛ разделяют на 2 вида:

1. Стационарные
2. Приспособления-спутники

Стационарные приспособления применяются в тех случаях, когда заготовка устойчива, не требует особой ориентации и транспортируется вдоль линии станков по транспортеру, с которой она берется захватами и устанавливается в станок.

Приспособление-спутник по конструкции бывают 2 видов:

1. В котором на позиции загрузки-выгрузки заготовок устанавливается в приспособление-спутник и в незакрепленном виде вместе со спутником движется по позициям (станциям) АЛ. По приходу на позицию АЛ, снизу выдвигаются установочные пальцы, фиксируют приспособление-спутник, и через заготовку гидрозажима закрепляется на позиции.
2. В котором на позиции загрузки-выгрузки оператором (робот) заготовка устанавливается в приспособление и закреплена. Далее приспособление – спутник с закрепленной заготовкой движется по позиции АЛ. Придя на позицию спутник в нижней части фиксируется двумя выдвигающимися пальцами и закрепляется гидрозажимами.

Спутники могут быть: а) одноместными и многоместными  
б) однопозиционными и многопозиционными

*Недостатки:*

- 1) Необходимо дополнительное число спутников (на 20-30% больше позиций АЛ)

- 2) Требуется дополнительные площади и транспортеры возврата спутников

*Преимущества:*

- 1) Простота
- 2) Хорошая ориентация заготовки
- 3) Достаточная точность (6-7 квалитет)

Методика расчета сил зажима остается той же что и для обычных приспособлений но выбирается наиболее загруженная позиция обработки. При расчете сил зажима необходимо массу заготовки и спутника.

Методика расчета точности изготовления та же что и для специальных приспособлений. Обычно рассчитывают размеры связывающие базирующие элементы спутника с фиксирующими отверстиями под пальцы для фиксации спутника.

### **Приспособления для гибких технологических систем(ГПС)**

Имеют важное значение т. к. от них во многом зависит снижение вспомогательного времени при обработке заготовки в ГПС.

В единичном и мелкосерийном производстве, где ГПС, в основном применяется быстроналаживаемое обратимые приспособления. В этом типе производства к приспособлению предъявляют следующие требования:

1. Автоматическая переналадка и базирование заготовок. При этом должна обеспечиваться автоматическая точность базирования самого приспособления на МРС.
2. Повышенная надежность приспособления.
3. Должен осуществляться автоматический разжим и зажим прихватов приспособления от устройства ЧПУ станка.
4. Приспособления должны обеспечивать обработку заготовки с четырех-пяти сторон.

5. В случае отключения электра энергии или уменьшения давления в системе привода приспособления должны иметь блокировку зажимных устройств.

В серийном производстве, где используются ГПС, широко применяется быстропереналаживаемые вручную приспособления также из их многократного применения. В этом случае переналадка производится 1...2 раза в смену.

Когда в ГПС используются РТК (робото-технологии) приспособления должны обеспечивать свободный доступ руки робота в зону загрузки и выгрузки заготовки. Время загрузки и выгрузки должно совмещаться с машинным временем за счет введения дополнительных позиций.

Для серийного и крупносерийного производства, где используется ГПС, применяются стационарные приспособления, установленные на столах станков ГПС. Загрузку и выгрузку заготовок производят промышленные роботы.

В мелкосерийном и частично в серийном производстве широкое применение получили спутники. В этом случае приспособление устанавливают на спутник, точно фиксируют и далее в закрепленном положении приспособление с заготовкой транспортируется по ГПС. Загрузка-выгрузка заготовки производится на специальных станках. Спутник в основании имеет базовые размеры и фиксирующие отв. для всех приспособлений, использующих в ГПС. Кроме того, спутник должен иметь постоянные базы для захвата транспортного средства. В последнее время в ГПС стали применять специальные приспособления-спутники, агрегирующие из быстропереналаживаемой технологической оснастки. Базовая плита позволяет закреплять на ней различные приспособления для обработки различных типов деталей.(приспособления модульного типа)

## Контрольные приспособления.

Контрольные приспособления служат для проверки точности выполнения размеров, формы, взаимного расположения поверхностей деталей и узлов машин. В отдельных случаях контролируется и заготовка. Контрольные приспособления применяют для проверки деталей на промежуточных операциях обработки (межоперационный контроль), а также для окончательной приемки готовых деталей (приемочный контроль). Точность контрольных приспособлений зависит от измерительных приборов и их чувствительности, а также от принятого метода контроля (или измерения), от степени совершенства конструкции контрольного приспособления и от точности изготовления его элементов. В контрольных приспособлениях важно установить погрешность измерения.

Дополнительная погрешность:

$$\omega_{\text{доп}} = kT$$

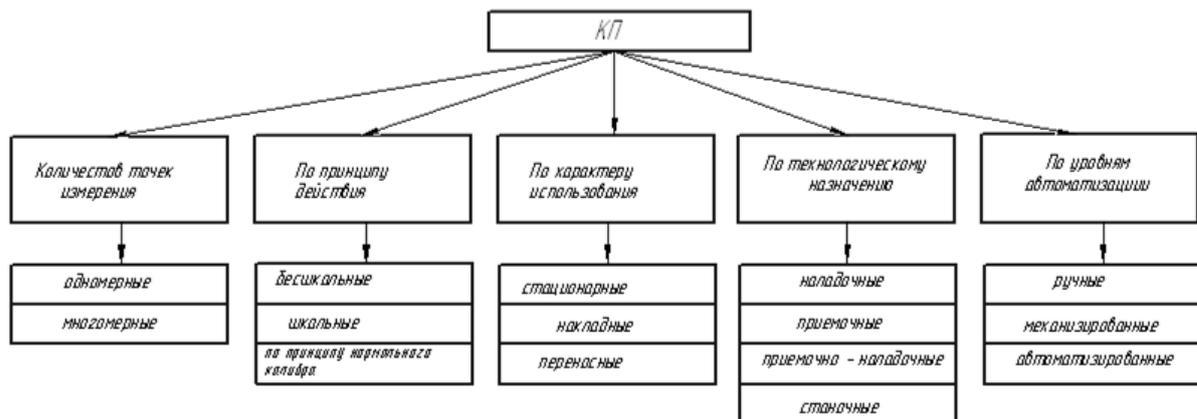
$k$  - коэффициент принимаемый в зависимости от качества точности контрольного параметра или размера

$T$  – допуск на контрольный параметр или размер.

$$k = (0,2 \div 0,35)$$

Производительность контроля зависит от производства. Если производство крупносерийное или массовое, то производительность  $T_k \approx T_T$ , в серийном и мелкосерийном используются универсальные методы.

### Классификация контрольных приспособлений.



По функциональному, целевому назначению они имеют общие элементы и механизмы:

- 1) Базирующие элементы
- 2) Зажимные устройства
- 3) Передаточные устройства
- 4) Измерительные устройства
- 5) Корпус (базисный агрегат, плиты)
- 6) Вспомогательные устройства и механизмы

*Базирующие элементы* служат для установки на них измерительными базами контрольных объектов. От правильного выбора этих баз зависит точность КП. В качестве базирующих элементов в КП используют те же элементы что и для станочных приспособлений: опорные штыри, пластины, центры, оправки, патроны).

При межоперационном контроле ( т.е контроль готовой детали) в качестве измерительных баз в КП принимают поверхности служащие вспомогательными или монтажными базами детали (поверхности которыми деталь присоединяется в узел).

*Зажимные устройства* в КП служат для надежного закрепления контролирующего параметра или размера от сдвигающих сил. Во многих случаях, где измерительные незначительные по сравнению с массой контролируемой детали ЗУ не нужны.

Основные требования к зажимным устройствам – быстродействие. При закреплении заготовки важно чтобы вариация показаний измерительного прибора не превышала 5% от допуска контролируемого объекта.

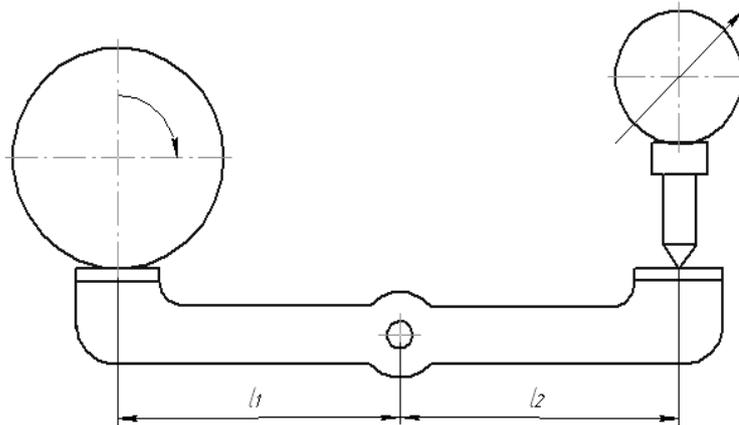
Измерительные устройства КП являются основной и важной частью КП т.к от их точности зависит точность контролируемых объектов. В КП применяют большое многообразие измерительных устройств. Применяют как механические измерительные устройства так и до лазерных измерительных устройств. Измерительные устройства КП бывает 3-х видов:

1) шкальные используют как в межоперационном контроле, а также при статическом исследовании качества выпускаемой продукции

2) бесшкальные измерительные устройства используют обычно при приеме годных деталей для квалитетов 8-11 используют бесшкальные КП с постоянной или выдвижной части калибра.

3) измерительные устройства работающие по принципу нормального калибра. Контроль детали осуществляется по шупу или на просвет.

*Передаточные устройства КП* данные устройства служат для повышения чувствительности измерительных приборов, предотвращающие износ измерительных наконечников, а также для удобства измерений при контроле для оператора, вывод отсчетного измерительного устройства в удобную для оператора зону. Передаточные устройства выполняются в виде рычажных механизмов, используются пластичные пружины, а также прямую подачу от объекта измерения к измерительному устройству.



Вспомогательным устройствам КП к ним относят механизмы и узлы, осуществляющие поворот детали, узлы перемещения контролирующего устройства, выталкиватели и другие вспомогательные устройства для эксплуатации КП.

Корпусы КП делают в виде специальных плит из чугуна СЧ15, ответственные приспособления из чугуна СЧ20, СЧ30.

### Методика расчета точности контрольных приспособлений.

Методика расчета точности КП заключается в определении суммарной погрешности метрологии(измерения) и ее составляющих.

Фактическую погрешность  $\Delta_m$  определяют:

$$\Delta_m = \Delta_{\text{сум}} = \omega_y + \omega_{\text{пу}} + \omega_{\text{эт}} + \omega_{\text{ип}}$$

$\omega_y$  - погрешность установки контрольного объекта КП

$$\omega_y = k \sqrt{\omega_0^2 + \omega_3^2 + \omega_{\text{пр}}^2}$$

$$\omega_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{1\text{пр}}^2 + \varepsilon_{2\text{пр}}^2}$$

$\varepsilon_{1\text{пр}}^2$  - погрешность связанная с неточностью изготовления базирующего устройства КП

$\varepsilon_{2\text{пр}}^2$  - погрешность связывающая расположение направляющих элементов под измерительный прибор относительно базирующего устройства КП.

$\omega_{\text{пу}} = \sqrt{\Delta_{\text{р1}} \dots \Delta_{\text{р5}}}$  - погрешность связанная с неточностью изготовления передаточных устройств

$\omega_{\text{эт}}$  - погрешность эталона. Как правило за эталон принимают концевые меры.

$\omega_{\text{ип}}$  - погрешность измерения прибора (по паспорту)

После определения составляющих суммарных погрешностей определяют дополнительную погрешность измерения

$$[\omega_{\text{изм}}] = (0,2 - 0,35)T \quad (2)$$

Далее сравнивают

$$\omega_{\text{изм}} < [\omega_{\text{изм}}] \quad (3)$$

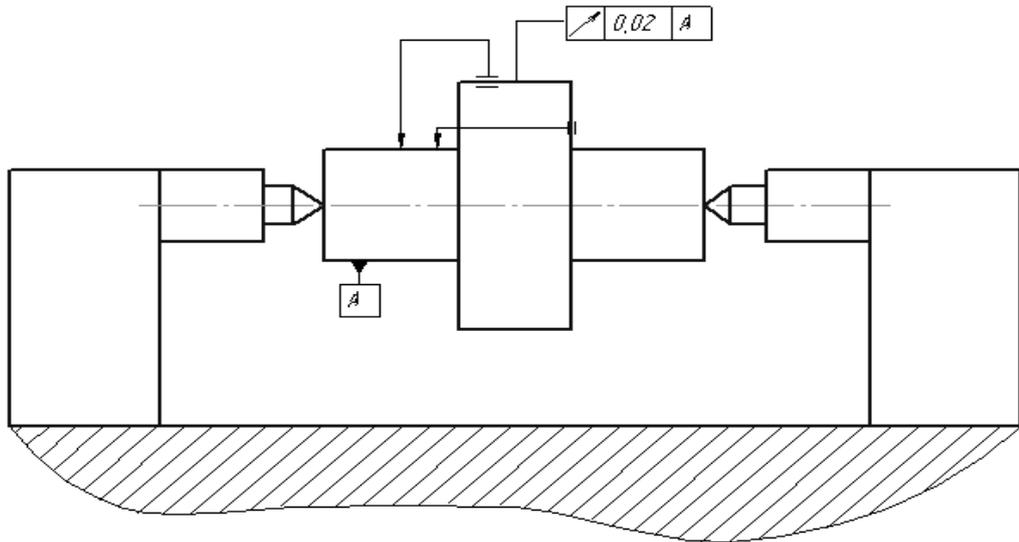
$$\omega_{\text{ип}} = [\omega_{\text{изм}}] - (\omega_y + \omega_{\text{пу}} + \omega_{\text{эт}}) \quad (4)$$

$$\omega_{\text{ип}} = 0,003 \text{ мм} \quad (\omega_{\text{ип}} = 0,002 \text{ мм})$$

Для определения точности установки измерительного прибора

$$T_k = T - \omega_{\text{изм}}$$

Методика контроля точности и проектирования та же что и для станочных приспособлений, также составляется расчетная схема КП.



$$\omega_y = \omega_6 + \omega_3 + \omega_{\text{пр}}$$

$$\varepsilon_{1\text{пр}} = \omega_{\text{центров}} = 0$$